Contribution à l'analyse prospective des usages dans les projets d'innovation

Julien Nelson

▶ **To cite this version:**

Julien Nelson. Contribution à l'analyse prospective des usages dans les projets d'innovation. Génie mécanique [physics.class-ph]. Arts et Métiers ParisTech, 2011. Français. NNT : 2011ENAM0022 . pastel-00620406

HAL Id: pastel-00620406
https://pastel.hal.science/pastel-00620406

Submitted on 7 Sep 2011

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.

2011-ENAM-0022

École doctorale n° 432 : Sciences des Métiers de l'Ingénieur

Doctorat ParisTech

T H È S E

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Spécialité " Conception "

présentée et soutenue publiquement par

Julien NELSON

le 28 Juin 2011

Contribution à l'analyse prospective des usages dans les projets d'innovation

Directeur de thèse : **Améziane AOUSSAT**
Co-encadrement de la thèse : **Stéphanie BUISINE**

Jury

M. Simon RICHIR, Professeur des Universités, Laboratoire P&I, Arts et Métiers ParisTech	Président
M. Eric BRANGIER, Professeur des Universités, Laboratoire INTERPSY-ETIC, Université de Metz	Rapporteur
M. Samuel GOMES, Professeur des Universités, Laboratoire M3M, UTBM	Rapporteur
M. James RICHARDSON, Maître de Conférences, LPM, Université Paris-Sud	Examinateur
M. Améziane AOUSSAT, Professeur des Universités, LCPI, Arts et Métiers ParisTech	Examinateur
Mme Stéphanie BUISINE, Ingénieure de Recherche, LCPI, Arts et Métiers ParisTech	Examinatrice

T H È S E

Arts et Métiers ParisTech - Centre de Paris
Laboratoire Conception de Produits et Innovation

REMERCIEMENTS

Merci au Professeur **Eric BRANGIER** et au Professeur **Samuel GOMES** de m'avoir fait l'honneur de rapporter ce travail de thèse, ainsi qu'au Professeur **Simon RICHIR** d'avoir présidé ce jury et à M. **James RICHARDSON** pour avoir joué le rôle d'examinateur. Je suis honoré de l'attention que vous avez portée à mes travaux et souhaite vous remercier pour les conseils que vous m'avez donnés, et pour la réflexion qu'ils continuent aujourd'hui à susciter.

Mes remerciements vont à mon directeur de thèse, **Améziane AOUSSAT** et ma co-directrice, **Stéphanie BUISINE**. Merci de m'avoir formé aux métiers de la Recherche et de la conception de produits, en m'ouvrant les portes du Laboratoire Conception de Produits et Innovation. Stéphanie je tiens à te remercier ici pour la disponibilité, l'ouverture d'esprit, et le pragmatisme dont tu as fait preuve tout au long de ce travail. C'est en travaillant avec toi que j'ai pu apprendre quelles sont les qualités essentielles d'un chercheur.

Merci à toutes les personnes qui ont pris part aux expérimentations de la thèse. Sans vous, ce travail n'aurait pu être mené à bien.

Merci à l'ensemble des membres du Laboratoire Conception de Produits et Innovation pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé. Merci à Frédéric Lesage, Fabrice Mantelet, Nicolas Maranzana, Jean-François Omhover, Patrice Dubois, Carole Bouchard, Samir Lamouri, Claude Gazo, Séverine Fontaine, Hélène Zimmer, Bernard Aubague et Pascal Caestecker. Merci aux doctorants : Frédéric Segonds, Vincent Rieuf, Tatiana Hernandez, Kerstin Blanchy, Lorraine Bergeret, Anne Béranger, Estelle Costes, Francis Rasamoelina, Yacine Benabid, Marc Tréla, Ioana Ocnarescu, Andrée-Anne Lemieux et Virginie Fortineau, Simone de Veiga, Heon Song, Jieun Kim, Kanhoué Taha, Céline Mougenot et Ornella Plos.. Merci à tous pour la bonne humeur dont vous avez fait preuve et pour vos précieux conseils.
Une mention spéciale à ma voisine Nathalie Lahonde, et à Christine Estèves avec un grand merci pour leur soutien et leur amitié tout au long de ce travail. C'est vous tous qui avez fait en sorte que la thèse soit une expérience humaine.

Merci à tous les membres du Réseau des Jeunes Chercheurs en Ergonomie, qui ont été une source indispensable de soutien théorique, pratique, et moral dans les moments difficiles. Merci en particulier à Magali Prost, Stanislas Couix, Anaïs Nouailles-Mayeur, Liv Lefebvre, Dominique Fréard, Cécile Barbier, Vincent Boccara, Lucie Cuvelier, Emilie Loup-Escande, Gaëtan Bourmaud et Lucie Brunet.

Merci à Marion Wolff et Régis Mollard, qui m'ont permis d'enseigner à Paris 5, et merci aussi à Marc Lassagne et Hélène Pillet, qui ont aidé à rendre la chose possible aux Arts. La recherche est indissociable pour moi d'un travail d'enseignement, et je vous suis très reconnaissant de m'avoir donné cette possibilité.

Merci aux amis qui ont été là en dehors des horaires de bureau : Marion, Stéphane, Jérôme, Aurélie, Anne-Laure, Marie, Laura et Ludo, Marc et Laetitia. Merci à Richard pour son regard

inimitable sur la Recherche. Merci aussi à Alice et Stéphanie qui, je l'espère, savent à quel point je dois à leurs encouragements les efforts de mes derniers jours de rédaction.

Merci enfin à mes parents, Peter et Emmanuelle NELSON, pour le soutien qu'ils m'ont accordé au cours de cette aventure.

GLOSSAIRE DES PRINCIPALES ABRÉVIATIONS UTILISÉES

Sigle	**Signification**
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
APR	Analyse Préliminaire des Risques
CAUTIC	Conception Assistée par l'Usage pour les Technologies d'Information et de Communication
CdCF	Cahier des Charges Fonctionnel
CORSAIRE	Combinaison de Rendus Sensorimoteurs pour l'Analyse Immersive de Résultats
CP/PD	Conception Participative / *Participatory Design*
CPS	*Creative Problem Solving*, resolution creative de problèmes
DwI	*Design with Intent*
EPI	Equipement de Protection Individuelle
IHM	Interactions Homme-Machine (aussi HCI pour *Human Computer Interaction*)
ISO	*International Standards Organization*
KENSYS	*Kansei ENgineering SYStem*
LCPI	Laboratoire Conception de Produits et Innovation
NIOSH	*National Institute for Occupational Safety and Health*
OI	Objet Intermédiaire
PARC	Palo Alto Research Center
R&D	Recherche et Développement
RCU	Référentiel Commun d'Usage
ROI	*Return on Investment*, Retour sur l'Investissement
SBD	*Scenario-Based Design*
SMS	*Short Message System*
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
UCD	User Centered Design / Conception Centrée Utilisateur
UCPCD	User-Centered Product Concept Design / Mise au point de concepts centrés sur l'utilisateur
UXD	*User eXperience Design* / Conception centrée sur l'expérience de l'utilisateur
WIMP	*Windows, Icons, Menus and Pointers*

SOMMAIRE

Remerciements 1
Glossaire des principales abréviations utilisées 5
Sommaire 7
Liste des figures 11
Liste des tableaux 13
1 Introduction générale 15
1.1 Thème de recherche 15
1.2 Historique du thème de recherche au sein du laboratoire 16
1.3 Problématique de la thèse 17
1.4 Structure du document 18
2 L'analyse des usages dans le processus d'innovation 21
2.1 Introduction 21
2.2 Génie industriel et conception innovante 21
2.2.1 Le processus de conception innovante 22
2.2.2 Les acteurs de l'analyse des usages 23
2.2.3 Dynamique du processus d'innovation 24
2.3 Grandes approches de l'analyse des usages dans le processus de conception 29
2.3.1 Des systèmes de production aux produits de consommation 29
2.3.2 Le User Centered Design (UCD) 31
2.3.3 Le User Experience Design (UXD) 39
2.3.4 Bilan : Un double élargissement 46
2.4 Méthodes et outils de l'analyse des usages : un état de l'art 49
2.4.1 L'analyse rétrospective des usages 49
2.4.2 L'analyse prospective des usages 61
2.5 Limites des méthodes existantes de l'analyse des usages 76
2.5.1 La conception itérative est une solution peu optimale pour intégrer des données sur les usages dans le projet de conception 76
2.5.2 Les usages émergents : un objet ambigu pour la conception innovante 78
2.5.3 Le paradoxe de l'ergonomie de conception, notion plus que jamais actuelle 81
2.6 Conclusion 84
3 Problématique et hypothèses de recherche 87
3.1 Introduction 87
3.2 Formulation de la problématique de recherche 88
3.3 Hypothèse H1A : TRIZ comme paradigme pour lever l'inertie psychologique 92
3.4 Hypothèse H1B : La génération d'idées en groupe pour contourner l'inertie psychologique 93
3.4.1 Le brainstorming 94
3.4.2 Etudes des effets du brainstorming sur la production d'idées et évolutions consécutives de la méthode d'Osborn 95
3.4.3 De la génération d'idées en groupe à l'anticipation des usages dans les projets d'innovation : la nécessité de cadrer les usages 97
3.4.4 Du cadre d'usage au scénario : la matrice de découvertes comme outil de convergence créative 99
3.4.5 Bilan sur les apports attendus du CPS pour l'anticipation des usages 102

3.5 Hypothèse H2 : Exploiter des outils de prospective inspirés de la fiabilité industrielle pour organiser la production créative 102
3.5.1 La fiabilité industrielle comme outil de l'analyse prospective des usages 102
3.5.2 L'AMDEC 103
4 Deux illustrations des limites des méthodes actelles d'analyse des usages : Les projets Petite Sirène et Digitable 107
4.1 Introduction 107
4.2 Projet PETITE SIRENE 107
4.2.1 Présentation du projet 107
4.2.2 Le travail réalisé 108
4.3 Le projet DIGITABLE 111
4.3.1 Présentation du projet 111
4.3.2 Le travail réalisé 111
4.4 Limites de l'analyse des usages dans les projets PETITE SIRENE et DIGITABLE 112
4.5 Conclusion 116
5 Apports de TRIZ à l'analyse prospective des usages 119
5.1 Introduction 119
5.2 Méthode 121
5.2.1 Participants 121
5.2.2 Matériel expérimental 121
5.3 Procédure 123
5.3.1 Variables 123
5.3.2 Hypothèse 125
5.4 Résultats 125
5.5 Discussion 126
5.6 Conclusion de la première expérimentation 128
6 Apports des méthodes de *Creative Problem Solving* à la production de scénarios prospectifs d'usage 131
6.1 Introduction 131
6.2 Méthode 132
6.2.1 Participants 132
6.2.2 Matériel 133
6.3 Procédure 134
6.3.1 Variables 137
6.3.2 Hypothèses 139
6.4 Résultats 140
6.4.1 Indices de fluence 142
6.4.2 Indices d'originalité 143
6.4.3 Indices de ressenti subjectif 145
6.5 Discussion et conclusion 146
6.5.1 Les méthodes de créativité permettent-elles de rendre les participants plus « productifs » ? (Hyp. 1) 148
6.5.2 La collaboration a-t-elle un rôle bénéfique sur l'analyse prospective des usages ? (Hyp. 2) 149
6.5.3 Les méthodes de créativité suscitent-elles un ressenti positif auprès des concepteurs ? (Hyp. 3) 149
6.5.4 Les méthodes de créativité permettent-elles de produire des idées plus originales ? (Hyp. 4-5) 150
6.6 Conclusion 152

7 Effets de deux modes de structuration du travail sur l'exploitation des productions créatives dans l'analyse prospective des usages 154
7.1 Introduction 154
7.2 Méthode 156
7.2.1 Participants 156
7.2.2 Matériel 156
7.3 Procédure 157
7.3.1 Variables 159
7.3.2 Hypothèse 159
7.4 Résultats 160
7.5 Discussion 160
7.6 Conclusion 162
8 Apports et perspectives des travaux de thèse 164
8.1 Introduction 164
8.2 Apports et originalité de notre recherche 164
8.2.1 Un modèle génératif et décisionnel de l'analyse prospective des usages 164
8.2.2 Apports méthodologiques : l'application d'outils de créativité et d'outils fiabilistes à l'exploration des usages dans les phases amont du processus 166
8.2.3 Apports de connaissances : rôle de l'ergonomie dans l'analyse prospective des usages 168
8.3 Conclusions et perspectives 169
8.3.1 Extension des méthodes vers le cadre industriel 169
8.3.2 Développement d'outils exploitant les NTIC pour assister l'analyse prospective des usages 171
8.3.3 Analyse de la collaboration intermétiers dans l'analyse prospective 171
9 Références bibliographiques 174
Annexes 192
Annexe 1 : Exemples de planches de la méthode DwI 194
Annexe 2 : Quelques éléments théoriques 196
1. Théorie C-K de la conception 196
2. La créativité et ses liens avec la conception 198
3. TRIZ : une théorie systématique de la résolution de problèmes d'innovation 198
4. La résolution créative de problèmes et le brainstorming 203
5. La fiabilité industrielle 209
Annexe 3 : Extrait du corpus des verbalisations recueillies dans l'expérimentation 1 210
Annexe 4 : Supports de travail pour les expérimentations 2 et 3 212
Fiche idée « usage » 212
Questionnaire d'évaluation subjective de l'activité 213
Le travail collaboratif 215
Tableau des usages dangereux 216
Tableau des usages intéressants 217
Annexe 5 : concepts de produits dans le projet PETITE SIRENE 218
Annexe 6 : Liste des thèmes fédérateurs mis en evidence dans l'expérimentation 2 220
Lieux 220
Usagers 221
Annexe 7 : production scientifique issue des travaux de thèse 222

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 – Modèle du processus de conception innovante 23
Figure 2-2 – Disciplines « carrefour » dans le processus de conception innovante 24
Figure 2-3 – Modèle de diffusion des innovations 25
Figure 2-4 – Evolutions techniques et sociales majeures dans le domaine informatique 30
Figure 2-5 – Processus de conception itérative centrée utilisateur (ISO 13407) 32
Figure 2-6 – Degré de pouvoir décisionnel de l'usager dans le processus de conception 33
Figure 2-7 – Boucle usage-adaptation-reconception 35
Figure 2-8 – Le Référentiel Commun d'Usage 37
Figure 2-9 – Exemple de planche d'environnement d'usage 39
Figure 2-10 – Modèle de l'expérience de l'usager, du point de vue du concepteur et de l'usager. 40
Figure 2-11 – Domaines de l'expérience utilisateur 41
Figure 2-12 – Trois niveaux de réponse émotionnelle. 43
Figure 2-13 – Modèle de construction sociale des usages 46
Figure 2-14 – Positionnement des analyses rétrospective et prospective des usages 48
Figure 2-15 - Typologie des méthodes d'analyse rétrospective des usages 50
Figure 2-16 – Plateforme MultiCom du LIG 50
Figure 2-17 – Focus de notre état de l'art 51
Figure 2-18 - Schéma du dispositif de Magicien d'Oz utilisé par Buisine et Martin 54
Figure 2-19 – Articulation des méthodes analytiques avec la conception itérative 60
Figure 2-20 – Introduction des simulations dans le processus de conception de produits 64
Figure 2-21 – Rôle des scénarios dans la constitution de simulations 65
Figure 2-22 – Modèle de la conception par scénarios 67
Figure 2-23 – Exemple de persona 70
Figure 2-24 –Typologie de méthodes créatives pour l'analyse prospective de l'expérience utilisateur 71
Figure 2-25 – Mise au point d'un concept de produit centré utilisateur 75
Figure 2-26 – Avancement du projet, accroissement de la précision des choix de conception et réduction de la capacité d'action des concepteurs 77
Figure 2-27 – Cycle de vie du produit 79
Figure 2-28 – A gauche : exemple d'usage détourné révélateur d'un besoin fonctionnel. A droite : exemple d'usage détourné manifestant une démarche créatrice chez l'usager. 80
Figure 2-29 – Les pièges d'une régulation excessive 81
Figure 3-1 – Modèle de l'activité de conception, d'après Cross 89
Figure 3-2 – Structure de la méthode proposée pour l'analyse prospective des usages et hypothèses sous-jacentes. 90
Figure 3-3 – Différentes visions de la créativité 91
Figure 3-4 – Synthèse des facteurs sociaux et cognitifs stimulant et inhibant la production créative dans le brainstorming 96
Figure 3-5 – Exemple de matrice de découvertes 100
Figure 4-1 – Trois concepts de produits générés au cours de la séance de créativité 109
Figure 4-2 – Processus de conception participative adopté dans le projet PETITE SIRENE 109
Figure 4-3 – Exemples d'objets intermédiaires utilisés 110

Figure 4-4 – L'analyse des usages dans le projet PETITE SIRENE 110
Figure 4-5 – Application « Purge » et « carte mentale »..... 112
Figure 4-6 – Valorisation technologique et validation du concept dans le processus d'User-Centered Product Concept Design 117
Figure 5-1 – Structure du diagramme multi-écrans 120
Figure 5-2 – Passage d'une extrapolation des évolutions techniques par TRIZ à une extrapolation des usages..... 120
Figure 5-3 – Brief et exemple de support visuel utilisé dans le travail sur le projet DIGITABLE..... 121
Figure 5-4 – la salle de travail..... 122
Figure 5-5 – Schéma du diagramme multi-écrans de la Digitable 123
Figure 5-6 – Difficulté de positionnement de la Digitable sur l'axe temporel 127
Figure 6-1 – Phases de production créative couvertes dans l'expérimentation 131
Figure 6-2 – *Brief* papier et exemple de support visuel utilisé dans PETITE SIRENE 133
Figure 6-3 – *Brief* papier et exemple de support visuel utilisé dans DIGITABLE 133
Figure 6-4 – Salle de travail et champ de la caméra 134
Figure 6-5– Condition native et condition créative..... 135
Figure 6-6 – Effets attendus de la condition sur les métriques d'originalité..... 140
Figure 6-7 – Exemples de fiches idée et de post-its produits par les équipes 141
Figure 6-8 – effet d'interaction entre condition et projet 142
Figure 6-9 – interaction entre les facteurs condition et projet dans la capacité perçue à concevoir un produit intéressant 145
Figure 7-1 – La phase d'évaluation des productions créatives couverte dans l'expérimentation 155
Figure 7-2 – schéma linéaire *vs* schéma distribué..... 155
Figure 7-3 – Champ de la caméra 157
Figure 7-4 – Schéma du protocole expérimental 157
Figure 8-1 – Modèle de l'UCPCD intégrant l'analyse prospective des usages 166
Figure 8-2 – Schéma des démarches d'analyse prospective proposées 167
Figure 8-3 – Positionnement des travaux présentés dans le manuscrit et perspectives de recherche future..... 170

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 - innovations radicales, “vraiment nouvelles” et incrémentales 28
Tableau 2-2 – Quelques définitions de l’utilisabilité 31
Tableau 2-3 – Usage *vs.* non-usage d'une innovation 41
Tableau 2-4 – Les “lentilles” de la méthodologie DwI 45
Tableau 2-5 – Variables utilisées de manière récurrente pour évaluer l’efficacité, l’efficience et la satisfaction associés à l’usage d’une IHM 52
Tableau 2-6 – Exemples de problématiques méthodologiques dans la construction d’un questionnaire. 55
Tableau 2-7 – Quelques exemples de méthodes analytiques fondées sur l’explicitation 59
Tableau 2-8 – Méthodes traditionnelles, adaptées et innovantes d'analyse des usages 62
Tableau 2-9 – Détail du rôle des scénarios d'usage à chaque étape du processus de conception par scénarios 67
Tableau 2-10 –Analyse de revendications dans le processus de SBD 68
Tableau 2-11 – Quelques méthodes d’improvisation théâtrale 73
Tableau 2-12 – Avantages et inconvénients des protoypes de basse *vs.* haute fidélité 77
Tableau 2-13 – Typologie des interventions des usagers dans le processus d’innovation par l’usage 80
Tableau 2-14 – Définition du biais de prévision et de ses composantes 82
Tableau 2-15 – Facteurs encourageant (+) et nuisant (-) à la motivation épistémique et la motivation sociale 83
Tableau 2-16 – sources de biais cognitifs pour la prise de décision stratégique 84
Tableau 3-1 – Justification du choix des trois champs méthodologiques explorés 88
Tableau 3-2 – Outils TRIZ pour lever l’inertie psychologique. 92
Tableau 3-3 – Justification du choix de la méthode du brainwriting pour faciliter la génération d’idées relatives aux usages futurs 99
Tableau 4-1 – Difficultés et stratégie d'analyse des usages dans le projet PETITE SIRENE 113
Tableau 4-2 – Apports possibles des différentes classes de méthodes d’analyse rétrospective des usages, au projet DIGITABLE 115
Tableau 4-3 – Apports potentiels de l'analyse prospective des usages à DIGITABLE 116
Tableau 5-1 – Règles de codage des énoncés verbaux 125
Tableau 5-2 – Dénombrement des allusions aux artefacts, éléments de cadre d’usage, et scénarios d’usage au cours de la séance 126
Tableau 5-3 – Taux de liaison (temporalité x niveau d'abstraction dans TRIZ) 126
Tableau 6-1 – Définition, pour les 8 groupes, des projets traités dans chaque condition et de leur ordre 136
Tableau 6-2 – Codage des composantes du cadre d’usage 137
Tableau 6-3 –Effet de la condition sur la distribution des TE des items lieux 143
Tableau 6-4 – Effet du projet sur la distribution des TE des items lieux 143
Tableau 6-5 – Effet de la condition sur la distribution des TE des items usagers 144
Tableau 6-6 – Synthèse des résultats de l'expérimentation 2. 147
Tableau 6-7 – Variations non significatives des indices de ressenti subjectif dans la condition Créative 150

Tableau 7-1 – Définition, pour les 8 groupes de participants, du projet traité et du lot de fiches repris 158
Tableau 7-3 - Quelques exemples de méthodes d'analyse des risques (cités par Lassagne, 2004) 209

1 INTRODUCTION GÉNÉRALE

1.1 Thème de recherche

Le travail de thèse présenté a été réalisé au LCPI (Laboratoire Conception de Produits et Innovation) d'Arts et Métiers ParisTech, et financé grâce à une allocation de recherche du Ministère de l'Education Nationale, de la Recherche et de la Technologie. Situé dans le champ du génie industriel, il se donne pour objectif d'outiller un aspect particulier de l'activité des concepteurs dans des projets d'innovation : l'anticipation des potentialités et des problématiques liées à l'usage de produits nouveaux. La génération de valeur d'usage qui découle de cette réflexion doit permettre au produit de supplanter ses concurrents sur des marchés existants – mais aussi de créer de nouveaux marchés autour de besoins et de pratiques émergents.

Pour nous, l'**usage** peut être défini de deux manières (Proulx, 2005) :
- comme l'utilisation d'un objet matériel ou symbolique à des fins particulières ;
- comme un ensemble de pratiques que l'ancienneté ou la fréquence rend normales dans une culture donnée.

De là, l'**analyse des usages** désigne un ensemble de méthodes et outils dont le but est d'étudier les usages dans l'optique de créer de la valeur pour et par la conception de produits.

Cette analyse est sujette à de multiples contraintes industrielles, dont la maîtrise des coûts et des délais liés à la conception du produit et à sa fabrication. La maîtrise de ces différents éléments permet de répondre efficacement aux évolutions du marché, des besoins et des pratiques des usagers. Cet objectif motive l'**intégration toujours plus précoce** de l'analyse des usages dans le processus de conception, et d'**acteurs toujours plus nombreux** issus de disciplines variées, qui revendiquent une expertise pour le recueil et/ou l'analyse de données sur les usages. Ces évolutions sont à l'origine de nombreuses questions pour l'innovation.

Prenons un exemple. Entre 2005 et 2007, nous avons participé en tant qu'ergonome au projet ANR CORSAIRE[1], dont le but était de concevoir des Environnements Virtuels multimodaux pour assister des tâches de traitement de masses de données, en bioinformatique (Férey *et coll.*, 2009) et en mécanique des fluides (Vézien *et coll.*, 2009). L'équipe de conception était composée d'ingénieurs informaticiens, d'ergonomes, et de représentants des utilisateurs futurs, chercheurs dans ces deux domaines applicatifs. La contribution de l'ergonomie a consisté en une analyse de l'activité des usagers exploitant *leurs outils existants* et des besoins informationnels associés à ces activités. Mais ce travail n'a permis de répondre qu'en partie aux questions de fond du projet : Comment exploiter au mieux les potentialités de la Réalité

[1] Combinaison de Rendus Sensorimoteurs pour l'Analyse Immersive de Résultats.
Voir http://www.limsi.fr/venise/CoRSAIRe.html

Virtuelle et de l'interaction multimodale pour outiller l'activité des chercheurs ? Quelles évolutions ces technologies peuvent-elles apporter dans leur travail? La réponse apportée dans le projet a été un processus de conception itératif, centré sur l'utilisateur. Ce processus reposait sur la traduction de données d'usage en spécifications pour concevoir des démonstrateurs. Ces démonstrateurs ont ensuite fait l'objet d'une évaluation expérimentale.

Cette stratégie a été coûteuse. Pour décider de quelles modalités exploiter pour présenter les informations nécessaires aux usagers, plusieurs alternatives avaient été imaginées sur la base de modèles de l'activité, puis comparées entre elles. Ceci a exigé un travail important de développement informatique. Ces modèles semblaient donc poser plus de questions qu'ils n'apportaient de réponses. Au final, ce sont surtout des critères de faisabilité technique, et non de pertinence pour les usages, qui ont guidé la conception détaillée de ces démonstrateurs.

Plus proche de notre vie quotidienne, Mallard (2005, p. 40) note que certains travaux dans le domaine des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) « *s'appuient sur une série d'histoires assez bien connues relatant aussi bien des échecs que des succès inattendus, tels qu'ils sont apparus à l'usage de ces produits et services* ». Il donne l'exemple de plusieurs produits où l'usage a été l'origine de telles surprises : le Minitel (ex. services de messagerie rose), la communication par SMS (développement des « forfaits texto »), les réseaux d'échange *peer-to-peer* (développement de technologies de transfert de données à très haut débit, émergence de problématiques de légalité des échanges). La question sous-jacente à ces analyses est de trouver des moyens **d'anticiper ces évolutions *a priori*** pour aborder l'usage comme un vivier d'innovation, et non pas seulement comme une source d'aléas.

Notre travail de recherche, qui tend vers cet objectif, se situe dans la continuité de travaux menés au LCPI depuis une quinzaine d'années. Nous donnons un rapide aperçu de ces travaux dans la section suivante, pour y situer notre problématique de recherche, qui sera présentée ensuite.

1.2 Historique du thème de recherche au sein du laboratoire

Créé en 1978, le LCPI Arts et Métiers ParisTech a pour objet de recherche **l'optimisation des processus de conception et d'innovation**, d'un point de vue longitudinal (« de l'idée au produit ») et pluridisciplinaire (Aoussat, 1990). Aujourd'hui, l'équipe de recherche est composée essentiellement d'experts issus de trois profils métier distincts, l'ingénierie, l'ergonomie et le design industriel. Leur travail de recherche se décline autour de trois thèmes dont les objectifs sont donnés ci-dessous :

(1) un thème **« métiers »** visant la formalisation des apports, à la conception innovante, de métiers et disciplines spécifiques, de leurs règles métier, des mécanismes cognitifs de l'activité, etc. ;
(2) un thème **« processus »** visant la formalisation d'un modèle global du processus d'innovation pour proposer des outils en vue d'assister ses différents aspects : créativité en conception, prise de décision, etc. ;
(3) ces deux thèmes s'enrichissent par une réflexion sur les **technologies support.** Il s'agit de développer des technologies pour assister le concepteur, et d'en faire le support d'une réflexion méthodologique.

L'intégration de la thématique « usages » dans ce programme de recherche remonte au milieu des années 1990. Elle s'est d'abord appuyée sur des travaux menés par des ergonomes visant à développer des outils pour mieux intégrer les connaissances de leur métier dans le processus de conception (voir par ex. Roussel, 1996; Leborgne, 2001; Minel, 2003) . Ces travaux relèvent typiquement du thème « métier ». Plus récemment, les usages ont été abordés dans le thème « processus », comme un levier d'innovation. Lim (2003) et Vallette (2005) ont ainsi chacun proposé des outils pour structurer la réflexion sur les usages dans les phases initiales, créatives, du processus d'innovation. Notre travail se positionne sur ce second pôle. Sa spécificité par rapport aux travaux existants du laboratoire est qu'il ne porte pas sur l'analyse des usages d'objets existants. Il se focalise sur **l'anticipation** par les concepteurs des usages de produits futurs. Nous détaillons maintenant la problématique de notre thèse.

1.3 Problématique de la thèse

La thèse se donne pour objectif de proposer une méthode aux concepteurs, pour outiller l'analyse des usages dans les étapes initiales du processus de conception innovante.

Le terme d'**analyse des usages** renvoie aujourd'hui à des outils issus de domaines variés tels que l'ergonomie, l'informatique, la sociologie ou l'anthropologie. Ces outils sont utilisés par des professionnels aux appellations diverses. Dans la plupart des cas, ils visent à recueillir et analyser des données sur les usages, pour informer la prise de décisions en conception.

L'analyse des usages implique souvent d'avoir défini au préalable des situations à analyser. Elle s'appuie le plus souvent :

- soit sur des « objets intermédiaires » produits au fil du processus de conception (Jeantet *et coll.*, 2002 ; Vinck, 2009), tels qu'une maquette virtuelle ou physique, un prototype, des versions successives du produit. C'est l'usage de ces artefacts qui est analysé ;
- soit sur des produits existants. On juge alors que l'analyse de leurs usages permettra d'**extrapoler** les caractéristiques de l'usage futur du produit à concevoir (Maline, 1994).

En revanche, on peut se poser la question de la manière dont ces situations d'usage sont définies concrètement, en particulier dans les étapes initiales du processus d'innovation. Nous avons choisi dans cette thèse d'évaluer la pertinence de méthodes prospectives, utilisées en Génie Industriel, à cet aspect de la conception innovante. Pour cela, nous avons réalisé des simulations expérimentales de réunions de conception, au cours desquelles des équipes de concepteurs étaient invitées à discuter les usages futurs d'un produit nouveau, à partir du brief design correspondant, *i.e.* la première expression du concept de produit à concevoir. En termes de recherche, l'apport de ce travail est double.

- **Du point de vue théorique**, le concept d'analyse prospective des usages doit être formalisé. Les mécanismes par lesquels les concepteurs construisent et manipulent des idées sur les usages, dans les phases initiales d'un projet, sont méconnus. Il apparaît essentiel de développer ces connaissances, afin d'avoir une idée claire des limites auxquelles se heurte le raisonnement des concepteurs dans cet aspect de leur travail en innovation, et de proposer des outils pertinents au concepteur ;
- **Du point de vue méthodologique**, nous avons pu évaluer la pertinence de méthodes issues (1) de TRIZ, (2) de la résolution créative de problèmes, et (3) de l'ingénierie de la fiabilité. Nous avons pour cela été amenés à mettre en œuvre une analyse de l'activité des

concepteurs. Notre approche inédite exploite notamment des recherches sur les situations de production d'idées en groupe pour évaluer la pertinence d'une démarche visant à structurer la pratique de l'analyse prospective des usages.

Au travers de trois études expérimentales, nous avons pu évaluer la pertinence de notre proposition méthodologique, pour assister les concepteurs dans le *processus* d'innovation. Pour cela nous avons utilisé des critères de performance classiquement utilisés dans les recherches sur la psychologie de la créativité : la fluence et l'originalité des idées produites. Ces résultats, même s'ils ont une dimension « processus », peuvent aussi être discutés à la lumière des deux autres axes de recherche du LCPI : la contribution spécifique de métiers de l'innovation – en particulier celui de l'ergonomie – à l'analyse des usages, et l'outillage de l'analyse prospective par des technologies innovantes.

Nous détaillons à présent la structure du document de thèse, qui décrit l'ensemble du travail réalisé.

1.4 Structure du document

Le chapitre 2 fournit une introduction théorique au travail de thèse. Son objet est de décrire les limites des méthodes actuelles d'analyse des usages dans le domaine de l'innovation. En premier lieu, un exposé de différents modèles du processus de conception anthropocentrée, ainsi qu'un état de l'art des méthodes et outils utilisés pour l'analyse des usages, nous permettent de décrire *les* **limites actuelles de l'analyse des usages** dans les projets d'innovation. Ces limites, qui seront présentées ensuite, sont de trois ordres : 1) la nécessité de figer le concept de produit aussi tôt que possible, pour ensuite fabriquer des objets intermédiaires, qui pourront faire l'objet d'une analyse rétrospective ; 2) les risques associés à l'émergence non maîtrisée de nouveaux usages sur le terrain, et 3) les biais sociaux et cognitifs associés à l'anticipation d'usages futurs. Ces limites sont à l'origine d'un glissement des demandes industrielles vers l'analyse prospective des usages, sur laquelle porte notre travail de recherche.

Le chapitre 3 est consacré à la présentation de notre problématique et de nos hypothèses de recherche. Nous commençons par positionner notre recherche et définir notre problématique et les hypothèses qui sous-tendent notre contribution. Nous justifions ensuite la construction de ces hypothèses en présentant les trois paradigmes qui ont donné naissance aux outils que nous proposons d'utiliser – la théorie de résolution des problèmes inventifs (TRIZ), la résolution créative de problèmes (*Creative Problem Solving*, ou CPS) et l'ingénierie de la fiabilité – et en montrant en quoi ils pourraient nous permettre de dépasser les limites méthodologiques mises en évidence dans l'état de l'art.

Dans le chapitre 4, nous présentons deux projets de conception menés au LCPI. Ces projets illustrent concrètement les limites des méthodes existantes d'analyse des usages, et la portée de notre problématique et de nos hypothèses de recherche. Le premier projet, nommé *Digitable*, concernait la conception d'une interface homme machine innovante (IHM) de type table interactive ; le second, *Petite Sirène*, visait à concevoir un dispositif de prévention de la noyade infantile. Les travaux réalisés au laboratoire sur ces deux projets sont décrits successivement. Nous présentons ensuite la réflexion qu'ils nous ont permis de mener sur les limites de l'analyse des usages aujourd'hui. Cette réflexion nous conduit à utiliser ces deux projets comme matériel des expérimentations présentées dans les chapitres ultérieurs.

Les trois chapitres suivants présentent les expérimentations réalisées en vue de vérifier les hypothèses qui sous-tendent notre proposition méthodologique. Le chapitre 5 présente la première expérimentation. Son objet était d'évaluer la capacité d'une équipe de concepteurs à s'approprier un outil emprunté à TRIZ – le diagramme multi-écrans – pour l'analyse prospective des usages. Une équipe de concepteurs y était invitée à anticiper les usages futurs de la table développée dans le projet *Digitable*, à l'aide de cet outil.

Dans la seconde étude, présentée au chapitre 6, des équipes de conception pluridisciplinaires étaient invitées à travailler sur les projets Digitable et Petite Sirène, afin de produire des scénarios d'usage futur possible de ces deux produits. Les participants réalisaient cette tâche, ou bien de manière libre et ouverte, ou bien en faisant appel à deux outils issus du CPS : le brainwriting et la matrice de découvertes. Une comparaison de la production créative des équipes dans ces deux conditions a été réalisée.

La troisième étude, présentée au chapitre 7, pose la question de l'exploitation de cette production créative. En effet, les méthodes de CPS visent explicitement à ce que cette production soit abondante. Comment permettre aux concepteurs de la gérer ? Comment faire en sorte qu'ils soient, à partir de scénarios nombreux, en mesure de tirer un ensemble organisé de préconisations pour des projets de conception en cours, et pour le lancement de nouveaux projets ? La solution proposée repose sur une adaptation de la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), utilisée par des groupes de travail en analyse prospective des usages, portant sur les productions créatives de l'expérimentation précédente. Cette adaptation a été guidée par notre état de l'art des pratiques d'analyse des usages; nous avons souhaité vérifier que des groupes de travail *n'ayant jamais travaillé sur un projet donné* étaient en mesure de se réapproprier, par cette méthode, la production créative d'une autre équipe pour en déduire des revendications pour la conception. L'idée serait ensuite de répartir la production créative sur un réseau de groupes de travail dédiés à l'analyse prospective des usages.

Dans le chapitre 8, nous concluons sur les apports et les perspectives de notre recherche. Les apports sont présentés en trois points qui mettent en avant son originalité : la proposition d'un modèle génératif et décisionnel de l'analyse prospective des usages dans les phases initiales du processus de conception innovante, l'évaluation d'une « boîte à outils » méthodologique pour outiller le travail des concepteurs à ce stade, et l'apport de connaissances sur la contribution des métiers de l'innovation dans cette situation particulière – en particulier sur le métier d'ergonome, qui nous interroge et nous concerne personnellement. Les perspectives proposées concernent l'extension de nos travaux au contexte industriel, et le développement d'outils exploitant des nouvelles technologies pour l'analyse prospective des usages.

2 L'ANALYSE DES USAGES DANS LE PROCESSUS D'INNOVATION

2.1 Introduction

En introduction du document, nous avons souligné que l'*usage* avait deux composantes : l'une est liée à l'interaction entre usager et produit (l'*utilisation*), l'autre à la dimension sociale des pratiques, par lesquelles les individus interagissent avec des objets techniques – mais aussi entre eux et avec leur environnement (les *us*, au sens de coutumes, habitudes). Cette définition, proposée par Proulx (2005), relève de la sociologie : son objet est avant tout descriptif. La recherche et la pratique en innovation nous incitent à mettre en avant un troisième sens de ce terme. **L'usage est un élément de la valeur du produit pour l'usager** (Buisine et Roussel, 2008). Marx définit la *valeur d'usage* comme l'utilité objective que l'usager peut tirer des caractéristiques physiques du produit, par opposition à sa valeur d'échange[2].

L'objectif de ce chapitre est de décrire comment les usages sont analysés au fil du processus d'innovation en vue de devenir des sources de valeur pour la conception de produits nouveaux. Dans un premier temps, nous présentons brièvement quelques caractéristiques du processus de conception innovante pour introduire notre propos (partie 2.2). Nous décrivons ensuite quelques grandes approches qui permettent d'intégrer l'analyse des usages dans le processus d'innovation (partie 2.3). Par la suite, nous décrivons les méthodes utilisées concrètement pour aborder les usages dans ce cadre, avant d'en donner des limites opérationnelles dans les projets d'innovation (parties 2-4, 2-5).

2.2 Génie industriel et conception innovante

L'innovation peut être vue comme un processus comportant de nombreux risques, qui peuvent être maîtrisés à l'aide d'outils adaptés. Un exemple de ces outils correspond aux modèles prescriptifs du processus de conception. L'organisation de la conception a évolué au cours du XXème siècle pour répondre aux exigences de performance industrielle, avec par exemple l'apparition des organisations en mode projet et de l'ingénierie concourante. Au-delà d'un processus reposant sur l'invention technique, la conception est devenue un processus social de plus en plus complexe (Bossard *et coll.*, 1997). Ce processus implique une collaboration entre des acteurs métier aux expertises et aux tâches variées. Comme nous le montrons ci-dessous, ce constat est aussi valable pour l'analyse des usages. Nous terminons cette partie en décrivant quelques sources d'incertitude liées à la place même de l'usage dans la dynamique de la conception innovante.

[2] L'opposition est déjà présente chez Aristote : «*Toute propriété a deux usages, qui tous deux lui appartiennent essentiellement, sans toutefois lui appartenir de la même façon (…) Une chaussure peut à la fois servir à chausser le pied ou à faire un échange.* » (*Le Politique*, chapitre 3).

2.2.1 Le processus de conception innovante

Schumpeter (1934) est souvent crédité pour avoir, le premier, formalisé le concept d'innovation, qu'il définit comme un moteur essentiel du développement économique. Pour lui, ce processus passe avant tout par le changement technologique. Schumpeter définit ainsi cinq formes d'innovation :

1. l'introduction sur un marché d'un nouveau bien, avec lequel les consommateurs ne sont pas familiers, ou d'une nouvelle qualité de bien ;
2. l'introduction d'une nouvelle méthode de production ;
3. la conquête d'un nouveau marché ;
4. la conquête d'une nouvelle source de matières premières ;
5. la constitution d'une nouvelle organisation de la production.

L'innovation produit (point 1) est définie comme « *la mise au point/commercialisation d'un produit plus performant dans le but de fournir au consommateur des services objectivement nouveaux ou améliorés* » (OCDE, 1997). C'est ce type d'innovation qui nous intéresse, dans le cadre de notre travail de thèse.

De nombreux auteurs ont proposé dans la seconde moitié du XXème siècle, des modèles du processus de conception à visée prescriptive. A partir d'une synthèse de 23 modèles de ce type, Howard, Culley et Dekoninck (2008) décrivent un squelette commun en six étapes : 1) l'analyse du besoin ; 2) l'analyse de la tâche de conception ; 3) le design conceptuel ; 4) la conception générale ; 5) la conception détaillée ; et 6) l'implémentation. Au sein de ce courant de recherche international, le LCPI se démarque en développant depuis les années 1990 un modèle pragmatique centré sur la réponse à une demande industrielle (voir notamment Aoussat, 1990; Le Coq, 1992; Aoussat, 1996; Vadcard, 1996; Duchamp, 1999 ; Aoussat *et coll.*, 2000; Lahonde, 2010). Ce modèle, présenté à la Figure 2-1, comporte quatre grandes étapes successives :

(1) **La traduction du besoin** est centrée sur l'identification des enjeux industriels du projet. Elle débute à la première rencontre avec le partenaire industriel et s'achève à la validation par ce dernier du Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF) ;

(2) **L'interprétation du besoin** doit donner lieu à la proposition d'un *concept* de produit innovant. Elle débute avec la génération de concepts de produits possibles (souvent à l'aide de méthodes de la résolution créative de problèmes) et s'achève avec la validation d'un ou plusieurs concepts de produits à développer ;

(3) **La définition du produit** désigne la rédaction de l'ensemble de ses spécifications ;

(4) **La validation du produit** s'appuie sur une démarche de prototypage itératif et de tests utilisateur.

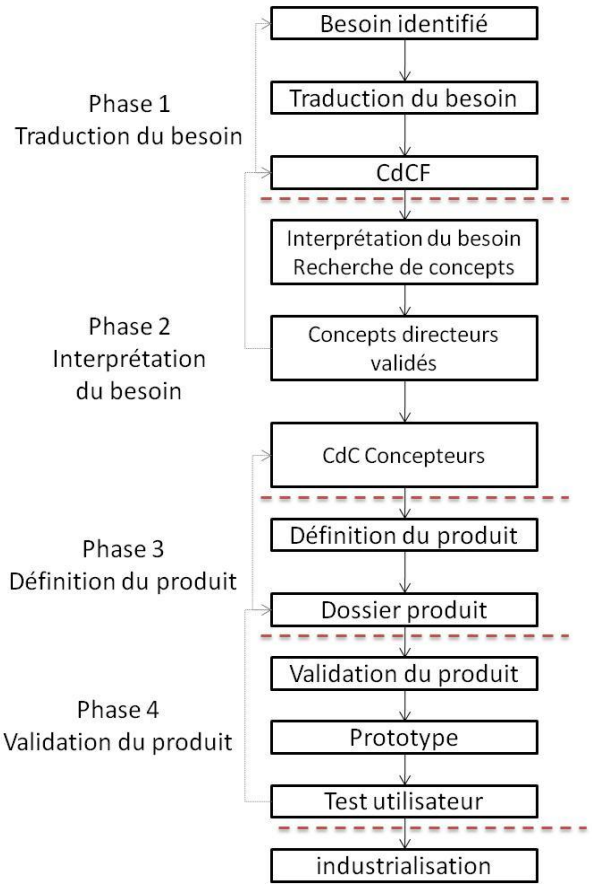


Figure 2-1 - Modèle du processus de conception innovante (Aoussat, 1990)

De cette étude des principaux modèles du processus de la conception, on retient l'idée qu'un produit industriel correspond à **la matérialisation d'une idée**. Une fois « éclos dans le monde réel » (Staudenmaier, 1985, cité par Béguin, 2007a), ce produit **échappe au contrôle direct du concepteur**, et passe sous celui de l'usager.

Pour maîtriser les risques associés à cette perte de contrôle, la plupart des modèles prévoient des boucles permettant d'ajuster des décisions de conception à diverses étapes charnières du projet. C'est au niveau de ces boucles qu'intervient le plus souvent l'analyse des usages, qui est portée des acteurs métier divers.

2.2.2 Les acteurs de l'analyse des usages

Pour Aoussat (1990), la collaboration pluridisciplinaire est un élément clé de l'innovation. Elle s'appuie sur la participation au processus de trois types de disciplines :

- Les disciplines classiquement intégrées aux sciences de l'ingénieur, par exemple la mécanique, le génie des matériaux, l'informatique, l'électronique, etc. ;
- Les disciplines relevant de nouveaux acquis de l'ingénieur en conception de produits, telles que le management de la qualité ou la fiabilité industrielle ;
- Les disciplines portées au sein du projet par des acteurs *a priori* distincts de l'ingénieur, tels que l'ergonome, le designer, l'expert marketing, etc. Ces disciplines sont dites « carrefour » car leur intervention est transverse au processus (Figure 2-2).

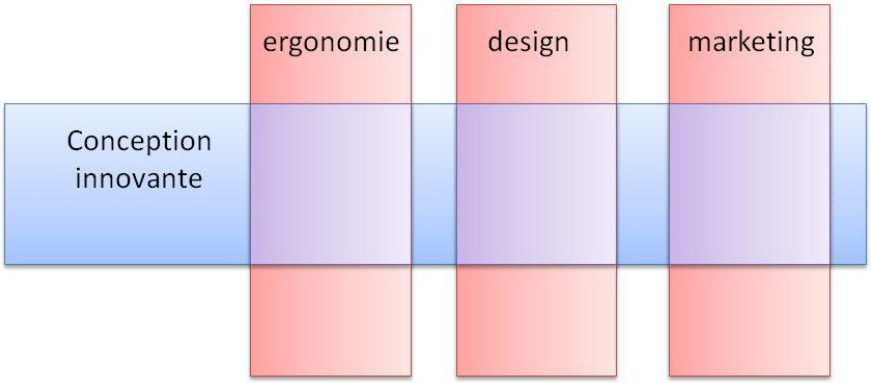


Figure 2-2 - Disciplines « carrefour » dans le processus de conception innovante (Aoussat, 1990)

Vallette (2005) note que plusieurs disciplines revendiquent une expertise des usages pour la conception : ergonomie, sociologie, anthropologie, sémiologie, physiologie, linguistique, marketing, marketing sensoriel, micro-psychologie. L'idée est que, plus la conception s'appuiera sur des perspectives métiers diverses, plus grande sera la probabilité de comprendre les usages dans leur complexité. Toutefois, ceci entraîne plusieurs difficultés :

– Ces disciplines abordent l'usage avec des niveaux d'analyse et des positionnements différents. Par exemple, l'ergonomie vise l'adéquation des caractéristiques des systèmes à celles de l'Homme, tandis que le marketing cherche avant tout la satisfaction profitable des besoins du consommateur (voir respectivement Falzon, 2004, et Kotler, 2001). Comment assurer que les résultats produits par une discipline puissent être utilisés par d'autres ?

– Avant de prendre forme au fil de la vie du produit, l'usage est d'abord une construction issue du travail des concepteurs (Akrich, 1995 ; Bardini et Horvath, 1995), et dépend donc de leurs représentations. Il existe un risque associé au fait de s'appuyer seulement sur ses connaissances propres : celui de concevoir « pour soi-même » tout en étant persuadé de concevoir un produit qui soit adapté aux usagers. Ce risque est géré en engageant des ressources pour produire des connaissances sur des situations d'usage représentatives des usages futurs dans le « monde réel ».

– Les exigences industrielles sont telles que l'expertise des usages peut être portée par des concepteurs polyvalents, avec des titres variés mettant en valeur telle ou telle compétence : ergonome, designer d'interactions, ou encore ingénieur cogniticien. Comment des préoccupations métier multiples cohabitent-elles dans un projet d'innovation, voire dans un même acteur du projet ?

Ces différents acteurs vont tenter de maîtriser ensemble un processus dynamique : l'innovation. De nombreux auteurs se sont attachés à identifier les facteurs jouant sur cette dynamique, pour mieux la maîtriser.

2.2.3 Dynamique du processus d'innovation

Si le processus d'innovation est risqué, c'est qu'il comporte de nombreuses sources d'incertitude. Du point de vue de l'analyse des usages, on peut en retenir trois sources en particulier : (1) l'innovation peut être portée par des moteurs multiples ; (2) son succès implique que le produit nouveau soit diffusé pour rencontrer une communauté d'usagers ; et (3) la notion d'innovation de rupture est très attractive sur un plan industriel, mais pose des difficultés fondamentales à l'analyse des usages.

2.2.3.1 Pluralité des « moteurs » de l'innovation

A partir de la fin de la seconde guerre mondiale, les premiers modèles cherchant à décrire le « moteur » de l'innovation ont adopté une approche dite de pilotage par la technologie ou la science (*science/technology-push*). Dans ce modèle, les progrès scientifiques donnent lieu à des travaux de recherche appliquée, puis à la mise au point et au lancement de produits innovants (voir typiquement Bush, 1945). A l'inverse, les théories du pilotage par la demande (*market/demand pull)* suggèrent que les fluctuations du marché influencent la dynamique du processus, en incitant les entreprises à travailler sur telle ou telle problématique pour répondre aux besoins du marché (Schmookler, 1966). Un débat intense a animé la communauté scientifique, confrontant les deux positions l'une à l'autre (Mowery et Rosenberg, 1979; Freeman, 1994), avant de se stabiliser autour d'une position plus nuancée. Les deux modèles, *technology-push* et *market-pull* sont valables à différents moments du cycle de vie de l'innovation, ce qui donne lieu à des comportements cycliques complexes (Schmoch, 2007).

On retiendra que l'innovation ne fait donc pas toujours suite à une demande[3] dans un marché clairement identifié, mais a parfois pour objet la valorisation d'un savoir-faire technologique.

2.2.3.2 Diffusion de l'innovation

La complexité de la dynamique d'innovation a été aussi appréhendée à travers le phénomène de diffusion, notamment à partir du travail de Rogers (1962). A partir de l'analyse de plus de 500 projets industriels, il dresse un modèle de ce phénomène illustré à la Figure 2-3 ci-dessous.

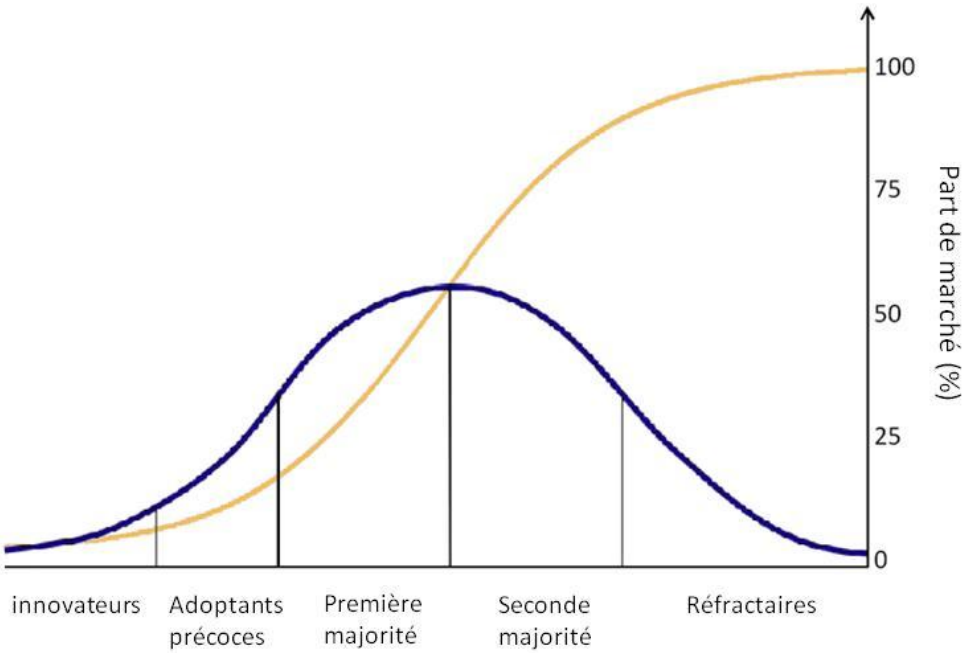


Figure 2-3 - Modèle de diffusion des innovations (Rogers, 1962)

[3] Cette notion est elle-même distincte des « besoins de l'usager » (*user needs*), tout en y étant liée. Comme le soulignent Mowery et Rosenberg, « *Il faut bien distinguer la demande du marché d'un ensemble potentiellement illimité de besoins humains. La demande dont l'expression et la médiation passent par le marché est un concept précis qui en appelle à des relations systématiques entre prix et quantités, qui découle de la constellation des préférences et revenus du consommateur. Pour être prises sérieusement, les hypothèses de pilotage par la demande doivent se fonder sur ce concept précis, et pas la notion assez informe et vague de « besoin »* » (p. 229, traduction libre).

Rogers considère que la dynamique de communication d'une innovation aux membres d'un système social suit une courbe en S. Bien qu'il donne à son propos une portée large – par exemple, il définit l'innovation comme toute « idée, pratique ou objet perçu comme nouveau par un individu ou autre unité d'adoption[4] » – c'est dans le champ des objets techniques que son œuvre a eu la plus forte influence. Rogers propose ainsi de décrire la structure d'un marché sous la forme de cinq classes d'adoptants suivant une distribution normale (voir aussi Brown et Venkatesh, 2003) :

(1) Les innovateurs sont les premiers adoptants clairement identifiés. Ils s'intéressent à la technologie en tant que telle, et ont une attitude *a priori* positive à son égard ;
(2) Les adoptants précoces ont aussi une attitude technophile, et un rôle de leader d'opinion dans l'évaluation et l'acceptation de la technologie ;
(3) La première majorité aborde l'innovation d'un point de vue plus pragmatique et valorise la facilité et le plaisir d'usage, mais aussi la réduction des coûts ;
(4) La seconde majorité a un regard plus sceptique vis-à-vis de l'innovation. Ses représentants attendent typiquement qu'une technologie soit déjà bien diffusée avant de « s'engager » ;
(5) Les usagers réfractaires sont les derniers à adopter une technologie et peuvent même se trouver en situation de rejet.

Plusieurs travaux ont suggéré que cette courbe gaussienne n'était pas « lisse » mais présentait des discontinuités qui sont sources de difficultés pour l'entrepreneur. Moore (1999) parle ainsi de « gouffre » (*chasm*) séparant l'adoption d'une innovation par les adoptants précoces sur des critères technophiles, de son adoption par les segments majoritaires sur des critères pragmatiques. Il donne l'exemple (p.16-17) de l'engouement initial pour les technologies de l'Intelligence Artificielle qui n'ont pas encore su trouver de marché dans la majorité. Or, une invention ne devient innovation qu'une fois sanctionnée par le marché (Schumpeter, 1934).

Sur le plan industriel, l'objectif de tout entrepreneur est donc l'adoption de son produit par son marché cible. Le second apport des travaux de Rogers a ainsi été d'identifier cinq leviers pour favoriser l'adoption :

(1) La perception subjective par l'usager, d'un avantage à utiliser le produit ;
(2) La compatibilité de la technique avec les valeurs des usagers ;
(3) La simplicité et la facilité d'usage du produit ;
(4) La possibilité d'expérimenter l'usage à échelle réduite ;
(5) La segmentabilité et la possibilité d'effectuer des transferts de technologie.

Certains de ces critères, comme nous le verrons, occupent une place centrale dans la philosophie de la *conception centrée utilisateur*.

Un autre élément de cette dynamique est le suivant : à mesure que le produit se diffuse, il est adopté par des usagers de plus en plus divers qui vont en faire usage pour répondre à des besoins tout aussi variés. On observe, au fil de la diffusion, une évolution que certains auteurs ont appelé « conception dans l'usage » ou *design in use* (Rabardel, 1995; Folcher, 2003, 2010). En faisant usage d'un produit dans le cadre de son activité, le sujet entre dans une relation à double sens avec ce dernier, que ces auteurs nomment « genèse instrumentale », et qui comporte deux facettes :

– L'instrumentalisation, dirigée de l'usager vers l'artefact. Il s'agit des transformations que le sujet opère sur le produit dans le cadre d'une tâche donnée ;

[4] Rogers note que « *parfois, l'aspect matériel d'une technologie est dominant. Mais dans d'autres cas, une technologie peut être entièrement composée d'information, par exemple une philosophie politique comme le marxisme, une idée religieuse, un événement d'actualité, une rumeur* » (p. 13, traduction libre).

– L'instrumentation, dirigée de l'artefact vers l'usager. Il s'agit de l'émergence de nouveaux schèmes d'usage[5], par exemple à la suite d'un processus d'apprentissage.

Ainsi, du point de vue des usages, la diffusion d'un produit n'est pas qu'une affaire de transmission d'idées, comme le prétend Rogers : elle est aussi associée à une double évolution: évolution des produits et évolution des usages. Nous verrons plus loin (*cf.* partie 2.5.2) que la prise en compte des usages émergents pose des problèmes spécifiques aux outils actuels d'analyse des usages, et que ces usages ont un statut particulier en conception innovante. Ici, nous soulignons simplement que

> L'accélération de la dynamique d'évolution de l'identité des produits et la maîtrise accrue de la diffusion de produits et d'usages nouveaux sont aujourd'hui des attentes importantes du monde industriel vis-à-vis de l'analyse des usages.

2.2.3.3 Innovation incrémentale et innovation de rupture

La distinction entre l'innovation « incrémentale » (*incremental innovation*) et « de rupture » (*breakthrough innovation*) renvoie avant tout au degré de « nouveauté » du produit proposé. Comme l'écrivent Zhou *et coll*. (2005, traduction libre) :

– « *Les innovations incrémentales renvoient à des changements techniques mineurs, à des améliorations simples des produits, ou à l'expansion de lignées de produits qui améliorent les performances existantes de manière optimale* » ;
– « *Les innovations de rupture, au contraire, sont des avancées technologiques nouvelles, uniques ou de pointe dans une catégorie donnée de produits, et qui vont altérer de manière significative les patterns de consommation du marché* ».

La distinction entre ces deux types d'innovation est complexe. Certains auteurs considèrent comme innovations incrémentales ce que d'autres voient comme des innovations de rupture et *vice versa*. Une raison tient à l'ambigüité du terme de *nouveauté* tel qu'il est entendu dans la littérature. La méta-analyse proposée par Garcia et Calantone (2002) propose d'adopter une classification à partir des deux critères suivants :

– La *portée* de l'innovation : le produit est-il nouveau à l'échelle de l'entreprise (niveau *micro*) ou bien de l'industrie et du marché en général (niveau *macro*) ? Pour le niveau macro, les auteurs distinguent trois degrés d'influence, plus utiles à notre analyse :
    - Les ruptures à l'échelle mondiale, extrêmement rares, telles que la locomotive de Watt, le télégraphe ou le *world wide web*[6] ;
    - Les ruptures à l'échelle de l'industrie sont plus courantes, par exemple le Walkman de Sony ou le micro-ordinateur Macintosh d'Apple ;
    - Les ruptures à l'échelle du marché (*marketplace discontinuities*) sont ubiquitaires : par exemple, le CD, le nylon ou les distributeurs automatiques de billets (DAB).
– Le *champ* concerné : s'agit-il d'une évolution du marché ou bien d'un changement de paradigme technique ?

[5] Rabardel emprunte ce terme aux travaux de Jean Piaget pour désigner la composante psychologique de l'instrument, laquelle est distincte de l'artefact (composante technique).
[6] Voir aussi Flichy (1997) pour un aperçu historique de ce type d'innovations dans le domaine des dispositifs de communication.

Sur cette base, les auteurs proposent de définir une taxonomie distinguant cinq types d'innovation. Les trois principaux[7] figurent dans le Tableau 2-1.

Innovation	Portée	Champs concernés	Exemples
Radicale	Macro	Technique PUIS Marché	Le *world wide web*
	Micro		
"vraiment nouvelle" (*really new*)	Macro	Technique OU Marché	Nouvelles lignées (ex. Walkman Sony) Extension de lignées existantes (ex. imprimantes Canon Laserjet)
	Micro	Technique ET/OU Marché	
Incrémentale	Micro	Technique ET/OU Marché	BMW M5 (Technique et marché) Systèmes de commande numérique (technique) Nourritures bio (marché)

Tableau 2-1 - innovations radicales, "vraiment nouvelles" et incrémentales (Garcia et Calantone, 2002)

Pour rendre compte plus précisément des articulations entre les deux types d'innovations *macro* – celles portant sur la technologie, et celles portant sur le marché – certains travaux ont introduit le concept de « technologie de rupture » (*breakthrough technology*) et modélisé la dynamique d'innovation correspondante (Christensen, 1997; Danneels, 2004) :

1. Une perturbation technique à l'échelle macro donne naissance à un produit qui présente une amélioration notable sur *une dimension particulière*. Cela ne suffit pas pour que l'invention atteigne le marché de masse, mais permet de séduire un public d'usagers innovateurs technophiles (*cf.* Figure 2-3) ;
2. Peu à peu, les avancées R&D permettent la maturation de la technologie, au point que le produit vient à concurrencer les produits existants sur les dimensions attirant le marché de masse. Progressivement, les produits concurrents sont ainsi évincés du marché.

Les innovations de rupture sont ainsi de plus en plus recherchées par les entreprises, au titre des ruptures qu'elles peuvent entraîner dans les usages et les marchés. Les technologies de rupture offrent la possibilité de « *changer les bases de la concurrence en modifiant les métriques de performance suivant lesquelles les technologies se concurrencent entre elles* » (Danneels, 2004, p. 249, traduction libre). Ces évolutions sont sources, à leur tour, d'innovations. Gaglio (2008), dans une étude portant sur la diffusion de la technologie des téléphones mobiles en France, montre que **le processus de construction des usages qui a accompagné la diffusion de la technologie a été à l'origine de nouveaux besoins** :

- autour du produit même : Il est devenu « normal » de posséder un portable afin de rester joignable en toute circonstance et plus réactif dans son travail, de rassurer ses proches. Cette norme de possession s'est aussi appliquée à un certain nombre de nouvelles fonctions associées au portable (ex. prise de vue numérique, *applets*, etc.) ;
- autour des usages émergents : l'utilisation intensive des SMS, l'exigence de discrétion en lieu public, ont été à l'origine de nouveaux produits et services (par ex. les « forfaits texto » et les téléphones portables à fonction vibreur).

L'analyse d'usages de produits existants permet de supporter l'innovation incrémentale, *i.e.* des évolutions graduelles du produit sans modification profonde des usages. C'est le cas par

[7] Garcia et Calantone notent que la littérature fait aussi mention de deux autres types d'innovation, dites *discontinues* et *imitatives*. Les premières sont en fait des cas particuliers d'innovations radicales ou vraiment nouvelles. Les secondes sont nouvelles pour la firme, mais pas pour le marché et ont donc un potentiel limité pour l'innovation technologique et de marché. Elles sont donc exclues de l'analyse.

exemple lorsque l'on souhaite reconcevoir des produits afin qu'ils soient « plus adaptés » à l'usager. Mais nous insistons donc ici sur le fait que l'analyse des usages doit aussi permettre d'articuler innovation technique et conquête de nouveaux marchés en tentant de maîtriser les ruptures d'usage autour de produits nouveaux.

Dans le cas de l'innovation incrémentale, l'usage ne change pas en profondeur. Dans le cas de l'innovation de rupture, en revanche, la structure de l'activité peut se trouver largement modifiée, ce qui peut créer de nouvelles opportunités d'innovation. Mais le concepteur est alors confronté au problème du décalage entre l'activité de référence analysée et l'activité future des usagers (Theureau et Pinsky, 1984)

Pour tirer parti de l'usage comme source de valeur, plusieurs approches d'intégration de l'analyse des usages à la conception anthropocentrée ont été successivement proposées.

2.3 Grandes approches de l'analyse des usages dans le processus de conception

Selon les auteurs, le souci d'intégrer des connaissances formelles sur l'Homme et son activité à la conception d'objets techniques est apparu à différentes époques de l'Histoire de la conception :

- avec l'école du *Bauhaus* et la maxime « la forme suit la fonction » (Redström, 2006);
- dans l'Egypte Antique, avec l'utilisation de grilles modulaires pour esquisser la forme humaine, ce qui serait un précurseur de l'anthropométrie (Pheasant, 2003);
- ou encore, dès la conception des premiers outils à main (Vallette, 2005).

Mais il s'agit là d'exemples anecdotiques par rapport à l'intégration de l'analyse des usages en conception industrielle. Ici, trois grandes époques peuvent être dégagées : celle allant du développement des premières connaissances théoriques sur l'Homme et l'activité humaine, à celui de la société de consommation au XXème siècle. Ensuite, l'apparition des concepts de conception centrée utilisateur (*User-Centered Design*) et d'ingénierie de l'utilisabilité (*usability engineering*). Enfin, l'extension plus récente de ce champ à l'expérience utilisateur (*User Experience Design*). Nous allons décrire cette évolution, afin de montrer comment l'analyse des usages s'intègre aujourd'hui aux projets d'innovation produit.

2.3.1 Des systèmes de production aux produits de consommation

Les premiers exemples modernes d'intégration d'une analyse scientifique de l'activité humaine à la conception concernaient les systèmes de production. Il s'agissait d'assurer le meilleur compromis entre les performances de travail et la santé des opérateurs. Les acteurs impliqués n'étaient pas concepteurs, mais hygiénistes et médecins. Leur rôle était d'identifier des liens entre des pratiques de travail spécifiques et la survenue de pathologies, afin de proposer des solutions de protection et de traitement (Laville, 2004). Au XXème siècle, de nouvelles stratégies vont voir le jour, utilisant l'analyse scientifique du mouvement et de sélection professionnelle pour optimiser les performances des opérateurs (ex. F. Taylor, H. Ford). Cette approche est parfois appelée **adaptation de l'Homme au travail**.

A la suite de la seconde guerre mondiale, des problématiques industrielles vont voir le jour, montrant les limites de cette approche. Par exemple, des opérateurs motivés et compétents, triés sur le volet, ne parvenaient pas toujours à détecter les signaux RADAR

ennemis. La production et l'application de données sur l'homme au travail, vont prendre une approche inverse de la précédente, centrée sur la conception de systèmes adaptés à l'opérateur. Cette tâche est d'abord dévolue à un chercheur, qui va étudier en laboratoire les conditions d'atteinte des **performances de travail optimales**, et réintégrer ces connaissances sous la forme de recommandations pour le concepteur. C'est à cette époque, dans les années 1950, que de nouvelles disciplines naissent pour répondre à ces besoins appliqués, soit par regroupement de disciplines existantes (ex. ergonomie) soit par spécialisation (ex. *engineering psychology*). Par la suite, ces disciplines vont se développer en réponse à l'apparition d'innovations techniques majeures et des nouvelles demandes sociales qui en résultent. La Figure 2-4 décrit les grandes innovations de cette époque dans le domaine informatique, qui ont donné naissance au champ de l'Interaction Homme-Machine.

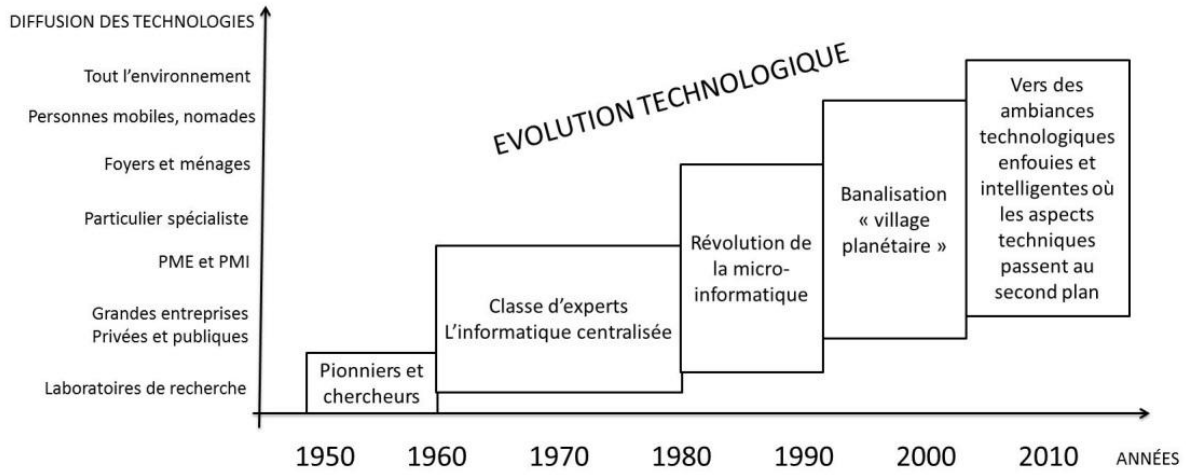


Figure 2-4 – Evolutions techniques et sociales majeures dans le domaine informatique depuis les années 1950 (d'après Brangier et Bastien, 2010)

Après-guerre, et plus particulièrement à partir des années 1970-1980, les structures de recherche vont entretenir des contacts de plus en plus rapprochés avec les entreprises au sein de structures industrielles dédiées. La plus connue est sans doute le Xerox PARC[8], où dès les années 1960 les concepteurs font venir des psychologues pour appliquer des méthodologies expérimentales à l'évaluation de dispositifs de commande innovants : souris, joystick, etc. (Moggridge, 2006). En retour, les projets auxquels travaillent les chercheurs leur donnent des terrains d'investigation pour questionner les théories de l'activité humaine. L'exemple le plus connu est sans doute le travail de Lucy Suchman, sur les difficultés de compréhension d'une photocopieuse Xerox munie d'un système d'aide intelligent. Ce travail (Suchman, 1987) a été à la base de la Théorie de l'Action Située, qui met en avant le rôle primordial du *contexte* dans l'organisation de l'action. Mais comme le souligne Theureau (2004), le travail de Suchman n'est qu'un exemple des travaux de l'époque, qui visent à sortir du laboratoire pour s'intéresser à l'activité « en contexte », c'est-à-dire dans un environnement d'usage réel (Winograd et Flores, 1986; Maturana et Varela, 1987; Theureau, 1992 ; Kaptelinin et Nardi, 2006).

Au-delà de ces développements théoriques, les courants principaux de la conception anthropocentrée, *User Centered Design* (UCD) et *User Experience Design* (UXD), sont surtout marqués d'une **approche très pragmatique** de réponse aux exigences de la conception. Nous présentons leurs fondements dans la suite du chapitre.

[8] *Palo Alto Research Center*

2.3.2 Le User Centered Design (UCD)

A partir des années 1980, plusieurs travaux collectifs ont vu le jour visant à synthétiser l'ensemble des connaissances (de l'époque) applicables à la conception de produits. Une première synthèse théorique a été proposée par Card *et coll.* (1983) sur la psychologie cognitive appliquée au domaine des IHM. Sur la base de ce travail théorique, Norman et Draper (1986) éditent ensuite un ouvrage collectif, plus spéculatif – « *un livre de questions, et non de réponses* » – qui va poser les bases de la conception centrée utilisateur (*User-Centered Design*) en un tout cohérent. Ces travaux s'appuient sur un socle de principes de base, tels que : « s'intéresser dès que possible dans le processus aux usagers et à leurs tâches » ; « utiliser des prototypes et des simulations afin de recueillir des mesures empiriques pour guider la conception » ; « pratiquer une conception itérative », etc. [9]

C'est surtout dans un ouvrage ultérieur, *The psychology of everyday things*[10] que Norman (1988) formalise les bases pratiques de la conception centrée utilisateur (UCD). D'une part, il s'intéresse aux objets de la vie quotidienne, et élargit le focus de l'analyse des usages aux produits de consommation. D'autre part, son approche est très pragmatique : la connaissance scientifique sur l'Homme doit guider la conception, mais doit le faire suivant des principes simples. Cette approche a fait l'objet, dans les années 1990, d'un grand effort de formalisation en vue de normaliser les pratiques. Cet effort a porté sur deux types d'objets : le processus de conception centrée utilisateur, et les principes et concepts généraux qui lui sont associés.

2.3.2.1 Le processus de conception centrée utilisateur

Plusieurs travaux vont chercher à opérationnaliser les concepts développés dans POET, et en particulier celui d'utilisabilité (*usability).* L'utilisabilité est définie comme métrique clé de la qualité d'usage (Bevan *et coll.*, 1991) et **focalisée sur l'interaction de l'usager avec le produit**. Une première étape est passée par plusieurs tentatives de définir l'utilisabilité en la décomposant en composantes élémentaires mesurables. Le Tableau 2-2 cite quelques exemples. La définition la plus notable est celle de Nielsen (1993), qui démocratise aussi le terme d'ingénierie de l'utilisabilité (*usability engineering*).

Référence	Critères de définition
Eason, 1984	« Le degré auquel les usagers peuvent utiliser le système avec les compétences, les connaissances, les stéréotypes, l'expérience dont ils sont porteurs »
Shackel, 1986	Le degré auquel le système peut permettre aux usagers de réaliser un ensemble de tâches suivant 4 critères : l'efficacité, l'apprenabilité, la flexibilité et l'attitude
Booth, 1989	Critères d'utilité, d'efficacité, d'apprenabilité (facilité d'usage) et d'attitude (appréciation du système)
Shackel, 1991	« la capacité du système, en termes fonctionnels humains, à permettre une utilisation facile et effective par une catégorie donnée d'utilisateurs, avec une formation et un support adapté, pour accomplir une catégorie donnée de tâches, à l'intérieur d'une catégorie spécifique de contextes »
Nielsen, 1993	Critères de facilité d'apprentissage, d'efficience, de facilité de mémorisation, de prévention des erreurs d'usage, de satisfaction des usagers

Tableau 2-2 – Quelques définitions de l'utilisabilité (citées par Barcenilla et Bastien, 2009)

[9] Ces principes avaient déjà été formulés auparavant (voir par exemple Gould et Lewis, 1985).
[10] Réédité à partir de 1990 sous le titre *the design of everyday things*

Bevan et ses collègues vont contribuer à établir un cadre normatif dont l'objectif est que la conception centrée utilisateur puisse optimiser la qualité d'usage des produits conçus (Bevan, 2001). Pour notre analyse, nous retiendrons deux des normes les plus connues de ce référentiel : la norme **ISO 9241-11** (1998) et la norme **ISO 13407** (1999).

La norme ISO 9241-11 aborde la terminologie du domaine. L'utilisabilité y est définie comme « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs *spécifiés*, pour atteindre des buts *définis* avec efficacité, efficience et satisfaction, *dans un contexte d'utilisation spécifié* » (p. 2, italiques ajoutés par nous). Les trois termes d'efficacité, efficience et satisfaction sont alors définis comme suit :

- Efficacité : précision et degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés ;
- Efficience : rapport entre les ressources dépensées, et la précision et le degré d'achèvement selon lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés ;
- Satisfaction : absence d'inconfort, et attitudes positives dans l'utilisation du produit.

La seconde norme définit un modèle du processus de conception centrée utilisateur qui fait encore aujourd'hui référence (Figure 2-5).

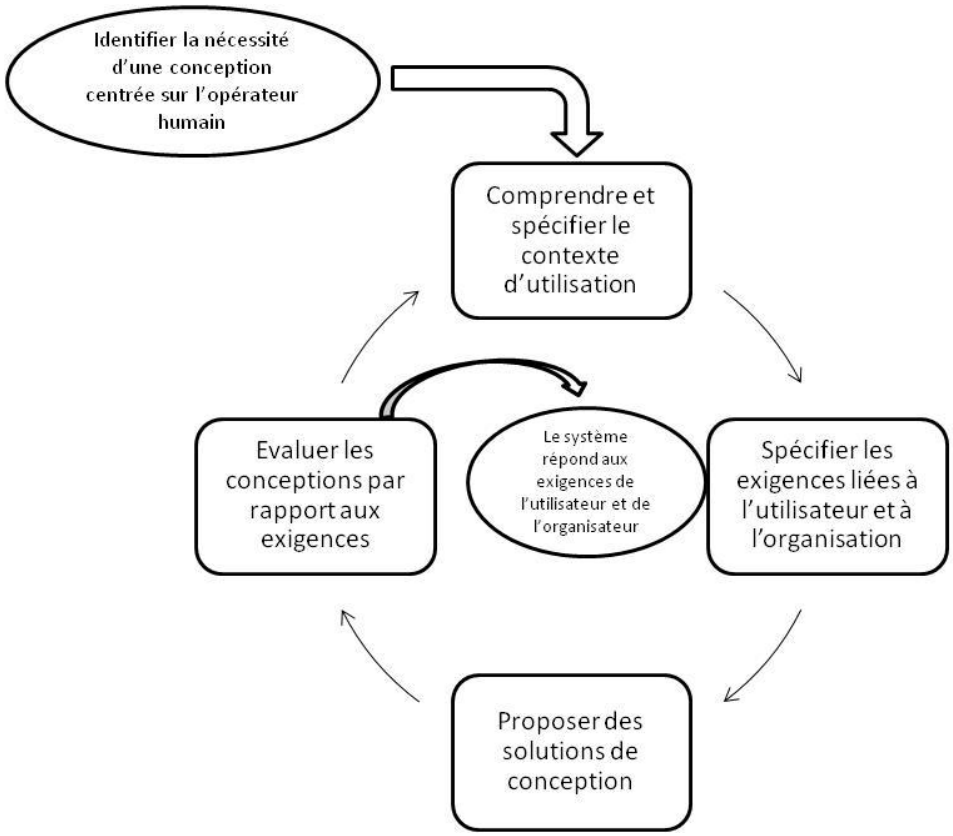


Figure 2-5 – Processus de conception itérative centrée utilisateur (ISO 13407, 1999)

Dans ce processus, l'analyse des usages intervient, pour reprendre l'expression de Rosson et Carroll (2002), « *par les deux bouts : l'analyse des besoins et l'évaluation des systèmes* ». Contrairement aux approches « de laboratoire », ce modèle s'appuie sur une analyse des usages en contexte, en vue de « comprendre et spécifier le contexte d'utilisation ».

Cette notion de contexte a de nombreuses définitions. En conception centrée utilisateur, on retiendra celle de Maguire (2001)[11], qui le décrit comme la résultante de cinq éléments : les objectifs et les caractéristiques des usagers ; leurs tâches, c'est-à-dire l'ensemble des activités mises en œuvre pour l'atteinte de leurs objectifs ; l'environnement technique matériel et logiciel ; l'environnement physique ; l'environnement social et organisationnel.

La seconde norme, ISO 13407, concrétise quant à elle quatre grands principes de la conception centrée utilisateur:

(1) La participation active des utilisateurs et la compréhension claire des exigences liées à l'utilisateur et à la tâche ;
(2) Une répartition appropriée des fonctions entre les utilisateurs et la technologie ;
(3) L'itération des solutions de conception ;
(4) La conception pluridisciplinaire.

Bien que l'analyse des usages ait évolué dans ses méthodes, ces quatre principes sont toujours, il nous semble, une base de la pratique. Mais ce sont aussi ces bases même qui sont en partie à l'origine des limites que rencontre l'analyse des usages aujourd'hui. C'est pourquoi nous avons choisi de les analyser plus en détail ci-dessous.

2.3.2.2 La participation des usagers au processus de conception

La conception participative[12] désigne la participation directe des usagers à la conception, comme acteurs du processus. Les bénéfices attendus de celle-ci sont nombreux (Kujala, 2003) : on retiendra notamment une augmentation de la qualité du système conçu qui répond mieux aux exigences des usagers, et une meilleure acceptation (donc une diffusion *a priori* facilitée) du produit dans la communauté ciblée des usagers.

Cette approche s'est développée d'abord dans la conception de systèmes de travail. Elle s'est ensuite élargie avec la participation des utilisateurs finaux (*end users*) à la conception de produits et services, et à l'introduction d'acteurs non concepteurs de métier (sous-traitants, maintenance, achats, par exemple) dans les processus de conception par projets. En fait, le terme « participatif » désigne tout un continuum d'approches différant par le degré de pouvoir décisionnel attribué à l'usager en conception (*e.g.* Damodaran, 1996; Darses et Reuzeau, 2004; Olsson, 2004). Ce continuum est illustré à la Figure 2-6.

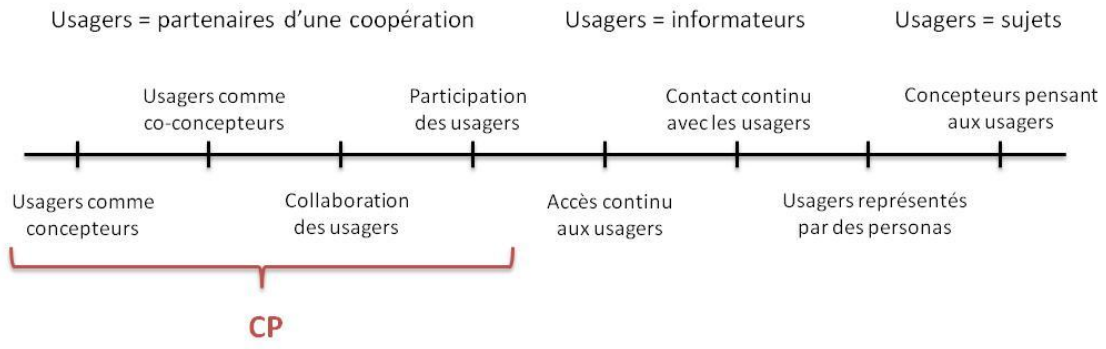


Figure 2-6 - Degré de pouvoir décisionnel de l'usager dans le processus de conception (d'après Olsson, 2004)

[11] D'autres auteurs (Valentin *et coll.*, 2010b) proposent une vue alternative, dans laquelle l'analyse des usages a pour objet de décrire la variabilité des *situations d'usage*. Une « situation » résulte de la rencontre entre plusieurs éléments : personnes, tâches, outils, contextes et événements. La variabilité est telle qu'il est impossible d'offrir une description exhaustive de ces éléments. Le « contexte d'usage » dépendra donc des enjeux du projet et des problématiques de la conception. Il peut dans tous les cas être défini par une combinaison de variables.

[12] En Anglais, *Participatory Design* ou PD.

Une question récurrente en conception participative concerne le choix des « bons » usagers ou représentants des usagers. Webb (cité par Darses et Reuzeau, 2004) note que ce choix s'accompagne d'une hypothèse normative : « *on fait l'hypothèse que l'utilisateur final utilise l'outil d'une manière attendue et normale* ». Redström (2006) pousse le raisonnement plus loin : pour lui, le concept d'usager final est une vue de l'esprit du concepteur : « *Tout commence par le constat assez trivial qu'il ne saurait y avoir d'usagers pour un produit qui n'existe pas (…) le monde est peuplé de personnes, pas d'usagers. L'usager est une chose créée par le concepteur »* (p.129, traduction libre).

Il en résulte que la mise en œuvre d'une démarche de conception participative implique d'avoir défini d'abord les usagers cibles du produit ou du système. **Pourquoi**, **comment**, et **quand** l'usager est-il défini dans le cadre du processus d'innovation produit ?

2.3.2.3 La répartition des tâches entre l'usager et le système

La première question, *pourquoi*, peut être abordée par le concept de « configuration de l'usager »[13] (Woolgar, 1991). Cette notion s'appuie sur la théorie de l'acteur réseau, dont un point de départ est de considérer les Humains et les dispositifs techniques comme les mailles d'un réseau. Ceci permet d'expliquer de nombreux faits sociotechniques, dont l'usage d'un produit et ses liens avec l'innovation.
Pour Woolgar, le produit est un élément du réseau mobilisé dans l'innovation, et les concepteurs en sont d'autres. Pour que le produit, fruit de leur travail, rencontre un succès, il devra croiser le chemin d'autres acteurs humains et *en faire des usagers*, c'est-à-dire des éléments actifs dans la vie du produit. Or comme le dit Redström (*cf.* point précédent), l'usager est d'abord un concept virtuel. Pour maîtriser le développement de ce réseau, le concepteur ne peut pas laisser la rencontre entre le produit et l'usager au hasard. Il doit définir qui sont les usagers, maîtriser le fait qu'ils utiliseront le produit dans tel ou tel cadre et de telle ou telle manière pour en tirer tel ou tel bénéfice. Woolgar appelle ce travail la « configuration de l'usager ».

Akrich (1987) pousse la réflexion plus loin avec la notion de *script* : « *Par la définition des caractéristiques de son objet, le concepteur avance un certain nombre d'hypothèses sur les éléments qui composent le monde dans lequel l'objet est destiné à s'insérer. Il propose un « script », un « scenario » qui se veut prédétermination des mises en scène que les utilisateurs sont appelés à imaginer à partir du dispositif technique et des* pré-scriptions [sic] *(notices, contrats, conseils...) qui l'accompagnent »* (Akrich, 1987, p. 51).
Sans aller jusqu'à dire que l'analyse des usages vise à permettre aux concepteurs de contrôler le comportement des usagers, cette approche montre bien que maîtriser le devenir du produit dans les mains de l'usager est un élément important du travail d'innovation. Nous verrons cependant que la frontière entre maîtrise et contrôle peut s'avérer mince, car l'évolution des connaissances sur l'Homme permet aujourd'hui aux concepteurs de « configurer l'usager » d'une manière de plus en plus fine et sur des registres nouveaux.

[13] « La « configuration » inclut le fait de définir l'identité d'usagers putatifs, et de poser des contraintes sur leurs actions futures probables » (p. 59, traduction libre).

Les travaux exposés vont nous permettre de répondre aux deux autres questions, celles du *comment* et du *quand*. Jusqu'à ce que le produit soit mis à l'épreuve dans le monde réel, l'usager n'est défini qu'au travers d'interactions entre les membres de l'équipe projet (Bardini et Horvath, 1995). C'est ensuite qu'il va rencontrer des acteurs humains qui vont, à son contact, faire évoluer leur identité (ils deviennent les « utilisateurs finaux ») en même temps que faire évoluer l'identité du produit. Mais il ne faut pas oublier que la matérialisation du produit dans le monde réel débute bien avant, notamment avec la mise à l'épreuve d'objets intermédiaires de la conception, par exemple lors de tests d'usage.
Quand peut-on considérer qu'un objet intermédiaire va permettre cette confrontation au réel ? On rappelle que la conception se caractérise par une avancée progressive de l'idée vers le produit. La question nous amène à interroger le troisième principe de la conception centrée utilisateur : la conception itérative.

2.3.2.4 La conception itérative

L'intérêt principal d'un processus itératif est de pouvoir appuyer les décisions en conception sur une accumulation de données en provenance « du terrain ». Il s'agit de ce que Brangier et Bastien (2006) appellent une « boucle usage – adaptation – reconception » (voir Figure 2-7). Nous distinguerons toutefois, pour les besoins de notre argumentation, deux situations :

– L'objet conçu est un objet intermédiaire (OI) de la conception (Vinck, 2009) tel que par exemple une maquette d'aspect ou un prototype du produit. L'objet est encore dans la phase de conception du cycle de vie,
– L'objet dont on analyse l'usage est un artefact existant ou un « produit fini », c'est-à-dire qu'il a été lancé sur le marché et est dans la phase d'usage de son cycle de vie.

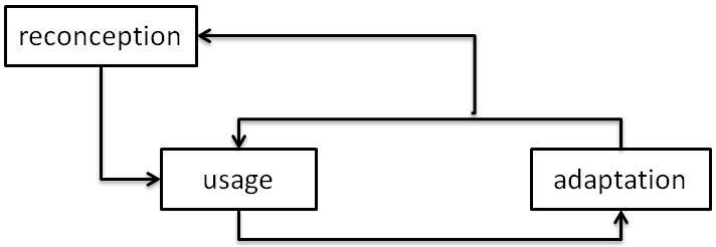


Figure 2-7 - Boucle usage-adaptation-reconception (Brangier et Bastien, 2006)

La principale objection[14] soulevée contre la conception itérative concerne les coûts associés. L'optimisation du processus de conception repose ici sur les critères de coût, qualité et délais. Les questions de la *cost-effectiveness* et du ROI de la conception centrée utilisateur sont débattues depuis plusieurs décennies (voir notamment Bias et Mayhew, 2005). Combien de cycles, donc de maquettes et de prototypes, faudra-t-il réaliser ? Combien d'usagers faire participer ? Combien de temps dédier au recueil, au traitement, à l'analyse, à la diffusion des résultats et des recommandations ? Quel peut être l'impact de l'analyse en termes de valeur d'usage ?

[14] Une autre objection est que la conception itérative ne peut s'appliquer à tous les types de projets. Par exemple, dans le cas de la conception architecturale, les contraintes ne permettent généralement pas de produire des objets intermédiaires qui soient trop semblables au « produit fini » à des fins d'analyse des usages. La conception centrée utilisateurs s'appuie sur des objets intermédiaires produits plus en amont, par exemple *via* la simulation sur plans ou sur maquettes numériques 3D (Segonds *et coll.*, soumis à publication).

Par exemple, Karat (2005) propose une analyse coûts-bénéfices dans la re-conception d'un site web de *e-commerce* pour lequel une dépense de 450 k$ en conception itérative (incluant les coûts des ressources humaines et matérielles) a donné lieu à un taux de conversion plus élevé chez le client, avec une augmentation des bénéfices de plus de 60 M$. Deux points méritent cependant d'être notés.

- Dans cet exemple, des ressources très importantes sont allouées à la conception itérative. Des entreprises de type start-up, par exemple, pourraient manquer de fonds avant de tirer les bénéfices de l'analyse des usages.
- Il ne s'agit pas d'une conception *ex nihilo* mais d'une re-conception. Pour l'innovation, Gillan et Sapp (2005) défendent l'idée d'une conception « bonne du premier coup », et proposent quatre principes de base :
    1. Intégrer une expertise sur les usages dès les phases créatives du processus. Gillan et Sapp rejoignent ici l'analyse de Kantrovich (2004) pour qui les professionnels de l'utilisabilité « *jouent un rôle d'inspecteur des travaux finis, traitant avec scepticisme tout élément nouveau ou innovant jusqu'à ce qu'il ait été convenablement testé*. »[15] ;
    2. Concevoir par analogie**.** Il s'agit d'isoler les « bonnes idées » observées sur d'autres produits ;
    3. Concevoir suivant des principes rationnels ;
    4. Concevoir en fonction de principes fondés sur les caractéristiques de la perception et de la cognition humaines.

Les points 2 à 4 rejoignent les principes de base de la conception centrée utilisateur tels qu'ils ont été proposés par Norman et ses collègues dans les années 1980.

C'est en revanche le premier point, l'intégration de l'analyse des usages dès les étapes idéatives du processus, que nous considérons comme le plus prometteur aujourd'hui pour optimiser le processus de conception centrée utilisateur : l'anticipation des usages a alors pour objectif de cibler l'investigation future des usages et la conduite de nouveaux projets.

Pour terminer cette présentation des principes de la conception centrée utilisateurs, nous souhaitons enfin aborder le rôle qu'elle donne au collectif de travail pluridisciplinaire.

2.3.2.5 La conception pluridisciplinaire

A. Le(s) rôle(s) de l'analyste des usages

Dans un contexte industriel, toute conception est pluridisciplinaire. Chaque acteur impliqué dans un projet contribue au passage de l'idée vers le produit. L'introduction des problématiques d'usage justifie l'intégration à l'équipe d'un acteur expert en la matière, quelle que soit sa désignation. Boivie *et coll.* (2006) appellent cet expert le *usability designer* mais relèvent plus de 50 dénominations synonymes. Pour ces auteurs, l'expert de l'analyse des usages assume plusieurs rôles distincts.

[15] L'auteur ajoute : « *Bien sûr, ce sont là des attitudes compréhensibles et légitimes, mais nous en payons le prix lorsque l'image de la profession devient celle d'une « police de la créativité » plutôt que de défricheurs de pistes et d'innovateurs »* (p. 26, traduction libre)

- **Faciliter le processus de conception centrée utilisateurs**, notamment en planifiant et en mettant en œuvre des activités centrées sur la problématique *usages* en conception, et en s'assurant que les données issues de ces activités soient effectivement utilisées dans le processus de développement ;
- **Prendre une part active dans le processus** de conception et de développement, en particulier *participer à l'élaboration des solutions* et à la gestion des compromis ;
- **Participer à toutes les phases** de développement, y compris l'implémentation et le lancement du produit ;
- **Communiquer avec ses collaborateurs** dans le cadre d'un processus intégré ;
- **Assurer la mise en place d'une démarche de maintien de la qualité d'usage** du produit, notamment par l'implémentation d'une méthodologie d'évaluation continue ;
- **Gérer les ressources** nécessaires à la réalisation de toutes ces activités.

Au final, le champ d'action de l'*usability designer* chez Boivie *et coll.* peut être appréhendé à deux niveaux : d'un côté, il occupe une place centrale dans la supervision de tous les aspects centrés utilisateur du projet. On retrouve ce propos chez certains auteurs dans la tradition francophone de l'ergonomie (ex. Guérin *et coll.*, 1991). Mais de l'autre, il peut être également considéré comme un concepteur « comme un autre ». Il contribue alors à l'ensemble des étapes du travail de conception collaborative, y compris les étapes créatives. C'est ce second point de vue que nous avons adopté, en accord avec le positionnement théorique de notre laboratoire d'accueil.

B. Collaborer pour innover par les usages[16]

Les recherches du LCPI ont montré la complexité de la collaboration pluridisciplinaire, par exemple dans les travaux portant sur l'intégration de l'ergonomie au processus d'innovation. A la suite d'expérimentations menées sur trois projets industriels (conception d'un jouet Meccano pour enfant, d'un monte-charge pour personne présentant un handicap, et d'un véhicule hippomobile), Roussel (1996) propose donc de structurer la réflexion des concepteurs autour d'un Référentiel Commun d'Usage (RCU) composé de *règles* et *d'exemples* (Figure 2-8).

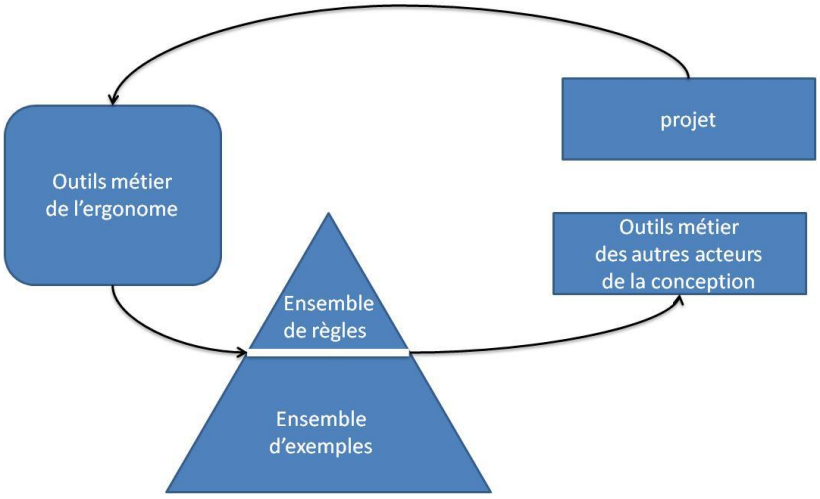


Figure 2-8 - Le Référentiel Commun d'Usage (Roussel, 1996)

[16] Cette partie emprunte à une réflexion que nous avons eu occasion de développer sur la contribution de l'ergonomie aux projets d'innovation. Ce texte, intitulé *Ergonomie cognitive de la conception* et coécrit avec S. Buisine, est destiné à paraître prochainement dans un recueil présentant les recherches du laboratoire CPI depuis une quinzaine d'années.

- Les règles correspondent à des schémas d'utilisation issus d'une analyse des usages de produits concurrents, d'outils de mise en contexte de ces schémas (ex. bande vidéo), et de guides et manuels d'ergonomie.
- Les exemples correspondent à l'analyse de solutions développées par des produits concurrents en termes d'usage, de solutions issues de méthodes de la résolution créative de problèmes, et de concepts d'usage décrits dans les manuels d'ergonomie.

Leborgne (2001), intervenant dans la conception de cuisines, reprend ce concept de RCU et souligne d'autre part que la sociologie apporte à l'ergonome un complément d'information dans son traitement de l'activité et des usages. Menant une démarche double (analyse de l'activité d'usagers de cuisine + étude sociologique des usages), il constate que les résultats des deux analyses se complètent entre eux, permettant d'imaginer de nouveaux concepts de cuisine.

Minel (2003), travaillant sur l'intégration des connaissances de l'ergonome dans le processus de conception d'un siège automobile innovant, s'appuie elle aussi sur le concept de RCU pour proposer des outils de transfert de données métier pour améliorer leur compréhension par des ingénieurs mécaniciens. Les outils proposés abordent deux problématiques de conception chez l'équipementier : le positionnement des occiputs, et le positionnement des coudes du conducteur. Ces travaux mettent en avant l'intégration de données d'usage dans la conception détaillée du produit.

Vallette (2005) présente une approche tout à fait différente, collaborative et « glocale » (globale + locale) des usages. Il s'agit de fournir aux différents acteurs de l'analyse des usages un cadre commun pour l'observation des usages et pour leur exploration dans les étapes initiales d'un projet de conception innovante d'outils à main. Au sein de son entreprise, Vallette va constituer un groupe de travail « usages » constitué de chefs de produit marketing, de testeurs d'outils à main, et d'un ergonome. Les étapes du travail réalisé sont les suivantes :

1. Ce groupe a d'abord mené un brainstorming par la méthode KJ sur la question : « *Quels sont les usages dans les garages automobiles ?* », puisque l'entreprise cible ce marché ;

2. Une « planche d'environnement d'usage » (Figure 2-9) a été employée comme objet intermédiaire pour permettre aux concepteurs d'exprimer leurs différents points de vue sur les usages, en définissant une échelle d'observation. La démarche a été répétée sur plusieurs secteurs pour obtenir une échelle homogène réutilisable : automobile, industrie et bâtiment.

3. L'échelle est divisée en 6 niveaux : (1) les gestes, (2) l'activité d'utilisation des outils, (3) l'activité de travail, (4) l'activité de l'entreprise, (5) l'activité du marché et (6) les faits sociétaux relatifs aux habitudes et à la tradition dans l'utilisation au sens large des outils ;

4. Ce cadre d'observation partagé est utilisé pour explorer les potentialités d'innovation autour des usages, dans deux projets industriels : la conception d'un tournevis, et celle d'une boîte à outils. L'objectif est de parvenir à des innovations radicales pour le marché (au sens de Garcia et Calantone, 2002).

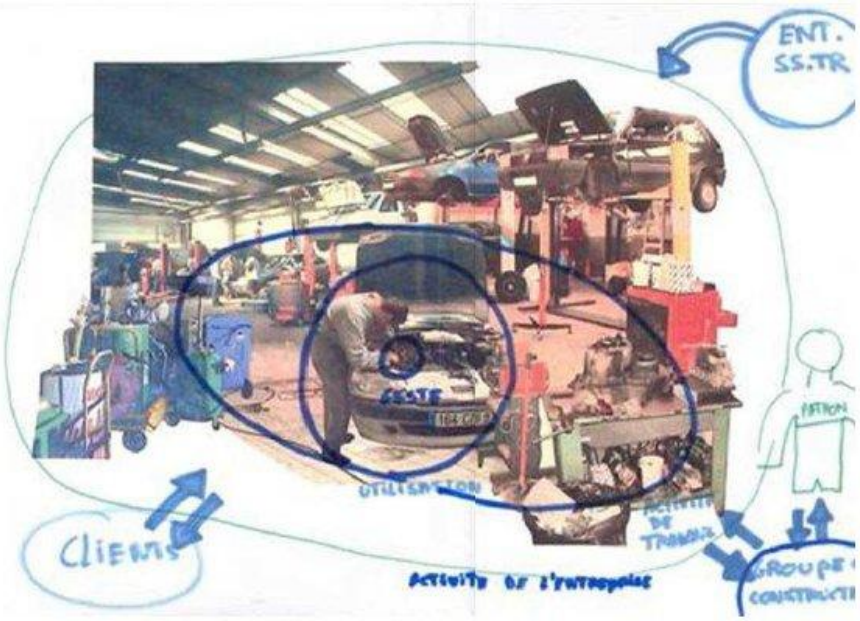


Figure 2-9 - Exemple de planche d'environnement d'usage (Vallette, 2005)

L'originalité de ce travail est d'aborder la définition des usages futurs du produit de manière collaborative. D'une part, l'utilisation d'OI visuels et d'une échelle matricielle permet aux membres du groupe d'élargir leur point de vue sur les usages en se nourrissant des propos les uns des autres. Mais un autre aspect important de ce travail est qu'il traite explicitement l'usage d'un point de vue plus large que l'optimisation des dimensions objectives (performance) et subjectives (satisfaction de l'usager) de l'interaction usager-produit. Cette optique élargie correspond, au niveau international, à l'émergence du concept d'Expérience Utilisateur.

2.3.3 Le User Experience Design (UXD)

Le *user experience design* (UXD) est né de travaux proposant d'élargir la notion de qualité d'usage d'un produit au-delà de ses dimensions pragmatiques (Hassenzahl, 2003; Barcenilla et Bastien, 2009). Même si le terme « expérience » est présent dans certains écrits fondateurs de la conception centrée utilisateur[17], le concept a été formalisé de manière progressive, en intégrant par étapes les dimensions suivantes de l'usage :

- l'amusement ou *fun*. (Monk *et coll.*, 2002).
- Le plaisir d'usage (Jordan, 2000) ;
- La qualité hédonique : Hassenzahl (2001) y associe des dimensions telles que l'originalité, le fun – par opposition à la qualité « ergonomique » qui regroupe les critères d'utilisabilité classiques de performance.

De manière générale, cet élargissement vise à permettre au concepteur de maîtriser une dimension nouvelle de l'interaction produit-usager : **l'engagement** de ce dernier dans son activité et dans sa relation au produit. C'est ainsi qu'une expérience utilisateur positive peut, comme nous allons le voir, être à l'origine d'une valeur d'usage.

[17] *« Une autre approche consiste à examiner l'expérience subjective de l'usager et comment l'améliorer. Lorsque nous lisons ou assistons à une pièce de théâtre, à un film, nous n'y pensons pas comme à une interprétation d'images lumineuses. Nous devenons une partie de l'action. Nous nous imaginons dans les scènes décrites. Nous avons une expérience à la première personne. Il en est de même avec des jeux vidéo d'arcade bien conçus et les outils de simulation. Hé bien, pourquoi pas avec un ordinateur ? »* (Norman et Draper, 1986, traduction libre)

2.3.3.1 De l'effet sur la performance à l'effet sur l'usager

L'ingénierie de l'utilisabilité met en avant les effets des attributs du produit sur la performance d'usage et la satisfaction des usagers. L'UXD, quant à elle, s'intéresse plus finement à la perception subjective de l'usager. Cette perception est décrite d'un seul trait avec ses conséquences sur l'usage. La Figure 2-10 décrit ce continuum. Le « caractère » du produit est situé dans une zone où se superposent le travail du concepteur sur le produit et la perception par l'usager de ce dernier. En d'autres termes, l'expérience utilisateur constitue un niveau supérieur de « dé-scription » du produit, au sens évoqué dans la partie 2.3.2.3. Si les deux éléments sont en adéquation, alors l'usager se conformera et adoptera un comportement souhaité par le concepteur. Sinon, un comportement différent sera adopté.

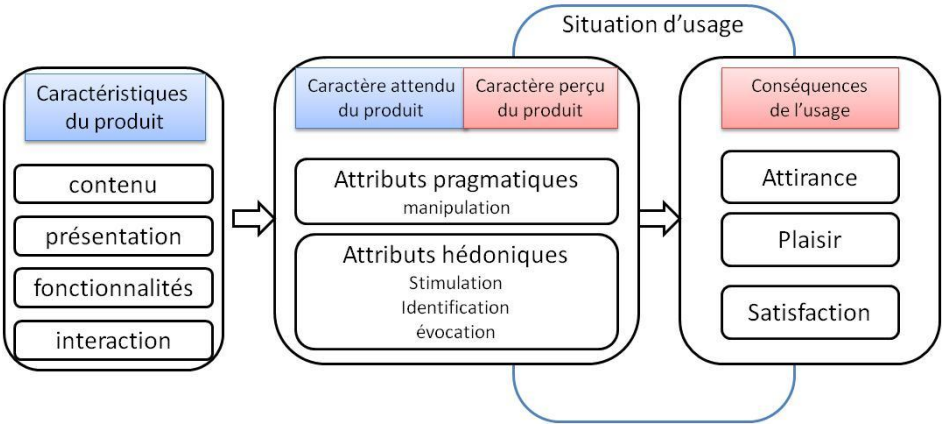


Figure 2-10 – Modèle de l'expérience de l'usager, du point de vue du concepteur (partie bleue) et de l'usager (partie rouge). Figure traduite de Hassenzahl (2003)

Malgré un consensus relatif sur ce schéma, la définition de l'expérience utilisateur est moins claire (Hassenzahl et Tractinsky, 2006; Law *et coll.*, 2009). Contrairement à l'approche qui vise à mesurer séparément divers aspects non-instrumentaux de la qualité d'usage, l'expérience utilisateur les réintègre et les analyse dans une perspective globale. Ainsi, une « expérience » :

- est située dans le temps et dans l'espace.
- met en scène un (ou plusieurs) usager(s) interagissant avec un (système de) produit(s).
- peut être définie comme une évaluation bipolaire (bon/mauvais) qui guide le comportement de l'usager.

Pour nous, comme la conception centrée utilisateur, l'UXD vise à caractériser la relation usager-produit pour l'optimiser et pour favoriser son adoption par les usagers cible et le succès de l'innovation. Mais il le fait avec un modèle élargi de l'Homme et du besoin, dont l'objectif est d'élargir les marges de manœuvre du concepteur.

A l'heure actuelle, comme cela a été le cas pour le concept d'utilisabilité, l'expérience utilisateur fait l'objet d'un important effort de normalisation[18]. La définition retenue dans la norme ISO 9241-210 (2010) pour l'expérience utilisateur est la suivante : « *les perceptions et*

[18] La conférence KEER 2010 (*Kansei Engineering and Emotion Research*) co-organisée en Mars 2010 à Arts et Métiers ParisTech par le LCPI et la JSKE (*Japanese Society for Kansei* Engineering) comportait un workshop à ce sujet animé par N. Bevan. Nous remercions A. Aoussat et C. Bouchard de nous y avoir conviés.

les réponses d'un individu qui découlent de l'usage ou de l'usage anticipé d'un produit, d'un système ou d'un service » (traduction libre).

L'UXD vise généralement à associer à l'usage du produit une expérience positive afin de susciter l'engagement de l'usager, par exemple pour encourager l'acte d'achat. Brangier et Bastien (2010) proposent une typologie plus précise. Pour eux, l'UX se rattache à quatre concepts : l'utilisabilité, l'acceptabilité, l'émotionnalité et l'influençabilité (Figure 2-11). Ces composantes se rattachent à des objectifs différents, que nous allons explorer à présent. L'utilisabilité ayant été abordée dans la partie 2.3.2, nous nous focaliserons sur les trois autres composantes en complétant l'analyse de ces auteurs.

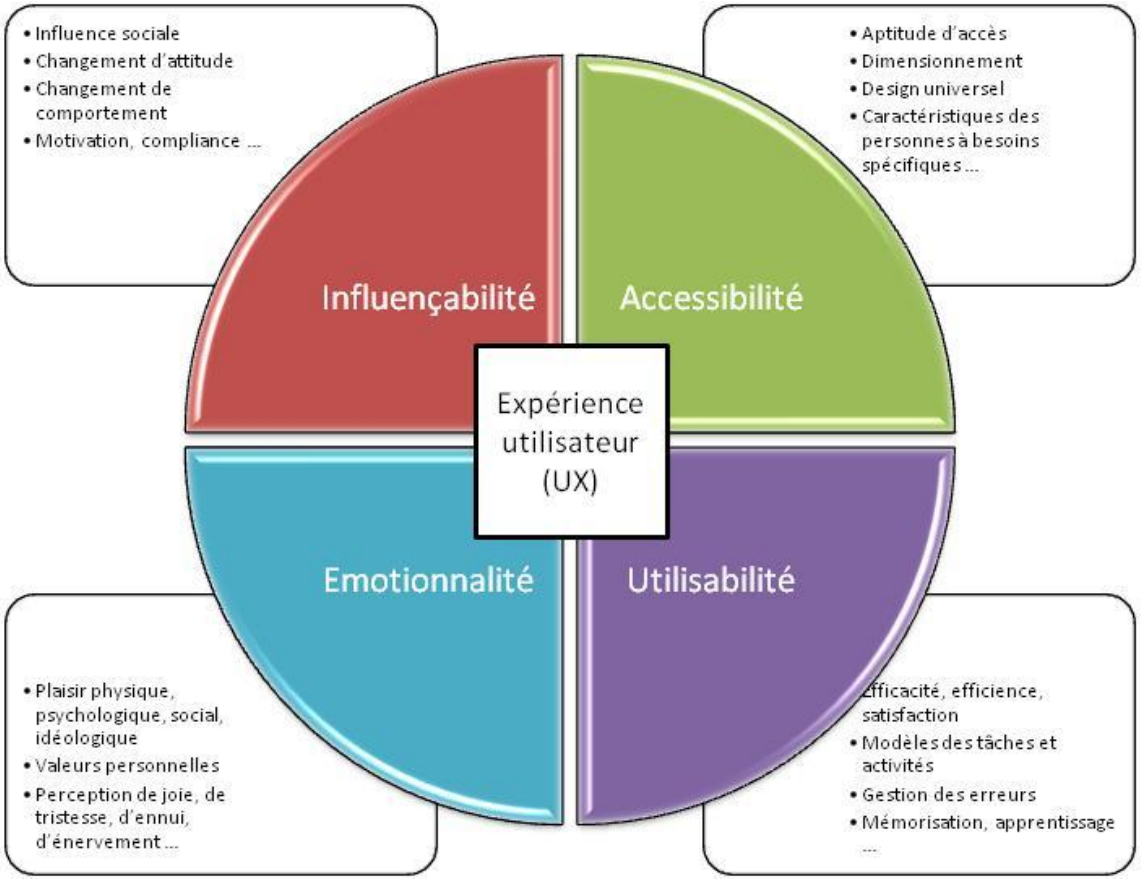


Figure 2-11 – Domaines de l'expérience utilisateur (d'après Brangier et Bastien, 2010)

2.3.3.2 L'acceptabilité

Ce critère pose comme comportement attendu de la part de l'usager, l'adoption d'une innovation. L'objet de l'analyse n'est pas seulement l'usage, mais aussi le non-usage, le rejet du produit. Boudokhane (2006) définit ce terme de « non-usage » en prenant le contrepied d'une définition donnée par Breton et Proulx (2002). Le Tableau 2-3 résume les deux positionnements.

Usage (Breton et Proulx, 2002)	*Non-usage (Boudokhane, 2006)*
Adoption	Non-achat, non-consommation
Utilisation	Non-emploi de l'objet
Appropriation	Absence de maîtrise technique et cognitive

Tableau 2-3 - Usage *vs.* non-usage d'une innovation

Le non-usage peut être étudié suivant les mêmes lignes directrices que l'usage. Par exemple, si la difficulté d'apprentissage est à l'origine d'une absence de maîtrise technique de l'outil et de sa non-appropriation, le travail du concepteur pourra se concentrer sur l'amélioration de la facilité d'apprentissage, qui est un critère classique de l'utilisabilité, évoqué notamment chez Nielsen (1993). Nous donnons ci-après deux exemples d'analyse, portant spécifiquement sur l'adoption d'un produit.

Dans le projet ADAP'TABLE, Plos (2011) a travaillé sur la conception d'une aide technique pour personnes handicapées. Pour concevoir une table de travail, ils adoptent une méthodologie d'*Universal Design*. Mais un autre objectif important est de déstigmatiser l'outil pour en faire une aide efficace à la vie quotidienne et encourager son adoption par les usagers. Ce travail a été réalisé en intégrant à la conception une réflexion sur le plan fonctionnel, mais aussi sur le plan stylistique.

D'autre part, de récents travaux dans le domaine du marketing ont attaqué la question de l'adoption d'une innovation sous l'angle de l'intention d'achat (Hoffmann *et coll.*, 2006). Ces auteurs reprennent l'affirmation de Rogers selon laquelle la perception d'un avantage lié à l'usage influence positivement la diffusion d'une innovation (partie 2.2.3.2). Ils s'intéressent à l'intention d'usage comme intermédiaire entre l'anticipation des usages[19] et l'intention d'achat. Ils ont demandé à 200 étudiants de s'imaginer en train d'utiliser un PDA innovant dont le prototype était fourni, avant de remplir un questionnaire évaluant l'avantage relatif associé à l'usage, l'intention d'usage, et l'intention d'achat à l'aide de méthodologies validées dans la littérature. Les résultats conduisent les auteurs à **accorder à l'intention d'usage un rôle médiateur** entre l'anticipation des avantages liés à l'usage du produit, et l'intention d'achat de ce dernier.

Le développement de recherches pluridisciplinaires contribue ainsi à donner aux concepteurs les moyens d'agir, de plus en plus finement, sur l'acceptabilité d'un produit par des usagers cibles.

2.3.3.3 L'émotionnalité

Dans un exposé récent sur la prise en compte des émotions en conception, Cahour (2010) reprenait la définition de ce terme donnée par Cosnier (1994) : « tous les événements ou états du champ affectif qui se caractérisent par un ensemble d'éprouvés psychiques spécifiques et accompagnés (…) de manifestations physiologiques et comportementales. Certains [éprouvés] de durée limitée, résultent d'une induction événementielle précise ; ce sont les *émotions* de base et leurs dérivés. D'autres, plus durables, sont liés à des relations plus qu'à des événements, ils sont appelés *sentiments*. » (p. 277, italiques dans l'original). Le terme d'*affect*, quant à lui, renvoie à « tous les aspects subjectifs qualitatifs de la vie émotionnelle au sens large ». Brangier et Bastien (2010) résument ainsi la problématique de prise en compte des émotions en conception : « **susciter le plaisir pour maintenir l'interaction** ». Généralement il s'agit de susciter chez l'usager des manifestations telles qu'elles entraînent un jugement positif du produit, donnant lieu à des conséquences souhaitables du point de vue de

[19] Les auteurs définissent ce terme comme « *le résultat d'une simulation mentale d'une situation d'usage et de ses conséquences, qui permette aux consommateurs d'anticiper plus précisément les conséquences de l'usage d'un produit*. »

l'innovation : envie de posséder le produit, de l'utiliser, avantage concurrentiel, valorisation de l'image de marque. Toutefois, ces auteurs soulignent que la *dé-scription* du produit à ce niveau[20] se fait aujourd'hui sur des modes de plus en plus complexes, les concepteurs n'hésitant pas à susciter chez le consommateur des émotions paradoxales. Par exemple, les usagers de montagnes russes accèdent à un service payant « pour se faire peur », ce qui peut être considéré *a priori* comme un affect à valence négative.

Norman (2004) explique ce phénomène d'attrait pour les émotions paradoxales en soulignant que le traitement des aspects émotionnels d'une expérience s'appuie sur trois niveaux du cerveau en interaction constante :

- Viscéral : niveau automatique, « pré-câblé », il est chargé d'évaluations rapides de l'expérience (bon/mauvais, sûr/dangereux) ;
- Comportemental : ce niveau est chargé du contrôle inconscient du comportement d'usage ;
- Réflexif : ce niveau est chargé de l'intellectualisation consciente de l'expérience.

Ces trois niveaux peuvent véhiculer des affects positifs, mais il s'ensuivra des approches très différentes de la conception. La Figure 2-12 fournit des exemples de situations mobilisant chacun des trois niveaux. A gauche, l'attraction mise sur l'émotion viscérale de la peur, mais aussi la satisfaction réflexive de l'avoir maîtrisée. Au milieu, le plaisir associé à l'usage d'un instrument bien affuté et au « travail bien fait » entraîne une réponse au niveau comportemental. A droite, la visite d'un musée est un plaisir presque purement réflexif.

Figure 2-12 - les trois niveaux de réponse émotionnelle décrits par Norman (2004).

L'attrait pour les émotions « paradoxales » s'explique alors par des conflits entre différents niveaux de traitement. La réponse viscérale à l'usage de montagnes russes correspond à la peur de se blesser en tombant, mais elle est surmontée par le plaisir réflexif de surmonter cette peur et repousser ses limites. Ceci se traduit par un comportement de recherche d'adrénaline.

Le plaisir ressenti n'est pas forcément associé à l'usage même (au sens où nous l'avons défini dans l'introduction de ce document). Le focus de l'analyse peut potentiellement s'élargir à tout contact entre l'usager et le produit, y compris par exemple l'achat, à condition de mobiliser des cadres théoriques pertinents. Mantelet (2006) note par exemple que cet élargissement est à l'origine d'évolutions dans les champs du design, de l'ergonomie et du marketing. Son travail concerne le domaine de l'ingénierie *Kansei*. Né il y a environ 30 ans au Japon, ce champ de recherches vise à formaliser les liens entre le sentiment d'un consommateur au sujet d'un produit, et les éléments perceptuels que la conception peut donner au produit. Le système KENSYS développé par Mantelet vise plus particulièrement à

[20] Nous élargissons ici l'approche d'Akrich en notant que les représentations du concepteur ne concernent pas que les comportements futurs possibles de l'usager, mais aussi sa réponse affective.

faire le lien entre des références verbales (dites « mots *Kansei* ») et des sorties graphiques (images, formes, couleurs) pouvant assister la définition du produit. L'objectif est, encore une fois, de *maîtriser l'impact du produit sur l'usager*.
Hassenzahl (2003) émet toutefois des doutes sur la possibilité même de « concevoir des émotions » éphémères et dépendantes d'un contexte donné d'interaction avec le produit. Il plaide pour recentrer le travail du concepteur sur la satisfaction des besoins, qui sont des structures plus pérennes.

Notons enfin que l'optimisation des aspects émotionnels de l'interaction usager-produit dans l'usage n'a pas seulement pour but de rendre un produit attractif, mais de jouer indirectement sur la performance. Comme l'écrit Norman (2004), « *Attractive things work better* ». Tractinsky, Katz et Ikar (2000) ont pu vérifier cette hypothèse en mesurant l'utilisabilité et l'esthétisme perçus d'une interface de distribution automatique de billets. Ils ont trouvé une forte corrélation entre ces variables.

Ainsi la prise en compte des dimensions fines de l'expérience utilisateur vise à permettre au concepteur de maîtriser, de plus en plus finement, la valeur d'usage générée par un produit. Mais comme nous allons le voir, ce positionnement est en train d'évoluer à l'heure actuelle.

2.3.3.4 L'influençabilité

Au contraire des pôles précédents − dont l'objet est de jouer sur l'engagement de l'usager par rapport au produit, afin de valoriser ce produit dans une économie de la concurrence − le *persuasive design* a pour objet de *modifier son comportement dans un sens jugé acceptable par le concepteur*. Certains auteurs parlent ainsi de *design for sustainable behavior*. Pour Lockton *et coll*. (2010), par exemple, il existe quantité de moyens par lesquels le concepteur peut influer sur le comportement *via* les attributs du produit. Dans le cadre d'un projet visant à développer l'éco-responsabilité citoyenne, ces auteurs ont organisé une série de workshops visant à réunir ces « trucs » (*gambits*) au sein d'une méthode harmonisée appelée *Design with Intent* (DwI), regroupant ces solutions en 8 « lentilles » ou approches différentes pour la conception (Tableau 2-4).

Lentille	Principe	Exemple d'astuce
Architecturale	Techniques empruntées à l'architecture et à l'urbanisme, exploitant la structure du système pour guider le comportement de l'usager	*Espacement :* Sièges de métro alternés pour empêcher que des sans-abris ne s'y reposent
Anti-erreur	Techniques traitant tout écart à un comportement défini comme « normal » comme une erreur devant être éliminée.	*Actions ordonnées* : Dans les distributeurs automatiques de billets, il est souvent impossible de récupérer les billets avant d'avoir repris sa carte bleue.
Interaction	Exploitent les patrons de conception IHM pour informer l'usager sur l'état de l'interface	*Effet tunnel*, didacticiels : Structurer un ensemble de tâches sous forme séquentielle
Ludique	Favoriser l'engagement de l'usager en donnant à la tâche à réaliser un aspect ludique	*Récompenses* : Débloquer certaines fonctions du produit en en les présentant comme une récompense

Lentille	Principe	Exemple d'astuce
Perceptive	Jouer sur la sémantique / sémiotique du produit pour orienter le comportement des usagers	*Séquence visible* : utiliser les propriétés visuelles du produit pour suggérer une séquence d'actions à réaliser
Cognitive	Exploitation d'heuristiques et biais de décision connus pour orienter le comportement	*Validation sociale* : systèmes de recommandation d'articles sur les sites d'e-commerce (« *les usagers comme vous ont aussi acheté …* »)
Machiavélique	Approche de type « la fin justifie les moyens »	*Obsolescence programmée* : prévoir dès le processus de conception que le produit devienne obsolète ou s'use, pour que l'usager le remplace.
Sécuritaire	Prévention et correction de comportements non souhaitables (dangereux, illégaux, etc.)	*Atmosphère coercitive* : lumière bleutée rendant les veines difficiles à voir, pour empêcher l'usage de drogues dans les toilettes publiques.

Tableau 2-4 – Les "lentilles" de la méthodologie DwI (Lockton *et coll.*, 2010)

L'objectif de cette méthodologie est double : premièrement, les exemples concrets (*cf.* Annexe 1) peuvent inspirer le concepteur pour générer des concepts de produits persuasifs. Deuxièmement, la grille peut cadrer une réflexion sur les modes de prescription qui sont à l'œuvre dans l'usage du produit. Ainsi, pour que l'usager adopte un comportement souhaité[21] (par exemple « ne pas oublier sa carte de crédit dans un distributeur automatique de billets ») le concepteur peut proposer différentes solutions :

- Certaines existent déjà, voire sont appliquées « en standard ». La solution la plus courante est empruntée à la lentille anti-erreur : il s'agit d'enfermer l'usager dans une séquence ordonnée de tâches. Les billets ne sortent pas avant que l'usager ait récupéré sa carte ;
- D'autres, nouvelles, peuvent être empruntées à d'autres lentilles :
    - La lentille architecturale suggère par exemple d'aménager l'IHM de sorte que l'entrée de la carte soit adjacente à la sortie des billets ;
    - La lentille sécuritaire suggère par exemple d'utiliser des caméras pour filmer les usagers et les responsabiliser par rapport à la perte de leur carte.

On peut faire deux commentaires sur ces évolutions récentes du *persuasive design*. Premièrement, certaines lentilles du tableau – en particulier les lentilles « machiavélique » et « sécuritaire » relèvent parfois de stratégies coercitives[22]. Deuxièmement, la persuasion est la seule des approches vues jusqu'ici qui ne restreigne pas sa portée aux interactions usager-produit : pour reprendre la définition de Proulx (2005) que nous avons citée au début du chapitre, il s'agit de faire évoluer les pratiques sociales et non l'utilisation du produit même.

Ayant présenté les quatre composantes du modèle de l'UX proposé par Brangier et Bastien, il nous paraît nécessaire de revenir maintenant sur quelques points, en guise de bilan sur l'intégration de l'analyse des usages au processus de conception innovante.

[21] Ou bien qu'il n'adopte pas un comportement non souhaité par le concepteur, ce qui dans cette approche, revient au même.

[22] Certaines planches du DwI illustrent des stratégies ouvertement coercitives. Par exemple, l'usage dans les toilettes publiques de lampes à lumière bleue empêchant de bien voir les veines, afin de lutter contre la toxicomanie est classé comme une stratégie « sécuritaire », tandis que l'obsolescence programmée constitue une stratégie « machiavélique » orientée vers la répétition de l'acte d'achat.

2.3.4 Bilan : Un double élargissement – concept d'usage et modalités d'intégration de l'analyse dans le processus

De notre examen des modèles de la conception intégrant les notions d'utilisabilité (partie 2.3.2) et d'expérience utilisateur (partie 2.3.3), on peut dresser plusieurs constats. En premier lieu, ces évolutions témoignent d'un besoin chez le concepteur de **mieux maîtriser** l'interaction usager-produit, que ce soit dans des dimensions objectives de performances, que dans des dimensions subjectives de satisfaction et de l'expérience associée à l'usage du produit, pour assurer le succès de l'innovation et l'atteinte par l'usager des objectifs associés à l'usage

Comme nous l'avons dit, le but aujourd'hui est de permettre l'engagement de l'usager. Au sens de la théorie de l'acteur réseau (Akrich *et coll.*, 2006), ce terme revient à dire qu'il s'agit d'intégrer de nouveaux acteurs dans le réseau constitué autour du produit, pour répondre aux objectifs de la conception : le succès commercial, évidemment, mais aussi d'autres enjeux, qui dépendent de chaque projet. **L'analyse des usages ne vise pas à maîtriser seulement la phase d'achat, aussi la « vie » du produit dans sa phase d'usage** : diffusion des produits et des pratiques pour faire évoluer le marché, évolution de l'identité du produit, évolution des comportements des usagers. De ce point de vue, il ne suffit plus de voir l'usage de manière statique. L'usage est le résultat d'une **construction sociale** qui peut être appréhendée à cinq niveaux (Figure 2-13).

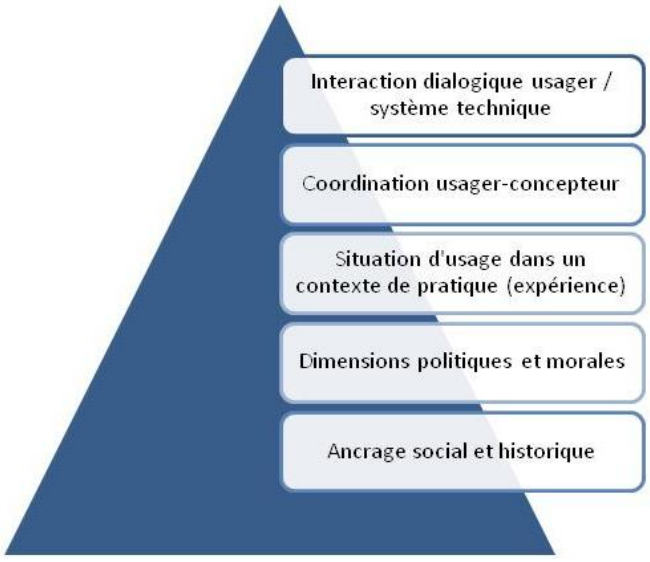


Figure 2-13 - Modèle de construction sociale des usages (Proulx, 2005)

(1) **L'interaction dialogique usager-système technique** : ce niveau ne prend en compte que l'usager et le produit. Les approches de l'ingénierie de l'utilisabilité et de l'UXD relèvent principalement de ce niveau ;
(2) **La coordination usager-concepteur** : ce niveau intègre à la fois le script intégré dans le produit par le concepteur, et leur réinterprétation par l'usager. C'est ici que l'ergonomie intervient en faisant la distinction entre « activité prescrite » et « activité réelle » des usagers (voir par exemple Falzon, 2004) ;
(3) **La situation d'usage dans un contexte de pratique** : la situation est alors vue comme un ensemble des frontières cadrant la définition des usages prévus. Une fois les usagers définis, où et comment vont-ils se servir du produit ? Pourquoi ? Quels sont les patterns qui vont être mobilisés pour décider du succès de l'innovation et des évolutions de l'identité du produit?

(4) **Les dimensions politiques et morales** : elles sont présentes dans les représentations des concepteurs et traduisent en caractéristiques du produit des *valeurs* particulières.
(5) **L'ancrage social et historique** : il est constitué de matrices culturelles, de systèmes de rapports sociaux.

Il n'est pas certain que l'analyse des usages donne un jour au concepteur les moyens d'agir sur ces cinq niveaux. En revanche, l'état de l'art que nous avons décrit donne à penser que l'analyse des usages serait un élément de détection d'opportunités pour l'innovation, et par extension, du pilotage de projets. En effet, comme le souligne Norman (2010) la source de l'innovation n'est pas toujours le besoin d'usagers clairement identifiés, mais le savoir-faire de l'entreprise. Il importe donc que l'analyse des usages adapte ses pratiques de manière à s'adapter au mieux aux « compétences et rigidités » qui constituent le noyau de l'entreprise (Leonard-Barton, 1992).

Pour introduire notre second constat, précisons bien que notre état de l'art nous amène à considérer que **l'usage, avant d'être une construction sociale qui mobilise une grande diversité d'acteurs, est d'abord une construction issue du *travail du concepteur***. L'expression d'une volonté industrielle que l'analyse des usages intervienne dans les étapes « de plus en plus amont » de l'innovation, dès les phases idéatives du processus, traduit donc le souhait de maîtriser finement cette construction.

Notons aussi qu'**à ce stade, le concept de produit reste ouvert**. C'est au cours de la phase de traduction et d'interprétation du besoin, puis dans la suite du processus, que le concept va s'étoffer, se stabiliser. Il devient alors essentiel pour le concepteur de pouvoir anticiper les conséquences de ses décisions en conception sur les usages du produit. Jusqu'à ce qu'il soit possible de matérialiser le produit sous la forme d'objets intermédiaires « utilisables » et de les placer dans des situations jugées représentatives de l'activité future des usagers, l'usage n'existe qu'à l'état d'idée. C'est sur ce point ce que Theureau (1984) insistent en décrivant le **paradoxe de l'ergonomie de conception** : *« Pour dire quelque chose de réellement fondé sur [l'activité des usagers], il faut attendre qu'elle soit complètement conçue, mais alors il sera trop tard pour intervenir dans la conception »*.Le savoir-faire de l'analyste ne consiste donc pas seulement à extrapoler les caractéristiques de l'usage d'un produit nouveau à partir de celui de produits existants. Il s'agit d'abord de **choisir des situations de référence** pour structurer la conception. Ces situations peuvent « concerner la situation (…) existante qui sera transformée, ou, si elle fait défaut, une situation que l'analyste aura jugé de référence, c'est-à-dire *ne présentant pas forcément de relations homothétiques parfaites avec la situation projetée, mais présentant des similitudes au regard d'une activité donnée* **»** (Maline, 1994 ; italiques ajoutés par nous).

Notre travail nous incite à souligner que cette opération est plus ou moins facile selon les cas. Brangier et Robert (2010) distinguent ainsi, en ergonomie, trois grandes approches :
- l'ergonomie **corrective**, portant sur l'amélioration de situations existantes ;
- l'ergonomie de **conception**, portant sur l'optimisation des choix opérés lors d'un projet en cours ;
- l'ergonomie **prospective**, centrée sur « *l'anticipation des besoins pour des produits, des services, des systèmes techniques et des organisations compatibles avec les caractéristiques humaines et sociales* ».

Les auteurs notent que ces trois approches occupent un même continuum temporel. Ils soulignent qu'elles ne sont pas mutuellement exclusives, mais complémentaires. **Pour nous, ces trois positionnements de l'ergonomie renvoient à des étapes successives de la matérialisation du produit :**

(1) **La phase prospective** consiste à formuler des hypothèses sur les pistes de conception pertinentes compte tenu des enjeux que met l'entreprise derrière l'usage de ses produits ;
(2) **Ces hypothèses sont mises à l'épreuve de la conception**. L'analyste des usages est intégré à l'équipe projet, où il participe (idéalement) à la prise de décision à chaque étape, depuis la définition d'un concept au choix des spécifications. Chaque itération du cycle de conception donne lieu à la mise au point d'un Objet Intermédiaire, typiquement un prototype. L'analyse des usages permet ainsi de valider le produit, ou d'informer les éventuelles itérations ultérieures du cycle ;
(3) **La phase corrective** intervient après la validation et le lancement du produit. Elle peut s'appuyer sur le recueil de données en phase d'usage du cycle de vie du produit pour repérer les éventuels défauts d'usage. La notion de « défaut » est très subjective : en réalité, il s'agira d'engager une démarche d'amélioration continue de la valeur d'usage du produit.

La question de fond est la suivante : l'usage présente-t-il des caractéristiques souhaitables ou non souhaitables du point de vue du concepteur ? (Nelson *et coll.*, 2009a, 2009b). Cette question fondera notre travail par la suite.

Les trois approches (prospection, conception, correction) peuvent donc se succéder dans le temps et donner autant d'occasions d'améliorer la valeur d'usage du produit. Puisque l'innovation est définie une progression de l'idée au produit passant par différentes étapes de matérialisation intermédiaires, on dira, pour résumer, que les trois niveaux définis par Brangier et Robert (2010) correspondent aux trois niveaux d'une hiérarchie d'abstraction : le niveau fonctionnel, le niveau conceptuel et le niveau produit (Figure 2-14.).

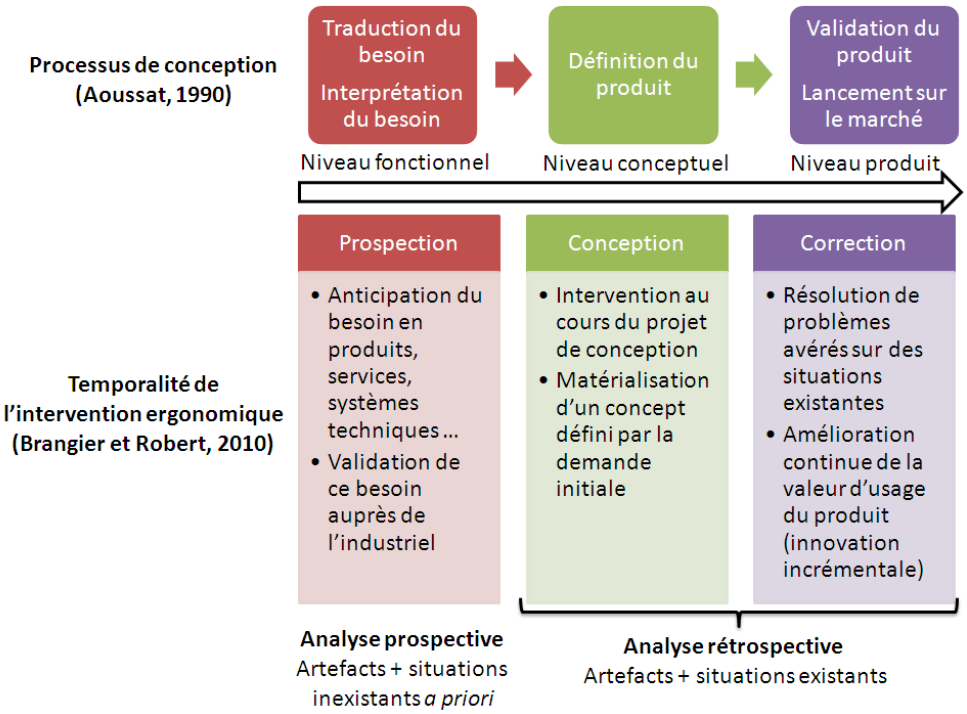


Figure 2-14 – Positionnement des analyses rétrospective et prospective des usages

C'est ce qui nous conduit, dans notre état de l'art des outils d'analyse présenté ci-dessous, à distinguer deux formes d'analyse des usages :

- **l'analyse rétrospective** s'appuie sur l'étude de situations d'usage existantes pour informer des projets d'innovation où le concept de produit est déjà validé. Elle regroupe les niveaux « conception » et « correction ».
- **l'analyse prospective** s'appuie sur l'anticipation de situations d'usage potentielles pour assister les étapes initiales de nouveaux projets. Cette forme d'analyse a deux objectifs principaux sur lesquels nous reviendrons :
    - générer des concepts de produits innovants qui pourront être développés en lançant des projets nouveaux ;
    - valider les concepts de produit à titre prévisionnel, pour que ces derniers puissent être matérialisés sous la forme d'objets intermédiaires de la conception et, enfin, du produit fini.

Dans les deux approches, rétrospective et prospective, l'analyse des usages vient en aide à l'innovation en permettant aux concepteurs d'appréhender l'usage futur du produit. Après avoir exploré, dans les paragraphes précédents, la manière dont cette analyse s'intégrait au processus de conception, nous recentrons maintenant notre état de l'art sur les outils que les concepteurs utilisent concrètement pour l'analyse. Ceci nous permettra de circonscrire précisément leurs limites actuelles.

2.4 Méthodes et outils de l'analyse des usages : un état de l'art

A partir de la distinction que nous avons faite ci-dessus, notre état de l'art des outils d'analyse sera divisé en deux parties. La première porte sur les outils de l'analyse rétrospective des usages, c'est-à-dire ceux utilisés pour analyser l'usage de produits et d'artefacts déjà matérialisés. Dans la seconde partie, qui porte sur l'analyse prospective, nous évoquerons les outils qui peuvent être utilisés pour contribuer à définir de nouveaux concepts de produits et d'usages dans les phases initiales du processus, afin que ces concepts puissent être matérialisés par la suite.

2.4.1 L'analyse rétrospective des usages

De nombreuses propositions ont vu le jour pour classer les outils de l'analyse des usages d'objets matériels (*e.g.* Dix *et coll.*, 1998; Baccino *et coll.*, 2004; Rohrer, 2008 ; Tullis et Albert, 2009). Ces typologies s'appuient généralement sur différentes variables, telles que le type de données produites (qualitatives *vs.* quantitatives), la finalité de l'analyse (exploratoire *vs.* confirmatoire), le lieu des analyses (*in situ vs.* en laboratoire), etc. Un point commun à tous les outils de l'analyse rétrospective des usages est de **mettre en parallèle la situation étudiée par l'analyste avec l'usage futur du produit à concevoir**.

Choisir une situation à étudier, c'est donc déjà formuler des hypothèses sur l'activité future des usagers, ou plus exactement *quel type de connaissances il faudra produire pour outiller efficacement la conception*. La typologie établie par Baccino *et coll.* (2004) distingue trois types de méthodes d'analyse des usages :

- Les méthodes expérimentales : l'activité du sujet est analysée dans une situation construite en laboratoire pour approcher une situation d'usage réelle ;
- Les méthodes observationnelles : elles visent à produire et analyser des données observables quantitatives ou qualitatives relatives à l'usage en situation réelle ;
- Les méthodes analytiques : ces méthodes visent à formuler des modèles des besoins des usagers ou de leurs tâches.

Ces trois classes de méthodes décrivent un continuum représenté à la Figure 2-15, qui servira de fil rouge à notre état de l'art des outils de l'analyse rétrospective des usages. Nous commencerons par décrire le concept de laboratoire d'utilisabilité (*usability lab*), qui est un produit direct de l'héritage expérimental des méthodes d'analyse des usages, que nous avons décrit dans la partie 2.3 de notre état de l'art.

Figure 2-15 - Typologie des méthodes d'analyse rétrospective des usages (Baccino *et coll.*, 2004)

2.4.1.1 Le concept fondateur du *usability lab*

Le laboratoire d'utilisabilité (*usability lab*) est une infrastructure pour la conception anthropocentrée (Seffah et Habieb-Mammar, 2009). On y réalise, par exemple :

- l'analyse des usages de produits en conception itérative ;
- le recueil et analyse de données d'enquête et de feedbacks client ;
- des séances de conception participative ;
- des tests utilisateurs, c'est-à-dire des séances d'évaluation d'un produit au cours de sa conception itérative, en conditions contrôlées.

Un laboratoire d'utilisabilité comporte *a minima* deux salles (Jambon *et coll.*, 2010) : une salle dédiée à la conduite des séances, et une régie généralement insonorisée et munie d'un miroir sans tain, pour l'observation et le recueil de données lors de ces séances. La Figure 2-16 montre la structure de la plateforme MultiCom du Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG).

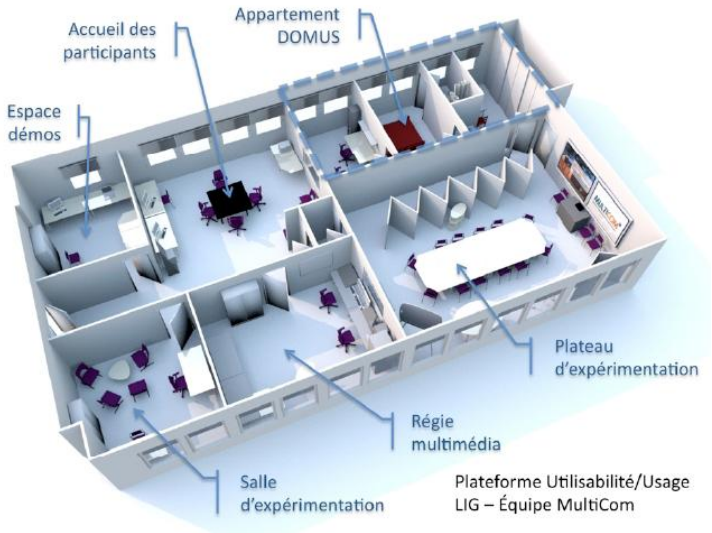


Figure 2-16 – Plateforme MultiCom du LIG (Jambon *et coll.*, 2010)

Le modèle classique du *usability lab* a subi, ces dernières années, plusieurs évolutions pour réduire les coûts matériels de mise en place du laboratoire, les contraintes associées au recueil de données de manière co-localisée et synchrone, et celles liées au caractère artificiel de l'environnement d'usage (Seffah et Habieb-Mammar, 2009). On note ainsi l'apparition :

- de laboratoires portables (ou « valises »), où l'ensemble des dispositifs de recueil sont miniaturisés, permettant de conduire des séances dans l'environnement d'usage naturel ;
- de dispositifs d'analyse à distance (*remote use analysis*), permettant le recueil de traces d'interactions de l'usager avec un produit informatique (ex. *keystroke logging*) et la transmission des données par internet à un laboratoire distant.

La métaphore du laboratoire d'utilisabilité est toujours d'actualité aujourd'hui, mais elle coexiste avec d'autres approches fondées sur l'analyse des usages « en contexte réel ». Il y a toujours, dans la décision de concevoir un environnement de ce type, des choix à faire *a priori* sur le type de situations auxquelles on va s'intéresser, le type de produits à concevoir (par exemple concevoir un environnement destiné à imiter un foyer pour la conception d'applications domotiques).

C'est sur cette question que se positionne notre état de l'art (étoile, Figure 2-17) : **quels sont les éléments dont le concepteur doit disposer pour analyser les usages**, en utilisant telle ou telle approche ?

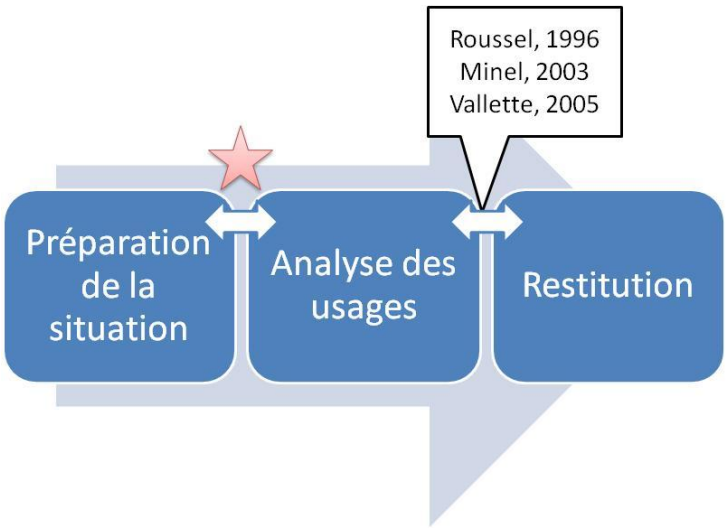


Figure 2-17 – Focus de notre état de l'art

2.4.1.2 Méthodes expérimentales pour l'analyse rétrospective des usages

Ces méthodes permettent de confirmer ou d'infirmer une hypothèse sur l'usage dans une situation spécifiée. Ces hypothèses expérimentales peuvent concerner **toutes les phases de validation du processus d'innovation** : la validation de la demande industrielle, la validation d'un concept de produit, et la validation du produit.

Comme le soulignent Gray et Salzman (1998,), « *une expérimentation bien conduite nous permet de réaliser des inférences concernant deux grandes questions : (a) la cause et l'effet, et (b) la généralisation* » (p. 208, traduction libre). L'analyste y parvient en plaçant l'usager dans une situation définie par des variables indépendantes (VI), et en mesurant différentes dimensions de l'usage *via* des variables dépendantes (VD). La validation des hypothèses repose typiquement sur une analyse statistique des données d'usage ainsi obtenues.

L'analyse doit donc être précédée d'une étape préparatoire : l'analyste va construire une situation dont il peut contrôler certaines variables pour tester des hypothèses sur l'usage. Il est difficile d'établir une liste de méthodes relevant de cette approche : en fonction des caractéristiques du projet, du produit à concevoir, de son contexte d'usage, on choisira différentes VD et VI pour répondre aux hypothèses sur l'usage. Mais une revue bibliométrique de 180 articles de revues et conférences dans le champ des IHM montre que certaines VD étaient choisies de manière récurrente. Elles correspondent aux trois composantes de l'utilisabilité de la norme ISO 9241-11 (Hornbæk, 2006) : efficacité, efficience et satisfaction. Le Tableau 2-5 liste les VD relevées. Ainsi, par exemple, 63% des articles mesuraient l'efficience d'usage d'un produit avec la VD « temps de réalisation d'une tâche », qui constitue l'indice le plus fréquemment utilisé, toutes catégories confondues.

Efficacité	Efficience	Satisfaction
• Succès dans l'achèvement d'une tâche. • Exactitude : nombre d'erreurs commises, exactitude de pointage, précision des réponses. • Rappel d'informations • Taux de complétude • Qualité du résultat • Evaluation des résultats par des experts / par des usagers	• Temps : temps pour la réalisation d'une tâche / d'une partie de la tâche • Fréquence des inputs (ex. usage du clavier/de la souris) • Patterns d'usage : fréquence d'utilisation de fonctions / d'actions spécifiques • Accès à ou usage d'une information • Ecart entre le comportement de l'usager / le résultat donné et un comportement / résultat optimal • Efforts dépensés pour la communication : ressources dépensées pour la communication. • Apprentissage : l'apprentissage de l'usage de l'interface par l'usager	• Questionnaires standardisés • Evaluation des préférences : ordre de préférence d'une interface, note absolue, indices comportementaux • Indices spécifiques de perception - facilité d'usage o accord avec ≠ propositions sur l'usage présent / futur o satisfaction avant usage o satisfaction après usage • Perception et attitudes des usagers o attitudes envers d'autres personnes ou envers le système o attitudes envers le contenu de l'IHM o perception des résultats de la tâche o perception des modalités d'interaction

Tableau 2-5 - Variables utilisées de manière récurrente pour évaluer l'efficacité, l'efficience et la satisfaction associés à l'usage d'une IHM (Hornbæk, 2006)

En ce qui concerne la mesure de la satisfaction liée à l'usage, Hornbæk (2006) note que peu de mesures standardisées existent et que les travaux du domaine tendent à utiliser des critères *ad hoc*.

Au final, les méthodes expérimentales exigent du concepteur qu'il entretienne une réflexion préalable conséquente avant de recueillir des données. Il s'agit d'identifier *a priori* :
- des situations d'usage existantes ou futures (dans le cas de simulations expérimentales) pouvant servir de base à la mise au point du protocole, mais aussi
- des hypothèses permettant de répondre aux enjeux de la conception.

2.4.1.3 Méthodes observationnelles pour l'analyse rétrospective des usages

Les méthodes expérimentales constituent des modes très cadrés de recueil et d'analyse des données. Lorsqu'il n'est pas possible ou souhaitable de définir ce cadre, il faut adopter une forme d'investigation différente. Il s'agit, pour reprendre l'expression de Bisseret, Sébillotte

et Falzon (1999) de « *provoquer des observables pour mettre à jour les activités* ». Mais il faut distinguer deux approches :

(1) l'analyste met des représentants des usagers dans une situation où la génération de traces a pour but de modéliser l'usage. L'objectif est **analytique** ;
(2) Dans le second cas, il s'agit simplement de recueillir des traces produites *naturellement* par ce(s) sujet(s) en situation d'usage naturelle. Cette situation n'est pas contrôlée expérimentalement par l'analyste et est jugée représentative de l'usage futur. L'approche est **observationnelle**. C'est celle-ci que nous évoquons dans cette partie.

2.4.1.3.1 Recueil et analyse de données comportementales

L'observation comportementale systématique est un élément clé de la méthode de *l'analyse ergonomique de l'activité*. Kerguelen (1995) souligne que, outre la difficulté d'identifier une situation de référence à observer, la catégorisation des données est une grande difficulté de l'analyse. Il distingue en effet deux types de codage :

– Une décomposition en comportements élémentaires orthogonaux les uns aux autres : geste, posture, interaction avec un périphérique d'entrée, etc. Le découpage fait appel aux capacités perceptives de l'analyste ;
– Une décomposition en actions, par exemple l'activation d'une fonction logicielle, la réalisation d'une sous-tâche. Ceci suppose **une première interprétation, par l'analyste, de la scène observée**.

Pour Guérin *et coll.* (1991), par exemple, le choix d'une situation à observer fait suite à une phase d'observation ouverte. Mais même les observations dites *ouvertes,* sans hypothèses *a priori* sur les usages, s'appuient sur une réflexion préliminaire intégrant les enjeux du projet. C'est sur cette réflexion que se fonde aussi l'interprétation des résultats de l'analyse (Sengers et Gaver, 2006).

Ainsi, recueil et analyse de données sont conditionnés par une réflexion préliminaire menée par l'analyste. Cette réflexion concerne entre autres quelles situations doivent être observées, quelles caractéristiques de l'usage et de l'usager sont importantes, quels usagers doivent être observés, etc.

Par exemple, choisir de recueillir une variable telle que les mouvements oculaires (Baccino *et coll.*, 2004) ou la fréquence cardiaque de l'usager (Nelson *et coll.*, 2006) n'est pas anodin. Ce choix dépend du modèle de l'usager chez l'analyste et des enjeux du projet. Mais il est aussi important d'intégrer à cette réflexion, des éléments sur les ressources disponibles (humaines, matérielles, financières, temporelles) pour orienter l'analyse. En particulier, le choix de la méthode d'analyse dépendra du type d'objets intermédiaires, plus ou moins « proches » du produit fini, auxquels l'analyste pourra accéder.

Ce constat n'est pas spécifique aux méthodes observationnelles. Par exemple dans le cadre d'un projet de conception d'Agents Conversationnels Animés[23] (ACAs) pour des applications destinées aux enfants, Buisine et Martin (2005) visaient à évaluer expérimentalement la

[23] Les ACAs sont « des personnages virtuels interactifs : ils se définissent *a minima* par leur présence animée au sein d'un dispositif visuel (le plus souvent un écran), quelle que soit leur apparence (personnage humanoïde, fantaisiste…). Ils ont aussi un rôle communicatif, quel qu'en soit le degré d'élaboration et la modalité d'expression (parole orale, écrite, communication non verbale…) » (Buisine, 2005, p.15)

pertinence de la communication multimodale bidirectionnelle. A ce stade du projet, les auteurs ne disposaient pas d'un prototype fonctionnel de l'application. La méthode d'évaluation choisie, le prototypage par Magicien d'Oz, répond à cette contrainte en permettant à un compère humain de simuler le comportement de l'Agent en réponse aux interactions de l'usager avec l'interface, *via* une plateforme technique dédiée (Figure 2-18).

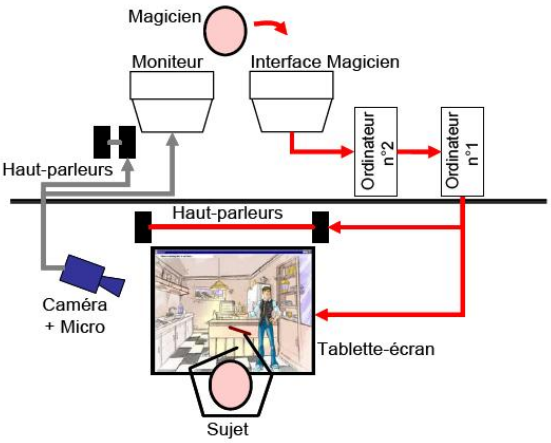


Figure 2-18 - Schéma du dispositif de Magicien d'Oz utilisé par Buisine et Martin (2005). Les comportements de l'enfant (interactions avec la tablette, commandes verbales) sont retransmis en direct au Magicien, situé dans une pièce différente, qui contrôle l'Agent

2.4.1.3.2 Recueil et analyse de traces écrites et orales de l'expérience utilisateur

Les modalités écrite et orale sont souvent utilisées pour accéder à une couche supplémentaire d'informations concernant l'usage, qui n'est pas accessible à la simple observation. L'acte de produire ces données peut interférer avec la réalisation d'une tâche (ex. impliquant l'usage d'un prototype) et le recueil (lorsqu'il se fait à titre observationnel[24]) se fait souvent, soit en dehors du contexte de la réalisation d'une tâche, soit postérieurement à celle-ci. Les outils que nous avons choisi de présenter pour illustrer les caractéristiques de ces méthodes sont l'enquête, le questionnaire et l'entretien.

Pour Dillman (2007), l'objectif d'une enquête est de développer un questionnement que tout répondant pourra interpréter de la même manière. Il s'agit de déterminer la distribution d'une caractéristique dans une population de répondants. En conception, cette population est généralement constituée d'individus jugés représentatifs des usagers futurs du produit, **à condition que ces derniers aient été définis**. Dillman souligne aussi que la construction d'une enquête ou d'un questionnaire pose de nombreuses questions (Tableau 2-6).

Critère de Dillman	Exemple d'application à l'analyse rétrospective des usages
La question exige-t-elle une réponse ?	Concevoir des questions « carrées » anticipant toutes les contingences de l'usage
Les répondants ont-il une réponse à donner ?	Sont-ils, par exemple, en mesure de donner une réponse fiable pour justifier tel ou tel comportement d'usage ou tel aspect de leur rapport au produit ? Le questionnaire ne donne accès qu'aux aspects de l'usage qui sont « conscientisables » (au sens de Theureau, 1992).
Les répondants peuvent-ils efficacement se remémorer des comportements passés ?	

[24] On notera que certaines de ces méthodes, telles que les entretiens, peuvent avoir une finalité analytique, ou même prospective. Si nous avons choisi de les présenter ici, c'est qu'elles peuvent aussi être utilisées pour recueillir des données visant à évaluer des usages existants, plutôt qu'à formuler un modèle de l'usager ou d'une tâche.

Critère de Dillman	Exemple d'application à l'analyse rétrospective des usages
Le répondant est-il prêt à répondre à la question posée ?	Des effets d'autocensure peuvent intervenir dans l'évocation de besoins spécifiques, mais aussi de situations d'usage où ces besoins sont manifestes. Par exemple, Plos (2011) identifie ces effets comme des freins à la conception d'aides techniques innovantes pour des personnes en situation de handicap, et propose des outils pour les atténuer.
Le répondant sera-t-il motivé pour répondre à chaque question ?	

Tableau 2-6 – Exemples de problématiques méthodologiques dans la construction d'un questionnaire visant l'analyse des usages. Les critères utilisés sont extraits de Dillman (2007).

Le principal avantage des enquêtes et questionnaires est de permettre la production rapide de données relatives aux usages sans nécessairement s'appuyer sur un contact entre usager et analyste (ex. enquêtes courrier, questionnaires web...). L'analyste établit une grille, mais c'est en quelque sorte l'usager lui-même qui est chargé du recueil des données. Les journaux de bord ou *use diaries* (Kangas *et coll.*, 2003) fonctionnent sur le même principe, mais sont davantage prévues pour le recueil de données comportementales (*cf.* ci-dessus).

L'entretien est un autre mode de recueil de données observationnelles, ici de traces orales. Il est aussi soumis à des problématiques méthodologiques semblables qui font l'objet de recherches particulières en France (Vermersch, 1994). Il permet d'obtenir un complément d'information pour mieux interpréter, par exemple, les résultats d'une observation. Ici, comme précédemment, la situation d'analyse est doublement cadrée :

- Par la situation sur laquelle porte l'entretien, par exemple un test utilisateur que l'usager vient de suivre ;
- Par les questions de l'analyste, qui peuvent suivre un guide préétabli, portant par exemple sur un aspect de l'expérience subjective d'usage, ou encore une sous-tâche réalisée lors d'un test utilisateurs.

2.4.1.3.3 Conclusion : avant d'observer, il faut construire des situations

Il apparaît, à l'issue de notre état de l'art, que l'observation des usages, même si elle peut sembler moins « cadrée » que l'analyse expérimentale, dépend d'un travail préliminaire qui va permettre de choisir, d'une part une situation représentative de l'usage futur du produit, et d'autre part, un outil d'analyse en accord avec les problématiques d'usage soulevées par le projet.

Comme les méthodes expérimentales, les méthodes observationnelles impliquent donc d'avoir répondu, par exemple, aux questions suivantes :

- Quelle méthode d'analyse convient le mieux, compte tenu des ressources disponibles ?
- Que peut-on/doit-on observer pour répondre aux besoins du projet ? En particulier, quels produits ou artefacts ?
- Qui sont les usagers du produit, et quels sujets inclure dans l'échantillon choisi pour les représenter ?
- Quel(s) contexte(s) d'usage peut-on/doit-on étudier ? Quelles sont les problématiques d'utilisabilité récurrentes dans ce type de contexte ?

C'est avec la génération et la validation du concept de produit à développer que ces questions trouvent leur réponse.

Cette phase de questionnement a été bien caractérisée par certains auteurs dans le champ de ergonomie de l'activité telle qu'elle est enseignée en grande partie en France (Jeffroy, 1987 ; Daniellou, 1985, 1992, 2004 ; Maline, 1994 ; voir aussi Guérin *et coll*., 1991). Pour ces auteurs, l'analyse des usages doit débuter par une analyse *ouverte* de l'activité, qui permet d'orienter une démarche de recueil et d'analyse systématiques vers des **Situations d'Activité Caractéristiques** (SAC). C'est l'analyse des usages portant sur ces SAC qui permet à l'analyste de décrire un *espace de variabilité de l'activité des usagers*, pour formuler des recommandations pour la conception.

La question qui se pose à nous sur ce modèle est la suivante. Qu'entend-on par cette analyse « ouverte » préliminaire ? Pour Daniellou (1985), dans la conception de systèmes de travail, cette analyse débute par un état des lieux, et consiste à décrire différents éléments du contexte d'activité existant, à différents niveaux de granularité : la population de travailleurs, les machines dont ils se servent, les produits de leur activité, le cadre organisationnel, l'environnement de travail, ainsi que la nature des tâches réalisées et de leurs objectifs. C'est la description de ce cadre, préalable à l'intervention, qui va permettre à l'ergonome de cibler le choix des SAC pour structurer l'analyse de l'activité et l'approche de l'activité future. Son expérience professionnelle lui permet de construire, sur la base de situations d'activité rencontrées et analysées au fil de sa carrière, une **bibliothèque mentale**[25] qui va permettre de réutiliser, d'un projet à l'autre, des stratégies de recueil et d'analyse de données, de restitution des résultats, et de formulation de recommandations.

Cette approche, née dans le champ de l'ergonomie des systèmes de travail, est-elle valable dans le domaine de la conception de produits? Nous pensons que oui. Mais on insistera sur un point : l'espace de variabilité des usages sera beaucoup plus étendu dans les situations de conception de produits (Dejean et Naël, 2004 ; Valentin *et coll*., 2010a). D'autre part, comme l'a montré notre état de l'art, une caractéristique de l'innovation est qu'elle peut parfois être marquée par une forte incertitude sur ces éléments. Il ne s'agit pas seulement de faire un état des lieux comme préalable à une analyse de l'activité, mais bien de *prendre des décisions* qui vont contribuer à définir le concept de produit aussi bien que son usage.

Un autre constat sur les méthodes observationnelles est que la finalité d'une observation est généralement de formuler un diagnostic, au sens de Falzon (1993). Ce diagnostic implique :
- le recueil et le traitement d'informations relatives aux usages ;
- l'identification d'un pattern de « symptômes » significatifs ;
- l'identification du « traitement » correspondant, c'est-à-dire d'une prescription relative à la conception et devant donner lieu à une transformation de la situation analysée.

On note par rapport au schéma de la Figure 2-14, que le diagnostic est très orienté vers la correction de situations existantes. Les méthodes analytiques visent à dépasser cette dimension corrective en produisant des modèles de l'activité des usagers. Mais ils n'y parviennent pas totalement à le faire, pour les raisons que nous expliquerons ci-dessous.

[25] « *Cette bibliothèque d'exemples porte sur des secteurs économiques (« les maisons de retraite », « les industries de process ») ou sur des classes de situation (« le contrôle de qualité », « le travail au guichet* ») » (Daniellou, 2004).

2.4.1.4 Méthodes analytiques pour l'analyse rétrospective des usages

Ces méthodes s'appuient sur le même principe de génération et de recueil de traces d'usages que les méthodes observationnelles (*cf.* partie 2.4.1.3). Toutefois, leur objectif n'est pas simplement de décrire le versant observable de l'interaction usager-produit (*i.e.* le niveau le plus superficiel de la Figure 2-13), mais d'en décrire les niveaux plus profonds. Il s'agit donc de décrire les aspects non observables (cognitifs, émotionnels, etc.) de l'usage au sein d'un modèle global.

Dans ce domaine, les méthodes ethnographiques appliquées à la conception ont particulièrement fait l'objet de travaux et de débats dans la communauté scientifique. Elles illustrent bien les problématiques des méthodes analytiques : ces méthodes ethnographiques sont adaptées[26] d'une discipline des sciences humaines qui trouve ses racines dans la sociologie et l'anthropologie. Parmi les postulats sous-jacents, on trouve notamment (Blomberg *et coll.*, 1993) :

(1) *La fidélité aux positionnements théoriques* de ces disciplines « mères », malgré la proposition de faire évoluer ces positionnements sous une forme plus compatible avec les préoccupations de la conception industrielle;
(2) *Le naturalisme*, c'est-à-dire un focus sur l'analyse des usages en situation « naturelle » ;
(3) *Des temps d'observation longs*. L'idée sous-jacente est que pour arriver à une description de l'activité dans toute sa variabilité et sa complexité, l'analyste doit attendre que les usagers étudiés aient été confrontés à une grande variété de situations réelles ;
(4) *Une approche du point de vue de l'usager dans toute sa complexité*, ce qui rend l'ethnographie tout à fait compatible avec une approche participative (Blomberg *et coll.*, 1993), mais pose aussi la question de la sélection d'usagers « représentatifs des usagers futurs » (Kujala et Kauppinen, 2004) ;
(5) *Les données résistent à la formalisation*. L'analyste décrit l'usage tel qu'il est. Il découvre souvent, ce faisant, des éléments inattendus et difficiles à anticiper. Il est difficile de partager ces données, par exemple avec des concepteurs, dans un formalisme prévu à l'avance[27].

Dans les faits, ces règles sont rarement suivies de manière stricte[28] : la priorité est que l'analyse donne lieu à un modèle de l'activité, même si ce modèle est peu formel (Kieras, 2004). Ainsi, par exemple, l'analyse des tâches des usagers (*task analysis)* permet de répondre simplement aux questions suivantes : que fera le système à concevoir ? Quelle place aura l'usager ? Quelles seront ses tâches ? Quelles fonctionnalités le produit doit-il comporter pour outiller ces tâches ?

[26] Au sens de Hanington (2003). Comme l'écrit cet auteur (p.14, traduction libre), « *Il est pertinent d'emprunter des méthodes établies à des disciplines engagées dans la Recherche sur l'Homme (…). Toutefois, les professions de la Recherche ont souvent des finalités et des objectifs distincts de celles de la conception. Pour cette raison, les méthodes empruntées doivent souvent être adaptées de manière à mieux correspondre aux objectifs de la conception.* ». Pour un bon exemple de réflexion sur cette adaptation méthodologique, voir l'analyse que fait Crabtree (2004) des évolutions de l'ethnométhodologie dans sa rencontre avec la conception, par rapport au « programme fort » décrit par Garfinkel.

[27] C'est aussi pourquoi les ergonomes (Guérin *et coll.*, 1991; Darses et de Montmollin, 2006) réfutent le plus souvent l'idée d'une intervention de type seulement *top-down* (partir du projet pour construire une grille d'analyse du terrain) ou même *bottom-up* (partir du terrain pour informer le projet). Ils défendent au contraire la nécessité d'allers-retours permanents entre le terrain et le bureau d'études.

[28] Voir le recueil des « IDEO method cards » pour des exemples de méthodes analytiques ne faisant pas appel à ces cadres théoriques de manière stricte

L'analyse d'activités existantes va donc informer la conception générale et détaillée du produit. Mais inversement, la conception interroge rarement les orientations initiales de l'analyse des usages, en tout cas dans les phases amont d'un projet d'innovation, *i.e.* avant que soit défini le concept de produit à développer.

De nombreux auteurs ont proposé des modèles du processus de conception centrée utilisateur s'appuyant sur l'analyse rétrospective des usages, plus particulièrement à la base d'entretiens et d'observations de l'activité dans des contextes existants et identifiés (ex. Beyer et Holtzblatt, 1998; Maguire, 1998; Mayhew, 1999). L'objet de ces méthodes est de modéliser l'usager, ses activités, ses besoins pour orienter la conception. Deux constats peuvent être faits sur l'utilisation de méthodes analytiques en conception innovante.

2.4.1.4.1 Les méthodes analytiques approfondissent les apports des méthodes observationnelles

Sur le modèle de la conception participative, de nombreuses méthodes analytiques se sont développées dont l'objet était, ouvertement, de supplémenter les données de la « simple » observation. Cette partie détaille quelques exemples.

Les méthodes de type « penser tout haut » (*think-aloud*), popularisées par Ericsson et Simon (1984) sous le nom de *techniques de protocoles verbaux*. Un protocole se définit ici comme « l'ensemble des énoncés d'un sujet relatif au raisonnement qu'il tient (ou parfois : qu'il a tenu) lors de la réalisation d'une tâche *particulière et à la demande de l'analyste* » (Bisseret *et coll.*, 1999, italiques ajoutés par nous). Il s'agit ici de recueillir des traces verbales de l'activité pour mieux comprendre les comportements d'usage. Ainsi, au cours du projet CORSAIRE que nous évoquions en introduction (voir Férey *et coll.*, 2009; Vézien *et coll.*, 2009), cette technique a été utilisée avec des chercheurs en mécanique des fluides et en bioinformatique se servant de leurs outils de travail existants (PC et interface WIMP[29]), afin de comprendre pourquoi ils utilisaient telle fonction logicielle à un instant *t*, et ce que cette utilisation leur apportait sur le plan de la résolution de problèmes de travail. Ce type de méthodes peut assister l'analyse des besoins des usagers, et la définition du produit à toutes les étapes du processus.

D'autres méthodes ont été développées pour encourager, sur le même principe, une réflexion introspective de l'usager sur sa propre activité (Vermersch, 1999), dont nous donnons quelques exemples dans le Tableau 2-7 ci-dessous.

Technique (références)	Support	Principe
Entretien d'explicitation (Vermersch, 1994)	Guide d'entretien (éventuellement)	Entretien portant sur des situations d'usage identifiées *a priori*. Peut se tenir sur le lieu même, ou dans une salle à l'écart.
Acting out (Sperschneider et Bagger, 2003)	Artefacts impliqués dans la réalisation normale d'une tâche	Démonstration de l'usage habituel dans une situation donnée
Instruction au sosie (Oddone *et coll.*, 1981)	Artefacts impliqués dans la réalisation normale d'une tâche	Explicitation verbale de l'usage par transmission d'instructions « analogiques » du sujet à son « sosie » (l'analyste)

[29] *Windows, Icons, Menus and Pointers*. Désigne le paradigme d'Interaction Homme-Machine le plus classique.

Technique (références)	Support	Principe
Autoconfrontation et Alloconfrontation (Mollo et Falzon, 2004)	Enregistrement vidéo d'une séquence d'activité passée	Explicitation par le sujet de sa propre pratique ou bien de celle d'un tiers. La méthode peut aussi être réalisée en équipe.
Cognitive Walkthrough (Polson *et coll.*, 1992)	Objet intermédiaire de la conception (Maquette du produit)	Assimilation de l'analyste à un utilisateur type et réalisation de tâches suivant des scénarios préétablis
Méthode CAUTIC (Mallein, 1997)	Objet intermédiaire de la conception Résultats d'une enquête sur les significations d'usage chez les usagers	Explicitation par les usagers des significations accordées à l'usage, suivant un petit nombre de critères relatifs aux usages existants, aux identités personnelles et privées des usagers, à l'environnement de vie, etc. Pronostic sur l'adoption éventuelle d'une innovation.

Tableau 2-7 –Quelques exemples de méthodes analytiques fondées sur l'explicitation

On constate que les méthodes analytiques se sont étendues de manière à exploiter des modalités de communication de plus en plus diverses. Mais il n'empêche que ces méthodes s'appuient toutes sur l'analyse d'activités existantes et/ou sur des supports issus de l'analyse d'activités existantes (cf. colonne grisée). Nous allons maintenant examiner les conséquences de ce point pour l'innovation en conception.

2.4.1.4.2 Articulation des méthodes analytiques avec la conception innovante

Plusieurs auteurs se sont interrogés sur la valeur ajoutée de données analytiques sur les usages pour la conception (Hughes *et coll.*, 1992; Dourish, 2006; Randall *et coll.*, 2007). Deux vues s'opposent souvent :

- L'une est optimiste, et voit dans les méthodes analytiques des moyens d'arriver à une analyse plus fine que jamais des usages et des besoins des usagers, ainsi que d'étudier des phénomènes tels que l'adoption et l'appropriation d'un produit par une communauté d'usagers pour outiller l'innovation (Hughes *et coll.*, 1992; Anderson, 1994; Jones, 2006).
- l'autre, relativement pessimiste, insiste davantage sur les points de friction entre l'approche académique de l'analyse et les exigences pratiques de l'innovation, notamment en termes des coûts temporels et matériels, et de nécessité de produire des résultats, non seulement sur le plan de la description de l'activité des usagers, mais aussi en termes de prescriptions pour la conception (Sharrock et Randall, 2004; Geertz, 2007).

Quelle que soit la position adoptée, on note avec Randall *et coll.* (2007) que l'apport attendu des méthodes analytiques à la conception porte sur les points suivants :

(1) **Etablir et maintenir un corpus de données sur les usages**. Par exemple, une grande entreprise spécialisée dans la conception de produits domestiques pourra engager une étude sur les usages de tel type de produit dans un environnement domestique. Mais elle peut aussi maintenir une veille scientifique sur les études ethnographiques des usages en milieu domestique ;

(2) **Sensibiliser les concepteurs aux usages**. Il s'agit d'introduire au sein du projet, ce que certains auteurs appellent « le point de vue de l'activité » (Guérin *et coll.*, 1991; Wisner, 1995; Daniellou, 1996). En montrant que l'activité et le besoin des usagers sont des sujets complexes, on espère débloquer des ressources temporelles, matérielles, financières, et humaines pour l'analyse des usages ;

(3) **Analyser les besoins**. Le besoin est un bénéfice attendu de l'usage du produit, qu'il soit pragmatique ou non (voir Loup-Escande, 2010, pp. 14-17). L'analyse ouvre la voie à des

usages multiples et émergents et à de nouveaux besoins, parfois non conscients (Robertson, 2001), qui leur sont associés. Par exemple, le recueil de traces puis la mise en discussion d'usages détournés de produits existants peuvent mettre en évidence des besoins inédits chez leurs usagers (Fulton Suri et IDEO, 2005);

Pour Randall, (2007), l'articulation de l'ethnographie avec la conception est foncièrement itérative, comme le montrent les entrées de la Figure 2-19. On peut dire la même chose des méthodes analytiques en général :

- La conception est précédée *d'enquêtes et de recherches préliminaires*, visant à identifier les problématiques d'usage récurrentes, et donc les besoins inassouvis des usagers pouvant être satisfaits par des concepts de produits nouveaux.
- L'analyse des usages de produits jugés proches[30] de celui à concevoir permet de constituer un fonds d'information à partir duquel concevoir un premier prototype.
- Enfin, les itérations du processus permettent de raffiner la conception en l'appuyant sur un modèle de plus en plus précis : (1) de l'activité et des besoins des usagers, et (2) des spécifications du produit conçu pour y répondre. Il y a alors nécessité de contacts réguliers entre l'analyste des usages et le reste de l'équipe de conception. Randall *et coll.* parlent d'ethnographie concourante.

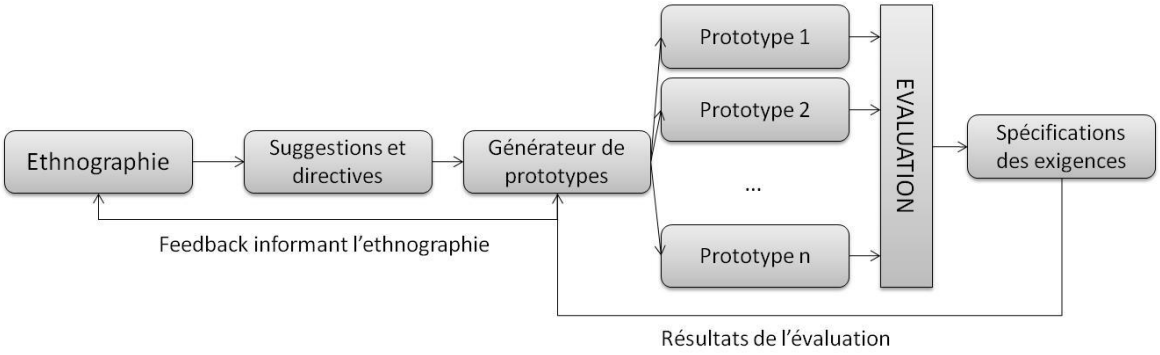


Figure 2-19 – Articulation des méthodes analytiques avec la conception itérative (Randall *et coll.*, 2007)

Randall et ses collègues distinguent quatre formes de contributions des méthodes analytiques au processus de conception :

1) La génération de connaissances sur des grandes classes d'activités humaines ; comme sources d'inspiration pour de nouveaux concepts de produits (ex. Crabtree et Rodden, 2004) ;
2) Le recueil de grands volumes de données à titre exploratoire dans une approche *quick and dirty* fondée sur l'optimisation des coûts et délais (Nielsen, 1994) ;
3) L'alimentation en continu de la conception itérative centrée utilisateurs avec des données et des préconisations précises ;
4) L'évaluation des prototypes produits dans le cycle de conception.

2.4.1.5 Bilan sur l'analyse rétrospective des usages

L'approche rétrospective caractérise la majorité des outils actuels de l'analyse des usages. Même si les avancées théoriques et méthodologiques permettent de recueillir des données de plus en plus précises sur les usages, plusieurs constats reviennent de manière récurrente,

[30] Ceci rejoint les propos de Maline (1994) sur les Situations d'Action Caractéristiques.

lorsqu'on tente d'appliquer ces outils à des projets d'innovation (Brangier et Bastien, 2006). Notre bilan repose sur quatre constats, reprenant ceux de ces deux auteurs.

1) **L'analyse rétrospective suppose l'existence d'humains et de machines situés dans un contexte donné**. Si l'on aborde la conception innovante comme une progression quasi-linéaire depuis l'idée vers le produit, alors l'usage se construit dans le même temps que le concept de produit, à partir des phases idéatives du processus. Nous rejoignons ici Marlier (2007) qui parle de co-*conception produits/usages* ;

2) **Elle suppose qu'il y a une activité à analyser.** La pluralité des moteurs du processus d'innovation (*cf.* partie 2.2.3.1) fait que dans certains projets, particulièrement ceux poussés par la technologie, l'usage du produit est marqué par une forte incertitude dans les phases idéatives : il n'est pas défini d'entrée de jeu. Cette incertitude touche non seulement la description des usages mêmes, mais aussi la définition des éléments constitutifs du cadre d'usage : identité des usagers, caractéristiques de l'environnement, ou encore finalités de l'activité.

3) **Dans ces situations, le discours sur les usages cède le pas à celui sur les besoins.** Mais analyser des besoins d'une population d'usagers implique déjà d'avoir défini qui sont les usagers. L'identification de pistes porteuses s'appuie alors sur des méthodes d'*user research* coûteuses à visée exploratoire.

4) **Les usagers ne sont pas nécessairement présents dans le processus de conception centrée utilisateurs.** Il appartient à l'analyste de négocier les conditions de leur implication dans le projet ce qui s'appuie sur une négociation de l'activité future (Daniellou, 1992). Plus l'analyse intervient dans les phases amont de la conception, plus l'incertitude est grande, mais plus les marges de manœuvre pour la conception sont grandes.

Comment, alors, assister la prise de décisions sur les usages dans les phases initiales du processus de conception innovante ? C'est l'objet de ce que nous appellerons l'analyse prospective des usages, et dont nous décrivons les principales méthodes ci-dessous.

2.4.2 L'analyse prospective des usages

Hanington (2003) distingue trois types de méthodes dans la boîte à outils du *user research* :
(1) **Les méthodes traditionnelles** sont celles qui peuvent être appliquées « telles quelles » à la conception de produits ;
(2) **Les méthodes adaptées** sont celles qui ont été empruntées à d'autres disciplines et ont fait l'objet de transformations et d'ajustements avant d'être appliquées à la conception;
(3) **Les méthodes innovantes** dont l'objet est de générer des données sur les usages de manière créative afin de mieux répondre aux exigences de l'innovation.

Méthodes traditionnelles	Méthodes adaptées	Méthodes innovantes
• Etudes de marché • Groupes de discussion • Enquêtes • Questionnaires • Entretiens • Mesures non invasives : • Recueil de traces • Expérimentations	• Recherche sur observations o Observation participante o Recueil de photos / vidéos • Méthodes ethnographiques o Ethnographie sur vidéo o Journaux de bord (*beeper studies*) • Méthodes IHM o Protocoles verbaux o Evaluation heuristique o Cheminement cognitif	• Méthodes créatives / participatives o Workshops de conception o Collages o Tri de cartes o Mapping cognitif o Journal de bord visuel o Annotation de documents

Tableau 2-8 - Méthodes traditionnelles, adaptées et innovantes d'analyse des usages, adapté de la typologie de Hanington (2003)

Notre état de l'art sur l'analyse rétrospective des usages nous a permis de passer en revue plusieurs méthodes parmi celles évoquées dans le Tableau 2-8. Ces méthodes appartiennent exclusivement à ce que Hanington appelle les méthodes *traditionnelles* et les méthodes *adaptées*. Elles interviennent typiquement dans les phases tardives du processus, et pour valider des pistes de concepts à partir de l'analyse d'activités existantes. Notre problématique nous incite à cibler maintenant notre état de l'art sur les méthodes dites *innovantes*.

Pour produire et défendre des idées et des représentations relatives à l'usage futur d'un produit, que ce soit dans les phases initiales ou tardives du processus, le concepteur peut avoir recours à des scénarios d'usage. Après avoir présenté les simulations comme un moyen courant de produire des éléments à bas coût pour décrire l'usage futur en concrétisant ces scénarios, nous présenterons donc le cadre théorique de la conception par scénarios (*Scenario-Based Design*) et la manière dont nous souhaitons l'intégrer à notre argumentation. Notre constat est que, dans les phases amont du processus, le scénario n'est pas seulement un outil descriptif mais aussi un outil créatif. Un scénario est composé de plusieurs variables qui peuvent être manipulées afin d'explorer des possibilités d'usage et donc des sources de valeur inédites. Nous considérerons les méthodes d'analyse prospective des usages comme des outils de génération de scénarios à partir d'une amorce dépendant du projet. Ceci nous conduira à examiner les apports d'outils de créativité à la définition des usages futurs pour avoir une vue globale des limites de l'analyse prospective des usages, et de l'analyse des usages en général.

2.4.2.1 La simulation : une approche singulière des usages futurs

Un des objectifs de la simulation est la conception. Elle est ici définie comme « *un outil pour le concepteur qui l'insère dans un projet de réalisation d'un objet ou d'une situation potentielle* » (Béguin et Weill-Fassina, 1997). Ces auteurs distinguent deux approches de l'usage de simulations (p. 9-10, italiques ajoutés par nous) :

- « la simulation comme banc d'essai d'une situation ou d'une procédure [qui] vise à tester l'efficience, à valider tel ou tel matériel, *à améliorer un dispositif a posteriori* en créant pour l'occasion une situation respectant au plus près les caractéristiques matérielles futures (…) Cette *philosophie du prototype* conduit à juger de l'efficacité du matériel à des phases bien marquées de la conception, soit en comparant les performances observées dans différentes situations, en faisant varier leurs paramètres, soit en comparant la performance observée avec une performance attendue.» ;

- « La simulation comme une dimension intrinsèque de la conception (…) permet à la fois une exploration du champ des possibles et participe au processus de réduction d'incertitude (…) les productions intermédiaires (graphismes, maquettes, etc.) réalisées durant la conception reçoivent alors un triple statut : d'objet symbolique, de résultat d'étape dans le déroulement des actions, et de moyen de simulation individuel et collectif ».

Les supports et les types de simulation sont variés, en fonction notamment du mode d'intégration des usagers dans cette situation. Daniellou (2007) distingue trois cas :

(1) L'utilisateur n'est pas physiquement présent, mais modélisé par des dispositifs techniques comme par exemple un mannequin physique ou numérique, un programme informatique ;
(2) Des utilisateurs ou des sujets représentant les usagers, participent à une expérimentation contrôlée, leurs comportements étant ensuite analysés par un expert ;
(3) La simulation est intégrée à un processus de conception participative (partie 2.3.2.2). Une telle simulation nécessite alors, notamment le choix de participants adéquats et de scénarios à simuler.

De nombreux outils et technologies de la conception innovante (*e.g.* la Conception Assistée par Ordinateur, la Réalité Virtuelle, le prototypage rapide, etc.) permettent au concepteur de générer facilement des objets intermédiaires pour la réalisation de simulations, en vue de permettre la collaboration entre les acteurs du processus d'innovation (voir par exemple Gomes et Sagot, 2001 ; Sagot *et coll.*, 2003 ; Mahdjoub, 2007). Ces technologies permettent d'évaluer la fonction d'usage d'un produit en optimisant les coûts, la qualité et les délais de la conception (Mahdjoub *et coll.*, 2007). Ce principe sert de base au processus proposé par Chitescu *et coll*. (2003) et décrit dans la Figure 2-20. Ce processus décrit, comme nous l'avons fait, la conception comme une progression de l'idée au produit. Il comporte quatre phases.

- **Les études de faisabilité** (1) font suite à l'analyse des besoins. Elles s'appuient sur l'analyse des usages de produits existants pour rechercher des informations utiles en vue définir les grandes orientations du projet. L'objet de l'analyse est ici entièrement réel. Ceci permet d'intégrer une analyse des usages dans la rédaction du Cahier des Charges Fonctionnel du produit ;
- Par la suite, **les études préliminaires** (2) s'appuient sur des simulations sur support numérique, qui permettent au concepteur de générer des préconcepts de produit et de les évaluer. Le critère est l'atteinte de situations d'usage jugées souhaitables. Par exemple, des mannequins numériques tels que MANERCOS peuvent être utilisés pour évaluer l'usage suivant des dimensions gestuelles, posturales, énergétique, visuel, et biomécanique. L'objet d'étude est ici entièrement virtuel;
- **Les études détaillées** (3) permettent de finaliser la définition du produit. Une fois le concept optimisé à partir du support numérique, l'équipe réalise un prototype physique pour une validation en réel ;
- **L'industrialisation** (4) permet la validation du produit à partir de prototypes physiques, dans la phase précédant les premières séries industrielles.

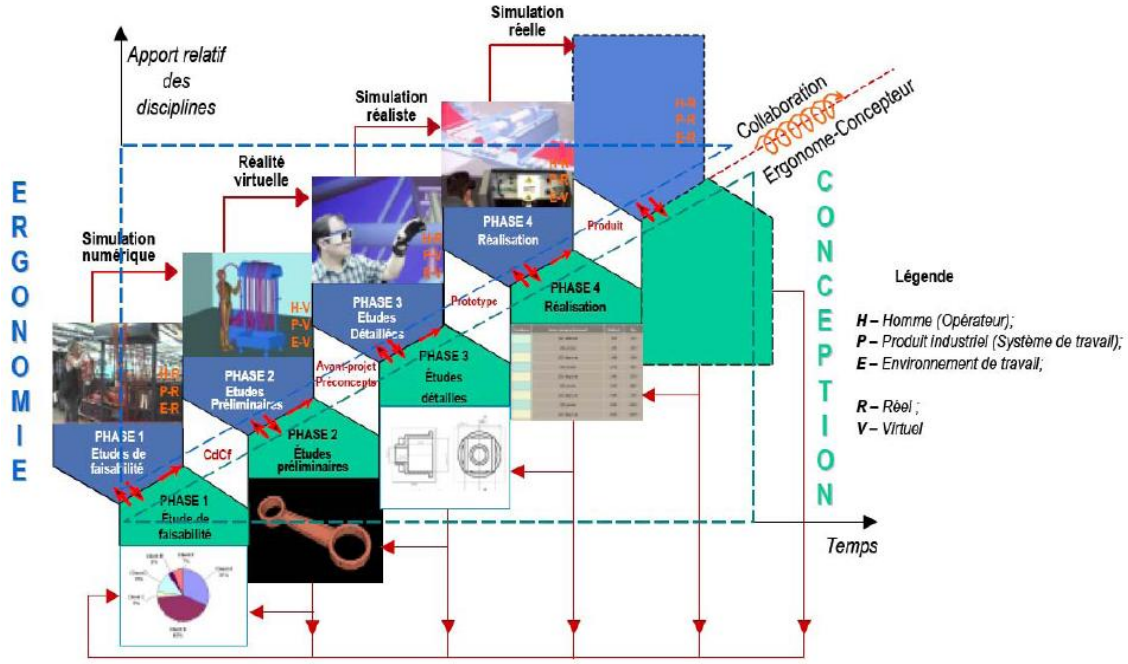


Figure 2-20 – Introduction des simulations dans le processus de conception de produits (Chitescu *et coll.*, 2003)

Ce modèle nous permet d'examiner les pratiques et techniques de simulation du point de vue de notre problématique. Tout d'abord, l'évaluation du concept à partir de simulations numériques s'appuie sur des connaissances normatives sur les usages. Par exemple, Mahdjoub et ses collègues utilisent l'équation du NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) pour évaluer les contraintes biomécaniques liées à des activités de port de charge. Si, en reprenant notre constat sur l'analyse rétrospective des usages, on rappelle que le concept d'expérience utilisateur s'est développé vers une prise en compte d'aspects de plus en plus variés de l'usage, on constate que **l'état des connaissances actuelles ne permet pas d'appliquer une démarche normative à toutes les dimensions de l'expérience utilisateur et de l'usage**.

Ensuite, quel que soit l'état d'avancement du projet, le concepteur devra faire des suppositions et prendre des décisions sur les caractéristiques futures du système H-P-E (*i.e.* l'Homme, le Produit, l'Environnement). Pour reprendre l'expression de Béguin et Pastré (2002), « la simulation est pensée et construite ». Maline (1994) illustre ceci dans son modèle de la conception par simulations (Figure 2-21) qui comporte trois étapes :

- **une analyse préalable** des caractéristiques du projet (en bleu sur le schéma), au cours de laquelle sont formalisées les hypothèses économiques, organisationnelles et techniques du projet. Ces analyses peuvent s'appuyer sur une étude rétrospective d'activités existantes ;
- une étape projective visant à élaborer les scénarios. Maline définit un scénario comme **« un cas de figure d'assemblage de variables »** (p. 61) que l'analyse préalable aura permis d'identifier ;
- une étape prospective de réalisation des simulations proprement dites. Celles-ci correspondent à **une dynamisation des scénarios** afin de proposer un pronostic pour la conception.

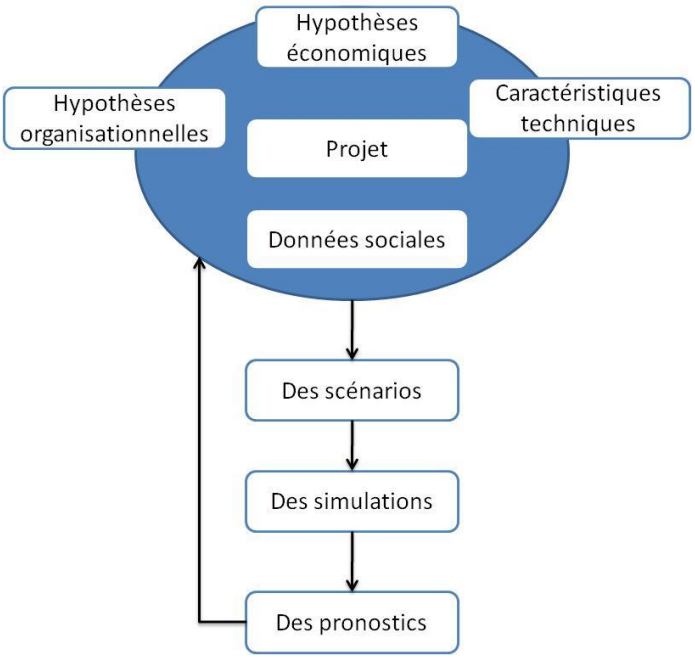


Figure 2-21 - Rôle des scénarios dans la constitution de simulations (Maline, 1994)

On constate aussi qu'une simulation peut décrire les usages suivant différents degrés de précision. L'avancée du projet est synonyme d'une augmentation du niveau de connaissances, mais aussi d'une diminution progressive de la capacité d'action des concepteurs (Midler, 1993). Par exemple, Béguin (2007a) décrit l'utilisation de simulations physiques dans le cadre d'un projet de conception d'alarme innovante dans le secteur de la chimie fine. En réalisant des simulations avec les opérateurs d'une centrale, sur un prototype physique de l'alarme, il met en évidence un phénomène d'appropriation qui remet en question l'architecture du produit. Ceci conduit à des modifications profondes du concept initial, mais cette remise en question s'est faite assez tardivement dans le processus.

Plus la simulation intervient tardivement dans le projet, plus elle offre d'informations sur la dynamique des usages futurs et plus elle permet d'interroger les phases initiales du processus. Mais en retour, plus les coûts des modifications à apporter à la conception seront importants.

Un dernier constat est que l'étape 1 du processus décrit dans la Figure 2-20, qui est une recherche d'informations, porte sur une activité réelle. Mais **quelle activité doit-on analyser ?** Tout se passe comme si les données initiales du projet permettaient systématiquement d'identifier des situations caractéristiques à simuler, à partir de références à une situation existante.
Ainsi, la simulation est une approche singulière des usages futurs. Les concepteurs doivent s'engager loin dans la matérialisation du concept pour obtenir un degré de connaissances pertinent. **Plus le concepteur aura besoin de connaissances fiables sur l'usage, plus le recueil de ces connaissances implique une projection dans l'avenir lointain du produit, et plus les coûts seront importants.**

Si l'on considère que les phases initiales du processus sont un lieu de co-conception des produits et des usages, il faudra considérer que les usages doivent être imaginés avec les mêmes exigences que des concepts de produits – en faisant preuve de créativité. C'est ainsi

que nous considérons le **scénario d'usage**, un outil classique de la conception centrée utilisateur : comme un objet intermédiaire permettant aux concepteurs de discuter des usages futurs du produit. Nous allons préciser notre point de vue ci-dessous.

2.4.2.2 Le scénario comme outil de l'analyse prospective

2.4.2.2.1 Le processus de conception par scénarios

Un scénario d'usage est défini comme « *une description concrète d'une activité dans laquelle l'usager s'engage dans la réalisation d'une tâche spécifique, une description assez fine pour en inférer des conséquences pour la conception, et raisonner sur elles* » (Carroll, 1995; cité par Haynes *et coll.*, 2004). Un scénario est donc une histoire qui comprend plusieurs éléments (Carroll, 2000, pp. 46-48):

- Un cadre (*setting*), c'est-à-dire un lieu défini dans lequel évoluent :
- un ou des agent(s) ou acteur(s), êtres humains animés par :
- des buts ou objectifs de transformation à réaliser dans le cadre du scénario, suivant :
- une intrigue (*plot*), c'est-à-dire des séquences d'actions ou d'événements réalisés par ou bien arrivant aux acteurs.

La conception par scénarios s'appuie sur la production d'objets intermédiaires pour orienter la gestion des compromis en conception (Rosson et Carroll, 2002). Les histoires illustrées dans le scénario, sur différents supports – story-board, description textuelle, reconstitution vidéo, etc. – permettent de rendre explicites les interactions prévues entre le produit et l'usager dans un contexte concret. Campbell (cité par Fulton Suri et Marsh, 2000) note quatre finalités distinctes pour les scénarios d'usage :

(1) illustrer les fonctionnalités du système. Ceci permet de susciter l'intérêt des concepteurs, et plus largement des acteurs du projet, autour d'un produit à concevoir;
(2) permettre d'évaluer des choix de conception, en donnant au concepteur un cadre pour éprouver leur pertinence. Une méthode d'analyse rétrospective peut s'appuyer un scénario soit en le concrétisant, soit en se fondant uniquement sur l'expertise des concepteurs, par exemple avec un cheminement cognitif[31] (Pinelle et Gutwin, 2002; voir aussi Segonds *et coll.*, soumis à publication)
(3) orienter les décisions de conception en synthétisant les connaissances et les hypothèses sur des situations d'usage existantes et potentielles ;
(4) objectiver les apports et limites de modèles prédictifs de la performance humaine issus des contacts entre les sciences humaines et la conception. Ces rencontres ne relèvent pas d'une démarche d'analyse et n'ont pas été traités dans cette thèse.

Hanington (2003) note qu'un scénario peut avoir différents statuts en fonction de l'étape du processus dans laquelle il intervient. Il distingue ainsi :

- **les scénarios spéculatifs**, utilisés pour **tester des idées** concernant l'usage du produit. Nous les appellerons aussi « scénarios prospectifs d'usage », car ce sont eux qui, pour nous, ont la plus grande place dans l'analyse prospective des usages.
- **les scénarios réels** qui découlent des précédents et guident l'évaluation du produit.

[31] Cette méthode place le concepteur dans une situation d'utilisateur type, interagissant avec une version intermédiaire du produit. L'équipe de conception analyse l'interface de manière approfondie et recueille des données concernant les utilisateurs futurs. Après quoi, un ou plusieurs évaluateurs parcourent l'interface en simulant mentalement la réalisation du scénario.

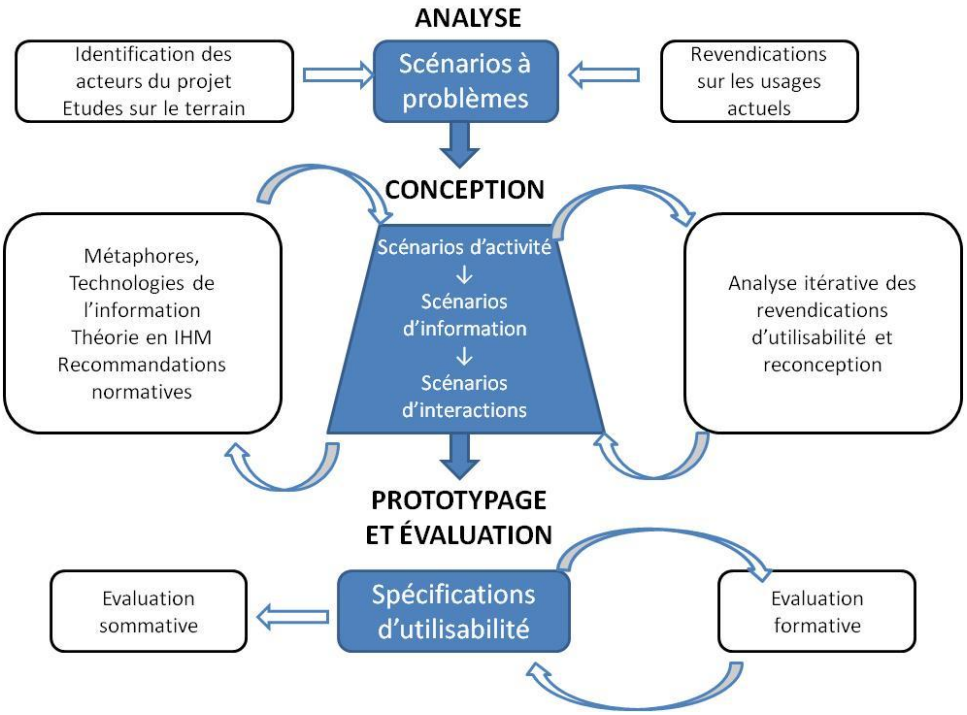


Figure 2-22 - Modèle de la conception par scénarios (d'après Rosson et Carroll, 2002)

La Figure 2-22 illustre le processus de conception par scénarios (*Scenario Based Design*, ou SBD) de Rosson et Carroll. Le scénario y est vu comme un outil transverse au processus de conception. Le modèle envisage explicitement une continuité entre différents niveaux de contribution (Tableau 2-9).

Etape du modèle de conception SBD (Rosson et Carroll, 2002)	**Description du rôle des scénarios d'usage**	**Etape correspondante du modèle de conception innovante (Aoussat, 1990)**
Analyse des besoins	A partir d'un concept de produit stabilisé *auquel on peut rattacher des références en termes d'artefacts existants*, les méthodes rétrospectives vont recueillir des données d'usage. Les scénarios permettent d'illustrer *des situations existantes*, jugées problématiques.	**Traduction du besoin**
Activity design	L'identification de scénarios d'usage « catastrophe » peut servir de guide à la rédaction du CdCF. Pour répondre aux exigences du CdCF, le concepteur peut se servir de structures intermédiaires (métaphores d'usage). Il s'agit de trouver un concept de produit répondant aux situations problématiques, tout en préservant voire en optimisant les avantages des scénarios générés précédemment.	**Rédaction du CdCF**
Information design	L'identification de concepts porteurs permet d'envisager quelles solutions techniques permettraient de concrétiser les bénéfices illustrés dans les scénarios générés au niveau précédent.	**Recherche et validation de concepts**
Interaction design	L'identification de concepts d'interface détaillés permet ensuite d'envisager des modes d'interaction précis de l'usager avec le produit.	
Prototypage et évaluation	L'ensemble des revendications faites à toutes les étapes du processus, est objectivé au cours de l'évaluation itérative par confrontation à des situations réelles jugées représentatives des usages futurs.	**Validation du produit**

Tableau 2-9 - Détail du rôle des scénarios d'usage à chaque étape du processus de conception par scénarios

Au cœur de ce modèle, on trouve le concept de **revendication** (*claim*). Une revendication est définie comme « *un compromis relatif à des problématiques d'utilisabilité*[32] *avec un artefact donné (…) Il articule les aspects positifs et négatifs de l'utilisabilité* » (Go et Carroll, 2004, p. 119, traduction libre). Une revendication est typiquement présentée comme suit :

[Caractéristique de conception]
[Aspects + : conséquences souhaitables]
[Aspects – : conséquences non souhaitables]

Des revendications positives ou négatives peuvent être générées à toute étape du processus de SBD : elles décrivent les attributs du produit suivant différents niveaux de granularité. Rosson et Carroll (2002) prennent l'exemple de la conception d'une attraction innovante de type « Fête des Sciences » (voir Tableau 2-10). L'analyse de situations existantes, comme par exemple l'observation de manifestations de ce type dans le monde réel, a permis de formuler des revendications sur un concept de produit/service inédit (une exposition sur une communauté en ligne), puis de définir les concepts d'architecture logicielle et les spécifications détaillées de ce produit.

Caractéristique de la situation	Avantages (+) ou désavantages (-) possibles associés
Etape 1 : analyse des besoins	
Une exposition composée d'objets physiques	+ exploite des capacités existantes de saisie, de déplacement, de construction d'objets dans le monde réel. + encourage l'engagement et l'implication directs des visiteurs - chaque élément consomme un volume donné d'espace physique - certaines pièces peuvent être difficiles à produire ou à copier
Etape 2 : design d'activités	
Les objets exposés seront mis en ligne	+ élimine plusieurs contraintes relatives à l'espace et à la variété de la disposition. + facilite un processus itératif de conception, de construction et d'édition. + simplifie l'accès aux usagers séparés des objets dans l'espace et dans le temps - pourrait mener à un déclin de l'importance des ou de l'intérêt pour les objets physiques - les exposants pourraient tenter de « trop en mettre » ce qui rendrait les expositions très complexes.
Etape 3 : information design	
La fenêtre de visualisation principale de chaque objet	+ dirige l'attention des spectateurs vers la composante choisie + s'appuie sur la structure globale de la fête et de MOOsburg - rend impossible la visualisation simultanée de plusieurs éléments - pourrait mener à un déclin de l'importance des ou de l'intérêt pour les objets physiques

Tableau 2-10 –Analyse de revendications dans le processus de SBD (extraits)

La conception par scénarios est une méthodologie majeure en conception, sur laquelle nous souhaitons appuyer nos travaux. Nous en retiendrons plusieurs points :

– il s'agit d'un **processus d'amélioration continue de la qualité d'usage**. A mesure que l'on avance dans le processus, l'objectif est de parvenir à des propositions pour le produit qui donnent lieu au maximum de revendications positives et au minimum de revendications négatives.

[32] Au vu de notre état de l'art, nous sommes tentés de dépasser cette définition en proposant qu'il s'agit, plus simplement, de problématiques d'usage.

- ces revendications concernent un concept qu'elles contribuent à définir, à préciser, et à matérialiser.
- à la fin du processus, le prototypage et l'évaluation permettent (éventuellement) de vérifier si les revendications sont justifiées, c'est-à-dire si le produit « tient ses promesses » en termes d'usage.

Si la conception par scénarios est tournée vers l'avenir, elle reste en partie dépendante de l'analyse rétrospective. En effet, elle repose sur ce que Rosson et Carroll appellent un « concept racine » (*root concept*). Ce concept décrit la « *vision et à la raison d'être du projet, l'analyse initiale des acteurs du projet, et (…) les postulats de départ qui pourront contraindre ou guider de toute autre manière le processus de développement* » (Rosson et Carroll, 2002). Comme précédemment, on constate que les auteurs décrivent comment affiner un concept existant par l'analyse rétrospective, **mais pas comment imaginer de nouveaux concepts sans faire référence à des besoins et activités qui existent *a priori***. Or comme nous l'avons dit, les premières étapes du processus d'innovation se caractérisent parfois par une grande incertitude à ce niveau.

C'est l'objet de l'analyse prospective des usages que de permettre aux concepteurs d'imaginer des concepts racine et de les affiner avant qu'ils soient validés sur le terrain, en s'appuyant sur des scénarios spéculatifs d'usage.

2.4.2.2.2 Le persona-based design

Une méthode d'inspiration proche au SBD a été proposée par Cooper (1999) sous le nom de **persona-based design**. Elle contourne le risque de représentations trop abstraites des usagers et de leurs activités, en utilisant des descriptions précises d'usagers futurs « archétypiques ». Il devient alors possible (Cooper *et coll.*, 2007, p. 79) :

- de définir des scénarios fondés sur des représentations concrètes et vraisemblables des usagers, pour permettre la communication entre concepteurs ;
- d'évaluer des choix de conception comme on le ferait avec de « vrais » représentants des usagers[33]. Cooper *et coll.* écrivent ainsi : « ceci permet de réaliser des itérations de conception *sur le tableau blanc* de manière rapide et peu onéreuse » (italiques ajoutés par nous).

La Figure 2-23 à la page suivante donne un exemple de persona : Naomi, une usagère fictive d'une bibliothèque municipale, représentée dans la partie supérieure de l'image. Autour d'elle, les concepteurs vont imaginer des scénarios d'usage d'un système actuel ou futur. Pour caractériser les usages de la bibliothèque, les concepteurs détaillent le scénario en y ajoutant d'autres variables.

[33] Ils notent toutefois que « ceci ne dispense pas de tester le produit auprès d'usagers réels ». Comme nous, Cooper *et coll.* soulignent ainsi la puissance générative des personas comme outil de conception, mais notent la nécessité d'une complémentarité entre analyse prospective et rétrospective.

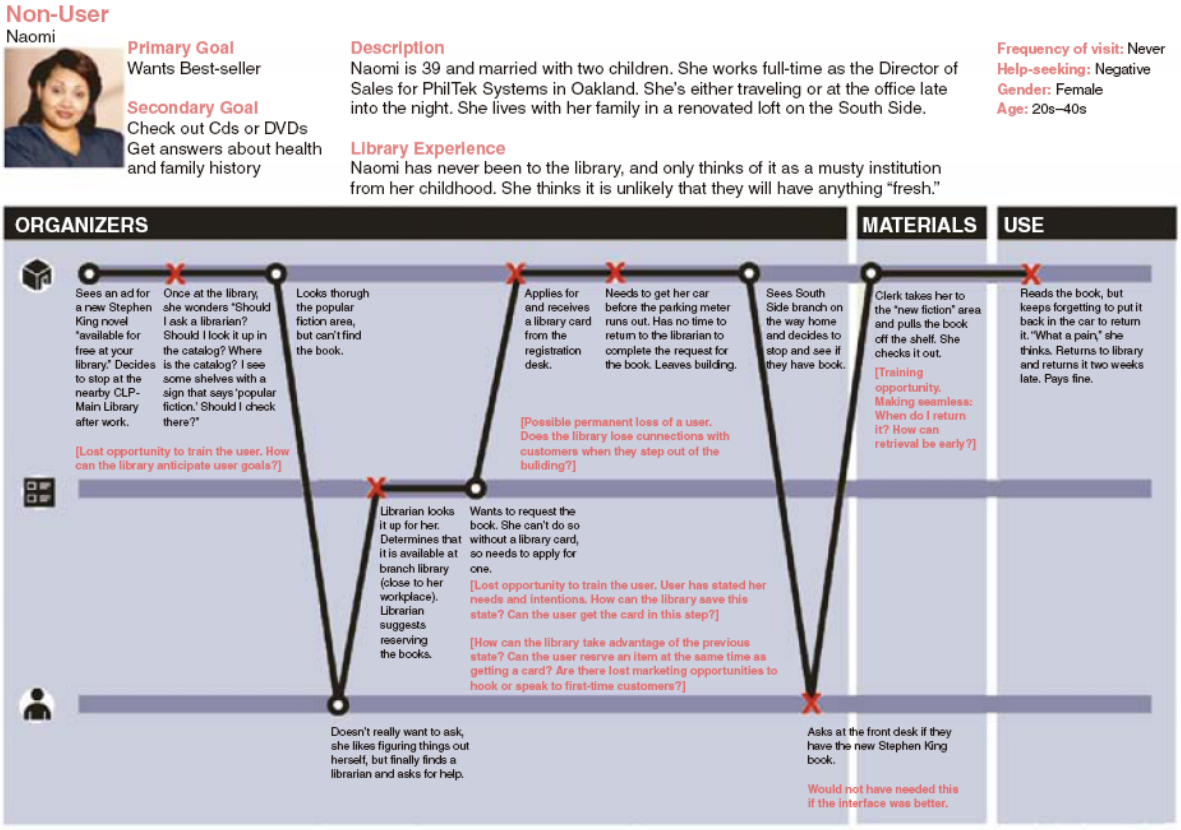


Figure 2-23 - Exemple de persona (d'après Pruitt et Adlin, 2006)

A gauche de la figure, on voit par exemple illustrées trois variables décrivant les éléments organisateurs de l'activité des usagers : les espaces physiques (haut), les systèmes de classement (milieu) et les acteurs humains (bas). Par ailleurs, trois types de situations caractéristiques sont considérés : l'accès à une ressource, la consultation sur place, et l'emprunt pour la lecture chez soi. Les paragraphes écrits en noir représentent les différentes étapes d'un seul grand scénario. Les paragraphes en rouge, des difficultés d'usage manifestes ou potentielles qui permettront d'interroger et de faire évoluer le concept de la bibliothèque.

On peut donc voir qu'une fois le « squelette » du scénario défini, les concepteurs peuvent lui donner une dimension prospective en étoffant son contenu pour décrire une situation d'usage *via* une saynète. Ce scénario spéculatif fait alors l'objet d'un examen minutieux pour identifier les défauts et les opportunités associés à l'usage du système.

De Sá et Carriço (2008) proposent ainsi un modèle plus abouti de la génération de scénarios fondé sur la combinaison de cinq variables :
(1) les lieux et environnements physiques ;
(2) les mouvements et postures associées à l'usage ;
(3) les tâches, activités[34] et distracteurs ;
(4) les dispositifs techniques et contraintes associées à leur usage ;
(5) les usagers et les personas.

[34] On reprendra pour distinguer ces deux termes les définitions proposées par Falzon (2004) : « la tâche, c'est ce qui est à faire, ce qui est prescrit par l'organisation » – ou bien encore scripté par le concepteur dans les objets utilisés par l'usager – tandis que l'activité « est ce qui est fait, ce qui est mis en jeu par le sujet pour effectuer la tâche ». (p. 24)

Cette idée de « donner corps à un squelette » constitué d'un ensemble de variables prenant des valeurs spécifiques – que nous appellerons, avec Daniellou (1992) et Flichy (2003, 2008), le **cadre d'usage** – va guider le reste de notre état de l'art. Quelles méthodes les concepteurs utilisent-ils pour donner substance à des scénarios spéculatifs d'usage ?

2.4.2.3 Du scénario à la description créative d'usages

La constitution de scénarios prospectifs s'appuie aussi sur un processus de génération qui peut faire appel à divers supports et méthodes. C'est l'idée que défendent Sluis-Thiescheffer *et coll.* (2009), qui proposent une typologie fondée sur deux dimensions : l'approche générale des usages (qualitative *vs* quantitative) et la nature des sources de données utilisées (données comportementales ou attitudinales) (Figure 2-24).

Pour ces auteurs, le point commun à toutes ces méthodes est la création de nouveaux contenus, plus particulièrement de contenus décrivant des usages futurs éventuels ainsi que l'expérience utilisateur associée, afin d'orienter des projets d'innovation.

Sans restreindre l'analyse prospective des usages à cette typologie, nous en reconnaissons un intérêt : elle permet de dégager trois grandes classes de méthodes d'analyse prospective, que nous allons ici détailler :
(1) Les méthodes fondées sur le **jeu de rôle**, la mise en scène et l'improvisation ;
(2) Les méthodes fondées sur les **échanges verbaux** lors de réunions de conception ;
(3) Les méthodes fondées sur des **communications sur support graphique**.

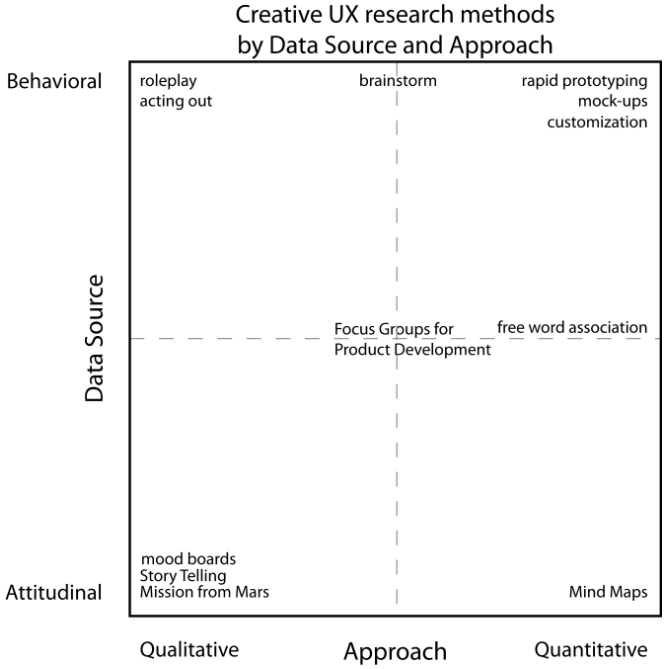


Figure 2-24 -Typologie de méthodes créatives pour l'analyse prospective de l'expérience utilisateur (Sluis-Tiescheffer *et coll.*, 2009)

Ces méthodes d'analyse prospective des usages peuvent être appréhendées avec la même approche que nous avons proposée pour décrire les outils de l'analyse rétrospective (voir Figure 2-17). Quelle est la nature des éléments produits par ces méthodes, et surtout quelle connaissance préalable, quels partis pris, nécessitent-elles d'avoir fait au préalable sur la définition des usages futurs ?

2.4.2.3.1 Les méthodes de jeu de rôles

Pour Newell *et coll*. (2006), malgré leur succès dans de nombreux champs de la conception, les scénarios d'usage ne font que décrire des situations concrètes, sans garantie que ces descriptions soient porteuses de potentiel créatif pour la conception. Par ailleurs, ils ne fournissent que des descriptions étroites et limitées de l'usage, mettant souvent en valeur le concept de produit, parfois envers et contre les connaissances sur l'usage obtenues par analyse rétrospective. L'utilisation de méthodes théâtrales est vue comme un remède à cette faiblesse car elle permet une approche plus réaliste et dynamique des scénarios. Par exemple, on peut « faire jouer » des scénarios préconstruits par des représentants des usagers lors de réunions de Conception Participative (Howard *et coll.*, 2002), ou par des comédiens professionnels, qui fournissent des données d'entrée pour un groupe de discussion. Le jeu peut s'appuyer sur un script ou bien sur l'improvisation. Les méthodes théâtrales ont deux apports distincts :

- En immergeant les concepteurs dans une performance vivante elles permettent de faciliter la discussion sur les usages, et de là sur des produits pouvant assister ces usages.
- le jeu d'acteur offre la possibilité de « remplir les blancs » d'une situation d'usage incomplètement définie pour donner corps à un scénario. Par exemple, l'*experience prototyping* (Buchenau et Fulton Suri, 2000) propose aux membres de l'équipe de conception d'improviser des saynètes à partir d'instructions simples sur une tâche à réaliser (par ex. « achetez-vous un billet aller-retour »), ou sur le contexte d'usage (« il fait froid et il souffle un vent fort »).

Il est possible, avec des méthodes théâtrales, de contribuer à la définition du concept de produit, **mais le jeu d'acteur s'appuie, dans tous les cas, sur des informations préalables concernant a) le contexte d'usage futur et b) le concept de produit à développer**. Il en est de même pour la majorité des méthodes d'improvisation théâtrale pour l'analyse prospective des usages, décrites dans le Tableau 2-11.

Nom (référence)	Principe
Le *Bodystorming* (Oulasvirta *et coll.*, 2003)	Les concepteurs prototypent le produit et reconstituent son environnement d'usage prévu pour y observer des *acteurs jouant le rôle d'usagers* et interagissant avec des accessoires. Ceci permet de répondre à des questions spécifiques pour la conception, mais s'appuie nécessairement sur une analyse (rétrospective) préalable. **C'est l'observation directe du jeu d'acteur qui est décrite comme un moteur de la génération d'idées**[35]. Ces idées sont des concepts de produits innovants, intégrés à des scénarios d'usage prospectifs. Diverses variantes ont été proposées en fonction du degré de ressemblance de l'environnement du bodystorming avec l'environnement d'usage futur. Il est attendu d'environnements proches de celui de l'usage futur qu'ils favorisent la genèse de nouvelles idées par des mécanismes d'association d'idées
L'Informance design (Burns *et coll.*, 1994)	Intervention ponctuelle de *concepteurs en tant qu'acteurs* simulant le comportement d'usagers futurs. L'observation sur le terrain permet de définir des scénarios d'usage d'un produit innovant dont l'idée est générée par brainstorming. Le jeu d'acteur s'appuie toujours sur la production préalable de maquettes et prototypes. Cependant, il s'agit d'une approche plus minimaliste que le bodystorming : l'enjeu n'est pas nécessairement de constituer de nouvelles revendications sur les usages, mais de **valider des idées de produits au stade conceptuel.**

[35] D'où le suffixe –*storming*, qui a le même sens dans l'expression brainstorming, technique que nous aurons l'occasion de décrire en détail dans la partie 3.

Nom (référence)	Principe
La « troupe de discussion » (Sato et Salvador, 1999)	Un groupe de discussion est réuni autour d'une « vignette dramatique » mettant en scène le produit dans un scénario d'usage choisi et joué par des acteurs. La différence avec la méthode du groupe de discussion est que la discussion est structurée par le jeu improvisé des acteurs.
Le theâtre en *play-back* (Mehto *et coll.*, 2006)	Les spectateurs racontent des anecdotes en réponse à des questions posées par un animateur. L'histoire est ensuite rejouée par des acteurs professionnels, qui sont libres d'improviser autour de l'histoire en se concentrant sur certains détails. Les spectateurs peuvent alors générer de nouveaux éléments en observant cette situation avec un regard extérieur.
L'atelier dramaturgique (Mehto *et coll.*, 2006)	Les concepteurs réalisent un large éventail d'activités collaboratives, par exemple des exercices d'échauffement, des groupes de discussion, des exercices d'improvisation
Le forum-théâtre (Mehto *et coll.*, 2006)	Un groupe d'acteurs joue une courte pièce de théâtre présentant une situation défavorable pour un personnage (ex. un besoin inassouvi chez l'usager). Suite à la pièce, les spectateurs discutent de *comment il aurait été possible de modifier* le cours des événements dans un sens qui soit plus favorable au protagoniste. Ils identifient ainsi des points critiques à partir desquels les acteurs peuvent improviser des dénouements alternatifs.
La lecture dramaturgique (Laurel, 2003)	A partir des analyses ethnographiques des usages de produits existants, des acteurs vont reproduire des situations d'usage connues. Cette approche différente est censée rendre plus visibles certains aspects de l'usage. C'est ici la lecture dramaturgique qui doit modifier le point de vue des concepteurs et peut donner lieu *a)* à l'identification de problématiques d'usage inédites et *b)* à la génération de nouveaux scénarios d'usage.
La *design improvisation* (Mehto *et coll.*, 2006)	Ensemble de méthodes où l'improvisation fait systématiquement objet d'une étape d'alloconfrontation (*cf.* point 2.3.1.4.1) afin d'initier une réflexion sur des situations d'usage possibles.

Tableau 2-11 – Quelques méthodes d'improvisation théâtrale utilisées en conception centrée utilisateur

Au vu de ce tableau, on voit qu'il n'est pas nécessaire, pour appliquer une méthode de jeu de rôles, que le concept de produit soit clairement défini (Sato et Salvador, 1999). En revanche, il est toujours nécessaire de définir *a priori* un cadre à l'improvisation, constitué de scénarios d'usage et/ou d'éléments relatifs à l'usage futur : identité des usagers, lieu d'usage, de sorte qu'il soit possible de définir des règles à l'improvisation.

2.4.2.3.2 Les méthodes fondées sur les échanges verbaux

Parmi les méthodes proposées pour développer la prévoyance (*foresight*), c'est-à-dire « la génération d'intelligence sur des futurs possibles, de manière à mettre en évidence des voies souhaitables et non souhaitables » (Selin et Hudson, 2010), d'autres méthodes s'appuient sur les échanges verbaux entre les acteurs du processus de conception. On en cite quelques-unes ci-dessous.

Le groupe de discussion (*focus group*) est constitué d'individus assemblés dans le but d'entretenir une discussion sur un problème spécifique (Bruseberg et McDonagh-Philp, 2002). Leur apport est de permettre une **synergie dans l'expression des points de vue** : les participants (concepteurs, représentants des usagers, etc.) se *nourrissent des apports les uns des autres*. Ceci peut intervenir depuis les phases initiales (générer un concept de produit ou recueillir des données sur les besoins) aux phases terminales de la conception (mettre au point des scénarios d'évaluation ou interpréter les résultats obtenus). L'explicitation des besoins

sert de tremplin pour définir 1) des concepts de produits pour y répondre, et 2) des scénarios décrivant leur usage.

Le focus group est le paradigme fondateur des échanges verbaux en groupe. Mais certains auteurs ont entrepris de le rendre encore plus productif à l'aide d'outils comme le brainstorming ou le brainwriting pour expliciter les besoins. L'exemple le plus notable est la méthode GEM (Boy, 1997) ou *Group Elicitation Method*. Pour Boy, l'apport essentiel de GEM est de structurer la production du groupe en termes d'idées. Il y a à la fois, dans les méthodes verbales, une explicitation des besoins, puis une évolution du concept de produit.

Les méthodes fondées sur des échanges verbaux entre concepteurs et/ou usagers sont couramment exploitées en conception centrée utilisateur. Bien qu'il y ait eu des propositions ponctuelles d'utiliser des outils dédiés pour rendre plus productifs les échanges dans ce cadre (*e.g.* Maguire, 1998 ; Hackos & Redish, 1998), **ces propositions restent bien souvent des suggestions ponctuelles, et n'ont fait l'objet que de peu de travaux de recherche à proprement parler.**

2.4.2.3.3 Les méthodes fondées sur des supports graphiques

Pour apporter une réponse structurée aux besoins prospectifs des usagers, il est nécessaire de synthétiser d'abord l'ensemble des connaissances sur ces derniers – les usagers *et* leurs besoins – ainsi que les connaissances disponibles sur le produit à concevoir. Ceci peut s'appuyer sur divers supports de travail graphiques. Les fiches méthodologiques proposées par le cabinet de design industriel IDEO[36] comportent de nombreux exemples de tels supports *via* lesquels les concepteurs peuvent développer une empathie à l'égard des usagers. Nous avons déjà cité, avec le travail de Vallette (Figure 2-9), un exemple de planches dont l'objectif est d'aider les concepteurs à structurer leur réflexion sur un champ d'usage et à imaginer des usages pour concevoir des produits innovants. Nous avons aussi montré un exemple de cette approche avec le *persona-based design* : les persona sont représentées sous forme de collages destinés à **servir de sources d'inspiration** aux concepteurs, à nourrir leurs représentations de leurs besoins et de leurs activités.

La méthode des sondes culturelles (*cultural probes*) comporte des applications intéressantes de cette approche à la conception participative. Une sonde culturelle est un colis adressé à un usager futur, contenant de nombreux supports graphiques (ex. cartes postales, cartes géographiques[37]) choisis en fonction des objectifs du projet, ainsi que des outils de recueil de données pour l'analyse rétrospective (ex. bloc-notes, caméscope, album photo à remplir). La méthode se distingue par la volonté explicite d'inciter les usagers à fournir des réponses créatives aux questions posées sur les usages. Pour reprendre l'article d'origine (Gaver *et coll.*, 1996), il s'agit d'obtenir « *non pas de l'information, mais de l'inspiration* ». A ce titre, nous considérons cette approche comme une forme particulière d'analyse « semi-prospective » menée dans un contexte de conception participative. Mais malgré l'intérêt de cette approche auprès des communautés de praticiens et de chercheurs, certains auteurs

[36] Impliqué par exemple dans la conception de l'IPod ou du Palm V.

[37] Dans l'article d'origine de Gaver, Dunne et Pacenti (1996), l'analyse visait à évaluer l'attitude de personnes âgées à l'égard de leur environnement.

(Boehner *et coll.*, 2007) notent que les mécanismes par lesquels fonctionnent ces supports d'analyse prospective sont méconnus et doivent faire l'objet de travaux plus fins.

2.4.2.4 Bilan sur les outils d'analyse prospective des usages

L'approche proposée pour définir l'analyse prospective des usages se focalise sur la **génération d'éléments pour alimenter la constitution de scénarios prospectifs d'usage**. Au-delà de la diversité des supports que peuvent utiliser les concepteurs pour échanger sur les usages futurs, on se pose, comme précédemment, la question des données d'entrée nécessaires pour appliquer ces méthodes.

Pour Salovaara et Mannonen (Figure 2-25), le travail de définition d'un concept de produit (*User-Centered Product Concept Design*, ou UCPCD) est précédé d'une phase de recherches sur les usagers (*user research*) à partir du brief design. Ce terme désigne un ensemble de méthodes rétrospectives utilisées pour recueillir des données amont sur les usagers futurs du produit. Cette recherche comporte nécessairement des coûts : il faudra cibler cette recherche vers des pistes *a priori* intéressantes, alors même que celle-ci permet de défricher de nouvelles pistes sous la forme de concepts et cadres d'usage futurs.

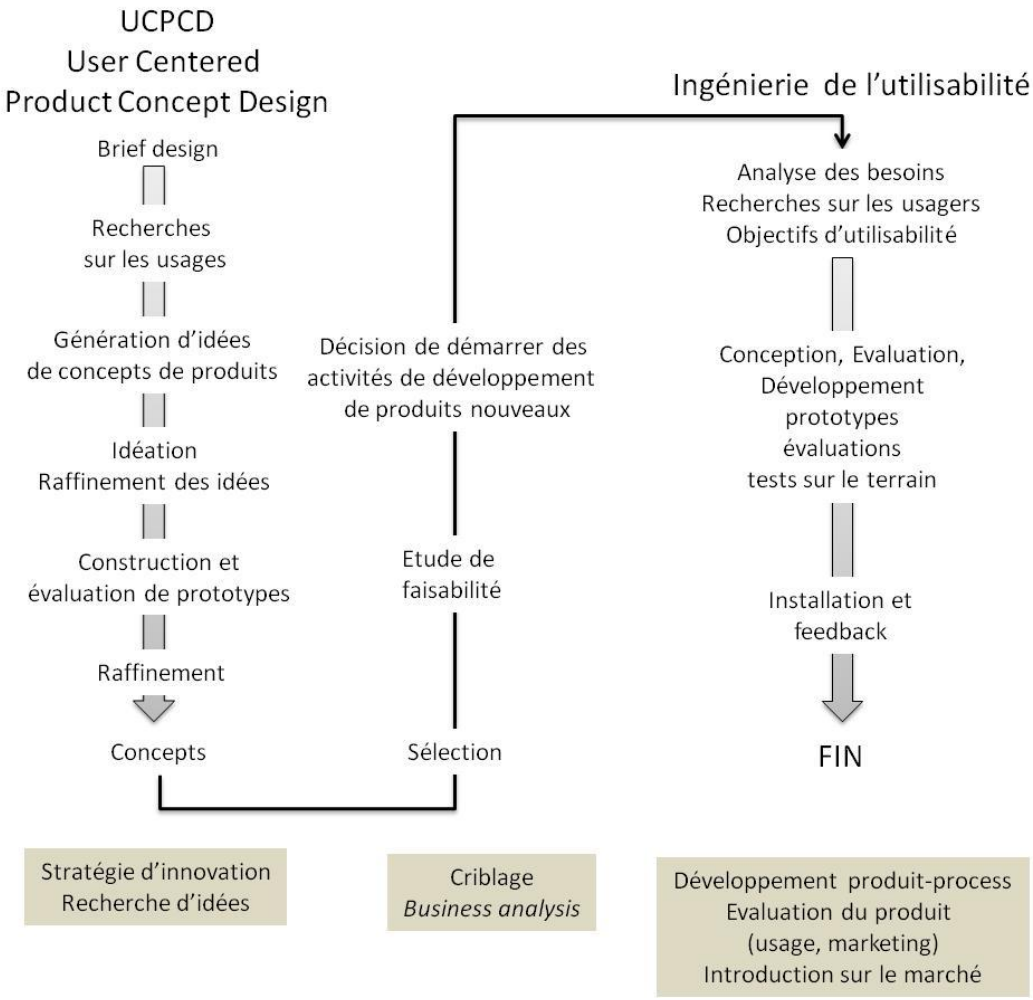


Figure 2-25 - Mise au point d'un concept de produit centré utilisateur (adapté de Salovaara et Mannonen, 2005)

A la différence de l'analyse rétrospective, la définition prospective des usages ne fait pas nécessairement référence à une activité réelle et avérée. Jusqu'à la validation du concept et à la production d'objets intermédiaires « physiques » l'usage n'existe qu'à l'état d'idée.

C'est sur ce constat que nous abordons à présent les limites des méthodes existantes d'analyse rétrospective et prospective des usages dans les projets d'innovation.

2.5 Limites des méthodes existantes de l'analyse des usages

Notre état de l'art des grandes approches, des méthodes et des outils de l'analyse des usages, nous a conduits à distinguer deux approches complémentaires d'analyse des usages : l'analyse prospective et analyse rétrospective. La première permet aux concepteurs d'anticiper les problématiques et opportunités pour la conception, que la seconde permet ensuite de valider.

Si nous insistons sur cette dualité, c'est que nous y voyons un **moyen pour les professionnels de l'analyse des usages de mieux répondre aux exigences de l'innovation centrée sur l'Homme,** en particulier l'optimisation de la qualité d'usage du produit conçu, et l'optimisation des coûts et délais associés au recueil, à l'analyse, et à l'exploitation de données relatives à l'usage. Pour autant, la communauté des chercheurs et praticiens souligne régulièrement plusieurs limites associées à l'arsenal méthodologique actuel de l'analyse des usages, que l'on se situe dans le champ de l'analyse rétrospective ou de l'analyse prospective (Brangier et Bastien, 2006; Lindgaard *et coll.*, 2006; Runonen et Mannonen, 2009).
Nous détaillons ici ces limites afin de cibler notre problématique de recherche. Nous aborderons successivement :

- La nécessité pour l'analyse de s'inscrire dans un processus itératif (partie 2.5.1) ;
- L'incertitude surajoutée associée à l'émergence de nouveaux usages (partie 2.5.2) ;
- Les biais cognitifs et sociaux liés à l'anticipation des usages, par laquelle les usages futurs sont abordés en conception (partie 2.5.3).

2.5.1 La conception itérative est une solution peu optimale pour intégrer des données sur les usages dans le projet de conception

Notre état de l'art a souligné (partie 2.3.2.1) que l'approche de la conception centrée utilisateur était fondée sur la multiplication d'itérations du cycle. Chaque itération donne lieu à la production d'objets intermédiaires aux spécifications de plus en plus précises. C'est la mise en scène de ces objets dans des situations jugées représentatives de l'usage futur qui va permettre de recueillir des données sur l'usage et de faire avancer la conception vers un objet de plus en plus détaillé.

Plus le projet est avancé, plus les connaissances disponibles sur le produit sont précises, mais moins grandes sont les marges de manœuvre décisionnelles (Figure 2-26). Ce constat vaut aussi pour les usages du produit. Les concepteurs sont donc, souvent, piégés entre deux extrêmes :

- attendre d'avoir suffisamment précisé le concept pour le matérialiser sous la forme d'objets intermédiaires physiques, (maquettes, prototypes) mis en scène dans des situations caractéristiques de l'usage futur ;
- choisir un mode d'analyse s'appuyant sur des objets intermédiaires et des situations productibles rapidement et à moindre coût.

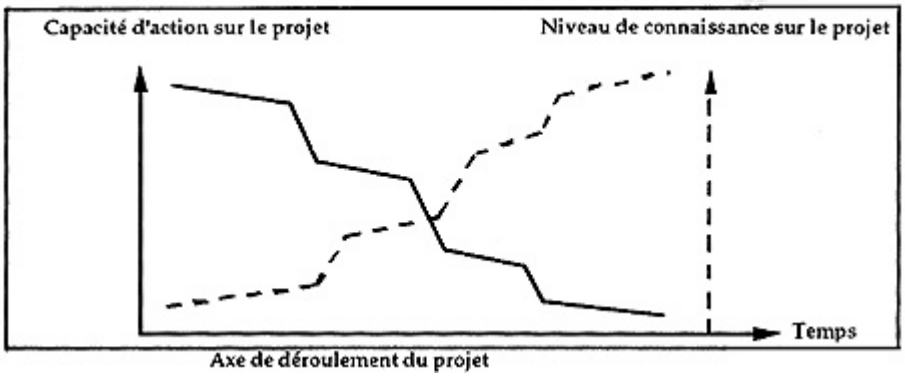


Figure 2-26 – Avancement du projet, accroissement de la précision des choix de conception et réduction de la capacité d'action des concepteurs (Midler, 1993)

La problématique d'optimisation se traduit alors ainsi. Comment s'assurer que le recueil de données soit « rentable », c'est-à-dire produise des résultats pertinents pour la conception dans le plus faible nombre d'itérations possible ? Ceci rappelle le débat du *high vs. low fidelity prototyping*. Rudd, Stern et Isensee (1996) synthétisent les avantages et inconvénients de l'une et l'autre de ces approches (Tableau 2-12).

Type de prototype	Avantages	Inconvénients
Basse fidélité (ex. prototypage papier)	– Faible coût de développement – Possibilité d'évaluer des concepts multiples – Outils utiles à la communication entre acteurs du projet – Outils utiles pour identifier les besoins du marché – Documents de type *proof of concept*	– Peu de possibilités pour repérer des erreurs – Faible puissance pour assister la conception détaillée – Travail guidé par un animateur – Peu utiles une fois que les besoins ont été définis – Peu utiles pour tester l'utilisabilité – Faible interactivité
Fidélité élevée (ex. maquette fonctionnelle)	– Fonctionnalités complètes – Objets intermédiaires très interactifs – Processus orienté par les usagers – Définition claire du schème de navigation – Utilisation à des fins exploratoires et confirmatoires – Accès au *look and feel* du produit final – Illustre de manière vivante les spécifications du produit – Outil pour le marketing et la vente	– Plus coûteux à développer – Plus long à développer – Peu efficace pour prouver la pertinence d'un concept de produit – Peu efficace pour le recueil des besoins

Tableau 2-12 - Avantages et inconvénients des protoypes de basse *vs.* haute fidélité en conception IHM (adapté de Rudd *et coll.*, 1996)

Coyette, Kieffer et Vanderdonckt (2007) soulignent qu'il est très difficile de parvenir, en conception centrée utilisateur, à un résultat bon du premier coup. La pratique en conception IHM a longtemps obéi à une logique de « mono-fidélité » avec le positionnement suivant : la conception itérative est un élément central de la conception centrée utilisateur. Plus elle progresse, et plus les concepteurs s'appuient sur des prototypes à « fidélité élevée». Dans le

cas général, le concepteur commence par produire des prototypes à basse fidélité pour obtenir des données d'usage et faire évoluer le concept vers une définition plus fine. Mais *même la production de prototypes low-fi* nécessite d'avoir, au minimum, débattu de quel prototype il s'agissait, de l'identité des usagers cibles, par exemple. C'est dans cette phase que nous constatons un vide méthodologique.

A l'heure actuelle, ces décisions sont outillées par 1) la recherche exploratoire sur des activités existantes, puis 2) la génération de connaissances sur les usages dans le cadre de la conception itérative. Concernant ce dernier point, le cycle itératif décrit dans la norme ISO 13407 implique d'avoir défini une amorce du contexte d'usage en entrée du cycle, autrement dit d'avoir au moins partiellement défini les usagers et le concept de produit. Chaque itération du cycle permet alors de générer des connaissances de plus en plus précises sur l'usage et des revendications de plus en plus fines sur le produit.

Le manque d'outils pour aider les concepteurs à définir les produits et les usages futurs dans les phases idéatives du processus entraîne deux symptômes sur le plan de la pratique de l'analyse des usages dans les projets d'innovation (Kankainen, 2003) :

(1) L'idée que les experts du domaine (et notamment les ergonomes) sont peu à même de contribuer aux phases idéatives du processus ;
(2) La perception de ces acteurs métier comme des « inspecteurs des travaux finis ». Toute remise en question du concept de produit par l'analyse des usages revient en quelque sorte à un constat d'échec. Elle entraînera des coûts, sans que l'analyse permette facilement d'élargir la réflexion à d'autres concepts plus intéressants. L'analyse des usages sert donc, *in fine,* surtout à ajuster la conception détaillée du produit par incrémentations.

La première limite majeure des méthodes d'analyse des usages vient donc du fait que pour générer des connaissances sur les usages, il faut engager la conception dans une voie donnée, en figeant certains éléments du travail de conception : notamment l'identité des usagers et le concept de produit. Il devient alors difficile de remettre en question un concept figé sans augmenter les coûts financiers et temporels de l'analyse au travers d'itérations surajoutées.

Cette limite de la conception itérative est à l'origine par exemple du développement de méthodologies *agile* en conception centrée utilisateur (Sy, 2007), mais aussi d'un discours centré sur le nécessaire développement d'une anticipation des opportunités et problématiques d'usage **avant la validation d'un concept** de produit.

2.5.2 Les usages émergents : un objet ambigu pour la conception innovante

Notre état de l'art nous a permis d'envisager l'usage non comme une simple interaction du produit avec l'usager, mais d'abord comme une **construction résultant du travail des concepteurs**. L'anticipation des usages futurs permet alors de discerner, dans les phases amont du processus d'innovation, des sources de valeur d'usage pour orienter la conception vers tel ou tel concept.

La question des usages émergents ou détournés a été étudiée par différentes disciplines telles que la sociologie (Certeau, 1984 ; Proulx, 2002, 2005), l'ergonomie (Rabardel, 1995 ; Clot et Gori, 2003) ou le design (Fulton Suri et IDEO, 2005 ; Brandes *et coll.* 2009 ; Brandes & Erlhoff, 2009). Toutefois, ces sources de valeur d'usage restent virtuelles jusqu'à ce que le produit soit matérialisé et lancé sur le marché. Pour nous, il existe une **scission fondamentale, dans le cycle de vie du produit**, entre les phases de conception et d'usage (Figure 2-27). En effet, ce n'est plus le concepteur, mais l'usager qui sera moteur dans le fait que le produit trouve, sur le terrain, des modes d'existence nouveaux, qui marquent l'innovation en même temps qu'ils la favorisent. De nombreuses méthodes d'analyse rétrospective, décrites dans notre état de l'art (ex. analyse des usages à distance, ethnographie pour l'analyse des besoins, etc.) visent justement à générer des connaissances sur les usages émergents du produit « dans le monde réel ».

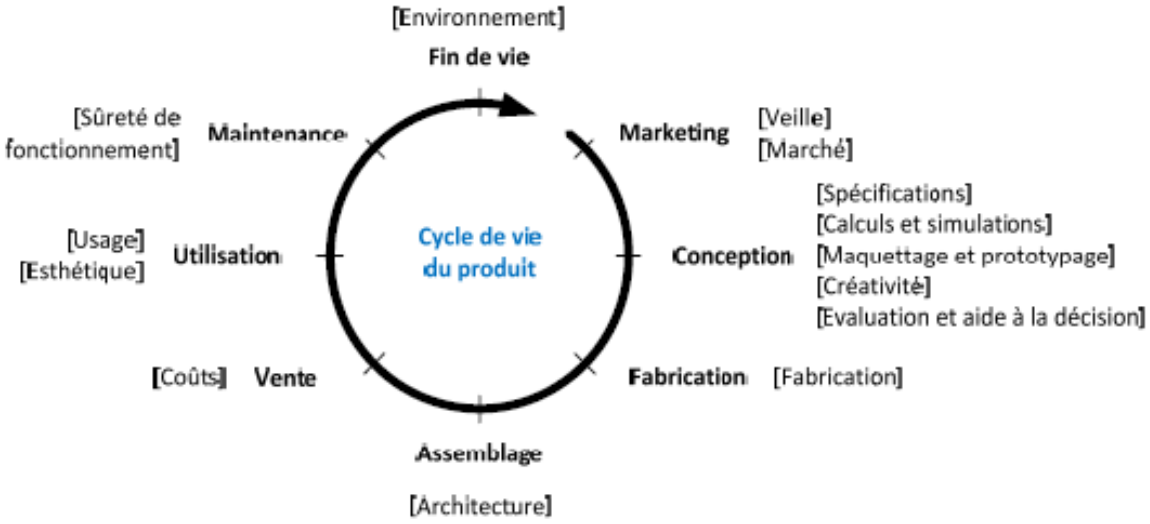


Figure 2-27 – Cycle de vie du produit (d'après Lahonde, 2010)

Quel statut donner à ces usages émergents ? Béguin (2007b) souligne qu'il existe différentes manières de les intégrer dans à la conception d'un artefact. Il en décrit trois principales :

- La cristallisation, reposant sur la modélisation de l'usager et de son activité pour guider la conception ;
- La plasticité, reposant sur la prise en compte de la variabilité de l'activité réelle par rapport à ce modèle ;
- Le développement, visant à favoriser les évolutions d'usage dans le sens d'une résolution des contradictions de l'activité.

Donner une importance accrue à l'anticipation des usages dans les phases amont, c'est miser avant tout sur une stratégie de cristallisation − tout en admettant qu'une anticipation exhaustive des usages est impossible (Daniellou, 2004; Mallard, 2005). Si l'on considère cependant que l'usage est le fruit du travail du concepteur en même temps que de la rencontre du produit avec l'usager, les usages émergents ont un statut ambivalent pour la conception. Tout dépendra de s'ils donnent lieu à **des situations que les acteurs du processus considèrent comme souhaitables ou non souhaitables** (Nelson *et coll.*, 2009a, 2009b).

Akrich (1998) a donné plusieurs exemples de ce que l'on peut considérer comme des usages émergents souhaitables – c'est-à-dire qui entraînent la genèse de nouveaux modes d'existence du produit, sources de valeur d'usage ajoutée. (Tableau 2-13).

Type d'intervention	Définition	Exemple cité dans l'article
Déplacement	Modifier le spectre des usages prévus sans annihiler ce en vue de quoi il a été conçu	Usage d'un sèche-cheveux pour attiser des braises
Adaptation	Introduire des modifications qui permettent d'ajuster le dispositif aux caractéristiques de l'usager sans toucher à sa fonction première	Allonger les câbles d'un kit d'éclairage intérieur pour un usage en extérieur
Extension	Conserver la forme et les usages de départ mais ajouter des éléments pour étendre ses fonctions	Diffusion entre plusieurs commissariats de plugins pour un logiciel de main-courante
Détournement	Utiliser l'objet pour un usage sans aucun rapport avec l'usage prévu. Pas de possibilité de retour en arrière	Récupération d'objets usages

Tableau 2-13 – Typologie des interventions des usagers dans le processus d'innovation par l'usage (Akrich, 1998)

Ces nouveaux modes d'existence du produit peuvent être des sources d'inspiration pour de nouveaux concepts. C'est en tout cas une manière de comprendre le constat que Fulton Suri fait sur les « actes inconsidérés » (*Thoughtless acts* : Fulton Suri et IDEO, 2005) : ces actes constituent des tentatives – plus ou moins heureuses – de répondre à un besoin inassouvi (ex. Figure 2-28). Lorsque l'usager dispose à la fois d'une connaissance pointue des besoins et d'un savoir-faire technique pour y formuler lui-même des réponses, il y a un potentiel pour l'innovation (Von Hippel, 1988). Mais la plupart du temps, l'usager ne dispose pas d'un tel savoir-faire, et ces détournements prennent un caractère de fortune et exceptionnel. Nous pensons que ces situations, si elles ne sont pas anticipées par l'analyse prospective ou dépistées par la rétrospective, correspondent à **des occasions manquées pour l'innovation.**

Figure 2-28 – A gauche : exemple d'usage détourné révélateur d'un besoin fonctionnel. A droite : exemple d'usage détourné manifestant une démarche créatrice chez l'usager.

Fondamentalement, on note toutefois que sortir des modes d'existences prévus du produit comporte des risques aussi bien que des bénéfices éventuels. C'est ce que montre Amalberti (2001) dans le domaine des systèmes industriels ultra-sûrs[38]. L'usage de systèmes de ce type est cadré par un nombre important de procédures définissant un espace de sécurité, mais celles-ci sont régulièrement enfreintes pour répondre aux exigences de l'usage. (Figure 2-29).

[38] Il s'agit de systèmes industriels où la fréquence des accidents est très faible ($<10^{-6}$, c'est-à-dire un accident par million d'événements sécurité). Les systèmes concernés sont, par exemple, les centrales nucléaires ou destinés au transport de voyageurs en grand nombre (aéronautique, ferroviaire).

De ce point de vue, l'usager du système peut donc être à la fois un facteur de danger et de fiabilité (Faverge, 1970).

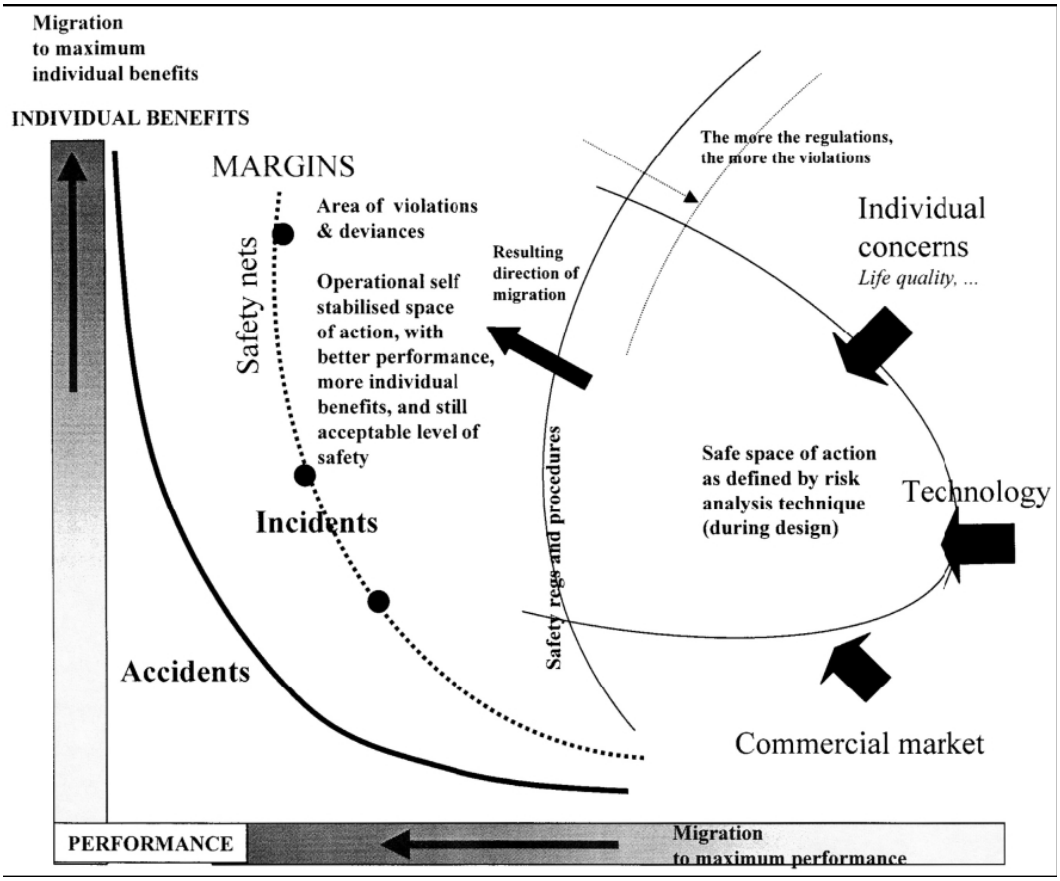


Figure 2-29 - Les pièges d'une régulation excessive (Amalberti, 2001)

Ainsi, la seconde limite mise en évidence par notre état de l'art est que, le fait que la conception se focalise très vite sur un concept de produit à développer et sur une définition rigide des usages futurs, entraîne **une difficulté à anticiper les usages détournés du produit dès les phases initiales du processus**. Les concepteurs sont constamment en situation de devoir imaginer de nouveaux modes d'usage des produits qu'ils développent, à la fois pour générer de nouveaux concepts de produits, et pour consolider les concepts existants. **Il importe de développer la capacité des concepteurs à anticiper les usages émergents d'un produit dès les étapes initiales du processus de conception innovante**.

2.5.3 Le paradoxe de l'ergonomie de conception, une notion plus que jamais actuelle

Notre état de l'art, au final, nous incite à répondre aux exigences de l'innovation produit en développant l'analyse prospective des usages dans les phases initiales du processus, pour permettre au concepteur de mieux anticiper les opportunités et les dangers associés à un concept de produit, en termes d'usage.

En mentionnant, en introduction de ce document, le paradoxe de l'ergonomie de conception (Theureau et Pinsky, 1984), nous avons souligné que toute analyse de l'activité, en s'intéressant à des usages existants, se heurte aux limites de l'extrapolation des usages vers l'avenir. Nous avons récemment défendu l'idée que ce paradoxe était exacerbé dans les situations d'innovation : il ne s'agit pas seulement d'extrapoler les usages futurs à partir d'une situation existante qui serait modifiée, mais de définir les usages à partir d'un concept de produit non encore matérialisé (Nelson *et coll.*, 2010). On se pose alors, plus que jamais, la question posée par Daniellou (2005)[39] : **jusqu'où peut-on prévoir l'activité future ?** Comme Daniellou (1992), nous écartons l'idée de *prédire* les usages, et souhaitons à l'inverse aider le concepteur à les *prévoir*. Il n'est pas question d'assigner à tel ou tel scénario une probabilité d'occurrence. Notre objectif est simplement de sensibiliser l'équipe projet à des usages futurs possibles, pour aider la prise de décision en conception.

Notre état de l'art sur la conception par scénarios a montré que **cette sensibilisation des acteurs du processus reposait sur la formulation de revendications positives et négatives sur les usages**. Tant que ces revendications ne peuvent être étayées par des données de terrain, elles reposent uniquement sur les représentations des concepteurs. Dans les phases amont du processus d'innovation, l'usage n'existe qu'à l'état d'idée, idée que le concepteur devra défendre pour qu'elle puisse éventuellement se concrétiser. Ceci nous incite à nous interroger sur les limites de l'anticipation des usages. Celle-ci court notamment, pour nous, le risque majeur de se fonder sur une vision trop simplifiée de l'avenir (MacKay et McKiernan, 2004) que ces auteurs nomment biais de prévision (*foresight bias*). Pour eux, ce phénomène résulte de la conjonction de deux biais : le biais de rétrospection, et le déterminisme pernicieux d'autre part. Nous donnons la définition de ces deux biais dans le Tableau 2-14 ci-dessous.

Biais (références)	Définition
Biais de rétrospection *Hindsight bias* (Fischhoff, 1975; Hawkins et Hastie, 1990)	Surestimation de la fréquence de survenue d'un événement après en avoir fait l'expérience.
Déterminisme pernicieux *Creeping determinism* (Fischhoff, 1975)	Gravitation vers des explications rationnelles d'événements passés et idée que cette interprétation constitue la seule explication possible et valable
Biais de prévision *foresight bias* (MacKay et McKiernan, 2004)	Confiance exagérée dans ses certitudes vis-à-vis du passé. Dépendance exagérée envers des schémas et voies d'interprétation déjà empruntés. Ce biais résulte de l'interaction du biais de rétrospection et du déterminisme pernicieux.

Tableau 2-14 – Définition du biais de prévision et de ses composantes (d'après MacKay et McKiernan, 2004)

En considérant la définition des usages dans les étapes initiales du processus comme un échange d'idées, on peut aussi se poser la question des facteurs sociaux qui gouvernent cet échange. Pour de Dreu *et coll.* (2008), par exemple, la motivation joue un rôle important dans le traitement d'informations et la prise de décisions en groupe. Ces auteurs distinguent deux types de motivation, orthogonaux :

[39] Rappelons que cet auteur s'est toujours inscrit dans le champ de l'intervention ergonomique pour la conception de systèmes de travail (Daniellou, 1992, 2004). Toutefois, son approche de l'intervention ergonomique s'applique, pour nous, tout à fait à la conception de produits innovants.

- la motivation *épistémique*, qui désigne « la volonté de dépenser des efforts pour atteindre une compréhension profonde, riche et précise du monde », et
- la motivation *sociale* qui renvoie « aux préférences relatives à la répartition des issues entre soi-même et des tiers »[40] (p. 23, traduction libre).

Le Tableau 2-15, issu de la synthèse de la littérature réalisée par ces auteurs, liste plusieurs facteurs encourageant et diminuant la motivation au partage des idées. Ainsi, par exemple, un groupe tolérant l'expression de points de vue minoritaires forts, produira des réponses plus nombreuses qu'un groupe gouverné de manière très dirigiste, où l'on pourra observer des phénomènes d'autocensure chez les participants. Or, dans l'analyse prospective, on insistera sur le fait qu'une production d'idées plus nombreuses et variées donne lieu à un produit mieux conçu, car couvrant un plus grand espace de variabilité de l'activité des usagers futurs (au sens de Daniellou, 2004).

	Motivation épistémique	**Motivation sociale**
Facteurs individuels	Besoin de dépenser des ressources cognitives (+) Besoin cognitif de clôturer la tâche (-) Ouverture vers l'expérience (+)	Valeurs orientées dans une direction prosociale (+) Disposition à faire confiance aux tiers (+) Culture collective (+)
Facteurs situationnels	Responsabilité engagée dans les résultats du processus (+) Pression temporelle / urgence des décisions (-) Prépondérance des relations de pouvoir (-) Bruit environnemental (-) Menace extérieure (-) Diversité des préférences (+) Minorités fortes (+) Gouvernance autocratique (-)	Système récompensant la coopération (+) Instructions d'un tiers engageant à coopérer (+) Normes et climat prosociaux (+) Identité collective du groupe (+) Anticipation d'interactions futures (+) Coopérations passées (+)

Tableau 2-15 – Facteurs encourageant (+) et nuisant (-) à la motivation épistémique et la motivation sociale à l'expression et au partage des idées dans un groupe (de Dreu *et coll.*, 2008)

Enfin, Das et Teng (1999) abordent le problème de la communication sous l'angle de la prise de décisions stratégiques. Ce problème, rappelons-le, est crucial pour l'analyse prospective des usages puisque la réflexion sur les usages futurs du produit doit permettre d'assister la prise de décision dans les étapes amont du projet de conception. Pour ces auteurs, la simplification abusive du réel – causée, donc, par un environnement sociocognitif peu propice – peut avoir des conséquences diverses, synthétisées dans le Tableau 2-16 ci-dessous et qui vont concourir à réduire le potentiel d'innovation d'un projet.

Biais	**Description**

[40] En d'autres termes, une motivation individualiste ou égalitaire/altruiste, que de Dreu *et coll*. appellent, respectivement, *proself* et *prosocial*.

Biais	Description
Hypothèses préalables et focus sur des cibles limitées	Les acteurs de la prise de décision sont influencés par des croyances et des hypothèses préexistantes. Il en résulte une cristallisation de l'attention sur des objectifs très spécifiques et personnels plutôt que des orientations générales
Exposition à des alternatives limitées	Dans la mesure où toute prise de décision s'appuie sur des informations incomplètes, les décideurs se focalisent sur un petit nombre de réponses alternatives, parfois s'appuyant sur leur intuition subjective en supplément d'une analyse rationnelle.
insensibilité aux probabilités des différentes issues	Les acteurs de la prise de décision s'appuient rarement sur des estimations de probabilité que tel ou tel événement survienne. La décision s'appuie plus souvent sur un petit nombre de données parlantes.
Illusion de la « manageabilité »	Les décideurs surestiment la probabilité de succès d'une action visant à contrôler un phénomène et, plus généralement, surestiment leur capacité à contrôler ce phénomène.

Tableau 2-16 – Sources de biais cognitifs pour la prise de décision stratégique (Das et Teng, 1999)

Pour nous, les biais illustrés ci-dessus font qu'il devient nécessaire, pour tirer parti de l'analyse des usages, **d'organiser les scénarios spéculatifs produits** dans les étapes initiales du processus d'innovation, ainsi que les revendications qui en découlent pour la conception du produit.

Un troisième point mis en évidence par notre état de l'art est donc que **l'anticipation des usages est soumise à plusieurs biais sociocognitifs**. Ces biais ont pour effet de donner au concepteur une image trop simpliste des usages futurs, qui s'appuie sur une base de connaissances de taille limitée (1). D'autre part, l'environnement social n'incite pas le concepteur à exploiter pleinement cette base de connaissances (2). Enfin, quand bien même il serait possible d'exploiter pleinement cette base de connaissances, se pose la question de comment organiser cette production de scénarios pour outiller la conception (3).

2.6 Conclusion

En conclusion, rappelons que notre état de l'art nous permet de retenir cinq points sur les méthodes et outils actuels de l'analyse des usages, points sur lesquels s'appuiera notre contribution méthodologique :

(1) Ces méthodes contraignent le concepteur à figer rapidement le concept de produit ;
(2) Il existe un besoin de développer la capacité des concepteurs à anticiper les usages futurs dès les phases initiales du processus d'innovation.
(3) Les concepteurs s'appuient sur une base de connaissances de taille limitée ;
(4) Le raisonnement anticipatoire est soumis à des biais sociaux et cognitifs importants, donnant lieu à des représentations simplistes des usages futurs ;
(5) Les revendications des concepteurs doivent être organisées pour pouvoir orienter efficacement la conception innovante.

Dans le chapitre suivant, nous reprenons ces conclusions pour décrire notre problématique et nos hypothèses de recherche.

3 PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

3.1 Introduction

Notre l'état de l'art nous a permis d'identifier certaines lacunes méthodologiques dans la boîte à outils actuelle de l'analyse des usages (*cf.* partie 2.5). Les limites de l'analyse des usages dans le contexte spécifique de projets d'innovation sont à l'origine d'un besoin de développer des outils pour l'analyse prospective des usages. L'analyse prospective vise à permettre aux concepteurs de mener une exploration préliminaire des usages futurs possibles dans les phases amont du processus d'innovation, *i.e.* la génération et la validation d'un concept de produit. L'objectif est de mieux **structurer** l'innovation en **anticipant** des problématiques et opportunités d'usage spécifiques associées à un concept. Toutefois, si la boîte à outils méthodologique de l'analyse rétrospective est très riche, celle de l'analyse prospective apparaît, à la suite de notre état de l'art, beaucoup moins fournie. Quels outils intégrer ? Comment les associer entre eux ?

Nous avons identifié plusieurs freins au raisonnement des concepteurs pour la prise en compte des usages futurs dans les projets d'innovation, dont nous rappelons les principaux ici :

(1) Dans les phases initiales du processus de conception, il est souvent nécessaire de réaliser des recherches sur les usagers. Ceci implique d'avoir stabilisé le concept de produit et, dans une certaine mesure, son usage. Le concept de produit est donc « figé » très tôt dans le processus, et peut difficilement être remis en question sans surcoût.
(2) En construisant des scénarios d'usage futurs, les concepteurs sont tributaires de leurs représentations existantes de l'usage, et s'appuient sur une base de connaissances de taille limitée ;
(3) La dépendance du raisonnement envers l'expérience personnelle entraîne plusieurs biais cognitifs et sociaux qui contribuent à restreindre le champ des usages possibles explorés;
(4) Au niveau décisionnel, le traitement des idées nécessite des ressources cognitives importantes afin de voir lesquelles peuvent donner lieu à des produits intéressants. Les idées produites doivent donc être priorisées ;

Rappelons notre objectif : **proposer une méthode pour outiller l'analyse prospective des usages qui permette aux concepteurs de dépasser ces quatre grandes limites** des méthodes existantes.

Le Tableau 3-1 associe à ces quatre limites les apports pressentis d'un ensemble de paradigmes susceptibles de les dépasser. L'efficacité de ces méthodes sera évaluée dans nos expérimentations.

Limite de l'analyse prospective des usages	**Apports pressentis des outils TRIZ**	**Apports pressentis des outils CPS**	**Apports pressentis des outils fiabilistes**
Concept de produit figé	Elargissement du champ d'étude par analogies avec des produits existants	Créativité sur le brief design → idées farfelues → évolutions du concept de produit	
Base de connaissances de taille limitée	*Elargissement du champ* par exploration de problèmes analogues	*Elargissement du champ* par multiplication des points de vue et par association d'idées	
Biais cognitifs et sociaux	Recherche de solutions combinant plusieurs niveaux d'analyse et une analyse sur plusieurs produits	Insistance sur la quantité des idées produites, la production d'idées extravagantes, le report de jugement et la combinaison des idées	
Focus sur des idées limitées, besoin d'organiser la production	Règles d'évaluation de l'inventivité des solutions produites	**Besoin d'outils supplémentaires** ⇨	Raisonnement par abstraction et priorisation des idées

Tableau 3-1-Justification du choix des trois champs méthodologiques explorés

Ce chapitre présente la formalisation de notre problématique de recherche et de nos hypothèses. Nous présenterons d'abord (partie 3.2) notre problématique, puis successivement nos trois hypothèses de recherche, qui proposent d'intégrer à notre démarche d'analyse prospective, les outils de TRIZ (partie 3.3), du *Creative Problem Solving* (partie 3.4) et de l'ingénierie de la fiabilité (partie 3.5).

3.2 Formulation de la problématique de recherche

Notre problématique repose avant tout sur le constat que, pour être utile à la conception, **l'analyse des usages doit intégrer la variabilité de l'activité humaine**. Ce constat est très présent dans la littérature en ergonomie (Daniellou, 2004), particulièrement dans le champ de la conception de produits (Dejean et Naël, 2004; Valentin *et coll.*, 2010a). Cependant il acquiert une autre signification dans le champ de l'ergonomie prospective (Robert et Brangier, 2009; Brangier et Robert, 2010). **Le concepteur doit devenir force de proposition sur les usages futurs dans les phases initiales** du processus d'innovation. En confrontant un concept de produit à des scénarios d'usage futur possibles, le concepteur peut valider, rejeter, ou faire évoluer ce concept. A ce stade, l'usage n'est pas concret car le concept n'est pas suffisamment précis pour permettre la fabrication d'objets intermédiaires de la conception. L'innovation centrée sur l'Homme se caractérise donc, dans les phases initiales du processus, par un passage de la génération de données sur les usages à la **génération de propositions sur les usages**. Dans l'annexe 2.1, nous formalisons cet argument en faisant appel à la théorie C-K de la conception (Hatchuel et Weil, 2002) que nous présentons. Cet argumentaire figure en annexe pour deux raisons. Premièrement, nous avons souhaité alléger la structure du texte pour en faciliter la compréhension par le lecteur. Deuxièmement, la théorie C-K n'est pas au cœur de notre problématique : elle permet simplement d'illustrer le positionnement de notre

travail. Ainsi, si l'on considère, comme le fait la théorie C-K, que toute l'analyse des usages vise à développer les connaissances (ici, sur le produit et ses usages possibles) pour orienter l'expansion d'un concept de produit, alors on peut tirer les conclusions suivantes :

(1) **L'ergonomie corrective n'a pas pour seul objectif de corriger des défauts d'usage**. De manière plus générale, elle vise à générer de la valeur d'usage en conception. Il peut simplement s'agir de faire évoluer un concept pour tirer davantage parti de ses avantages en termes d'usage, par ex. concevoir une expérience utilisateur encore plus positive.

(2) **Il n'est pas nécessaire de s'appuyer sur l'étude de situations d'activités réelles** pour faire avancer la conception**.** On peut, plus simplement, s'appuyer sur des propositions que le concepteur fait sur les usages futurs. Pour nous, ces propositions correspondent aux revendications générées au fil du *Scenario-Based Design*, sur les avantages et inconvénients d'un concept en termes d'usage (*cf.* partie 2.4.2.2).

Notre problématique de recherche devient donc :

*Comment, pour outiller **l'analyse des usages** de manière plus adaptée aux caractéristiques de la conception innovante, permettre aux concepteurs **d'anticiper les problématiques et potentialités d'usage d'un produit,** c'est-à-dire **de générer et d'organiser des propositions sur l'usage futur du produit, avant la validation d'un concept** ?*

(3) **La définition des usages peut s'appuyer sur une démarche créative**. L'expansion des concepts C − de produits, mais aussi de tout autre objet de conception − s'appuie sur un processus créatif alternant la divergence (production d'idées) et la convergence (sélection d'idées) comme le montre la Figure 3-1 ci-dessous. Si l'on considère, avec Marlier (2007) que les produits et les usages sont co-conçus, alors il est possible d'utiliser un schéma analogue pour générer des propositions sur l'usage futur d'un produit nouveau.

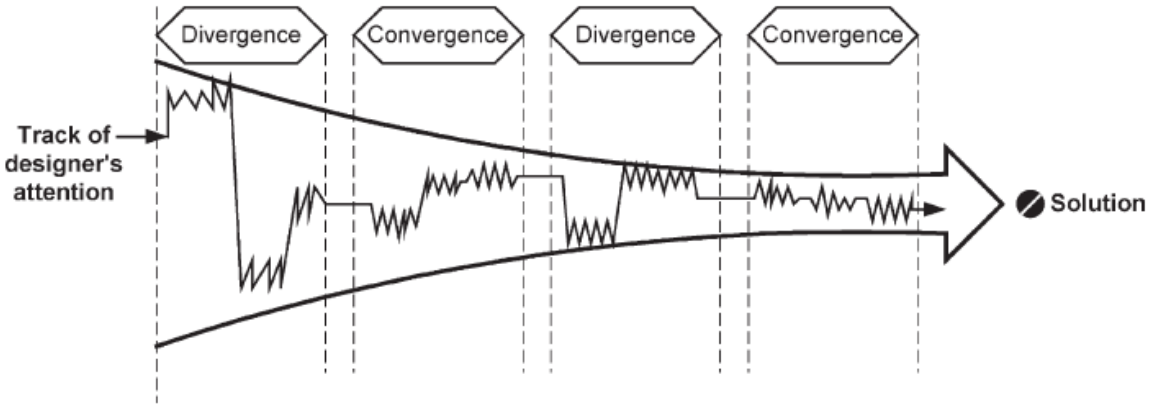


Figure 3-1 - Modèle de l'activité de conception, d'après Cross (2000)

(4) Les propositions sur l'usage peuvent aussi être générées par l'analyse rétrospective : **les deux modes de production de connaissance sont complémentaires** (Brangier et Robert, 2010).

Notre démarche intègre donc la définition des usages dans la phase idéative du processus d'innovation, en s'appuyant sur des séances d'analyse prospective des usages réalisées à partir du brief design. Se pose la question de quelles méthodes et quels outils utiliser lors de ces séances d'analyse prospective des usages. Les hypothèses que nous proposons sont les suivantes :

H1. Les biais sociocognitifs de l'anticipation des usages peuvent être levés par l'utilisation de **méthodes de créativité**.
Plusieurs outils, comme nous l'avons dit, ont été testés pour opérationnaliser cette hypothèse théorique :
H1A. Dans le champ de TRIZ, l'analyse multi-écrans.
H1B. Dans le champ du CPS, l'association d'une méthode de divergence, le brainwriting, et d'une méthode de convergence, la matrice de découvertes.

H2. La prise de décision associée à l'analyse prospective des usages peut être guidée par les outils de la **fiabilité industrielle.**

La démarche que nous proposons pour assister l'analyse prospective des usages dans les phases initiales du processus d'innovation est illustrée à la Figure 3-2.

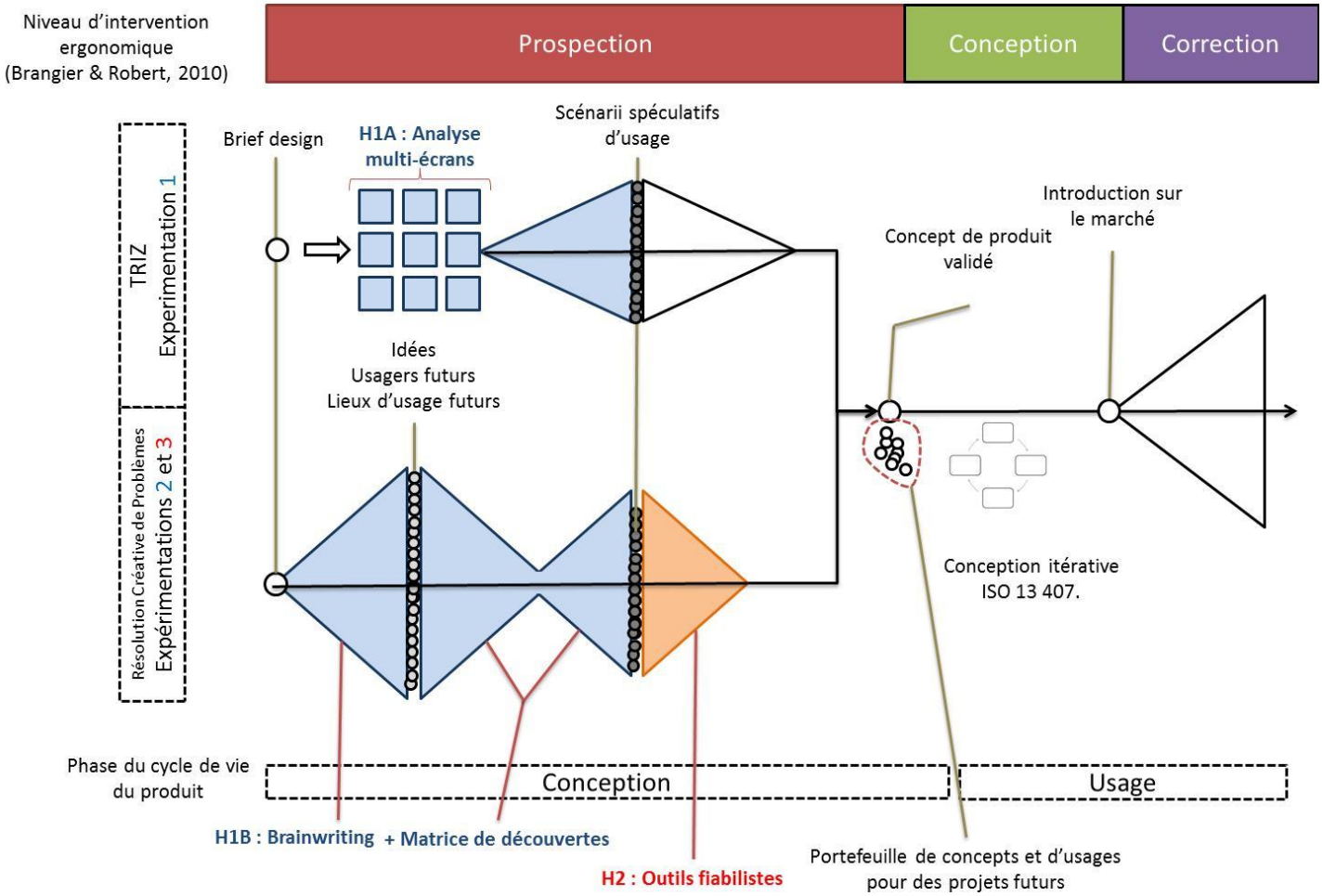


Figure 3-2 - Structure de la méthode proposée pour l'analyse prospective des usages et hypothèses sous-jacentes.

Quels outils proposer pour assister le raisonnement créatif du concepteur ? Cavalucci (1999) nous donne une grille de lecture, illustrée à la Figure 3-3. Dans la suite de ce chapitre, nous examinerons successivement les apports possibles, à l'analyse prospective des usages :

- de deux paradigmes de la créativité, TRIZ (colonne de gauche) et le CPS (colonne de droite) (parties 3.3 et 3.4) ;
- de l'ingénierie de la fiabilité (partie 3.5).

Comme pour la théorie C-K qui nous a permis de formuler plus précisément notre problématique, les aspects théoriques relatifs à ces trois paradigmes figurent dans l'annexe 2. Dans ce chapitre, nous allons décrire comment ces paradigmes ont été concrètement mobilisés dans notre démarche, et en particulier quelles méthodes, quels outils ont été choisis pour l'analyse prospective des usages.

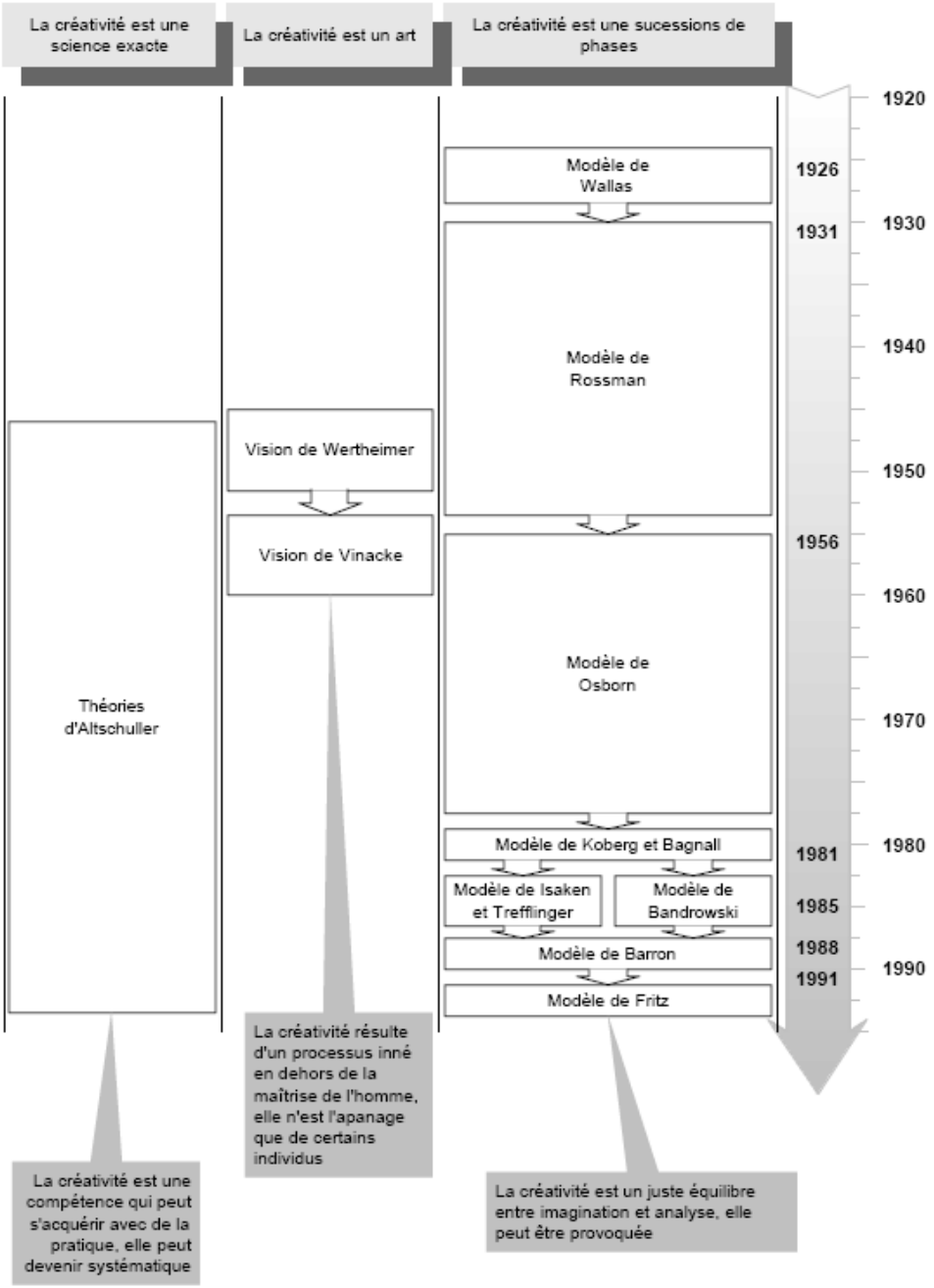


Figure 3-3 – Différentes visions de la créativité (Cavallucci, 1999)

3.3 Hypothèse H1A : TRIZ comme paradigme pour lever l'inertie psychologique

TRIZ est une théorie systématique de la conception développée en premier par Altshuller (1984) pour contourner les biais de raisonnement du concepteur dans la résolution de problèmes d'innovation. Le terme est un acronyme de *Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch* dont la traduction du russe est « Théorie de Résolution des Problèmes Inventifs ».

L'inertie psychologique (Altshuller, 1984; Savransky, 2000; Samuel et Jablokow, 2010) est un terme qui synthétise un ensemble de biais présents chez le concepteur et dépendant de son terrain psychologique propre (Annexe 2.3). L'apport des méthodes TRIZ est dans leur capacité à permettre au concepteur de surmonter cette inertie psychologique dans leur travail. Sans être explicitement liée au biais de rétrospection mentionné par MacKay et McKiernan (*cf.* partie 2.5.3), l'inertie psychologique traduit le même constat: si le concepteur n'arrive pas à envisager de nouveaux possibles, c'est qu'il s'appuie trop sur son expérience et ses connaissances personnelles. Pour dépasser l'inertie psychologique, Altshuller (1984) propose les principes généraux suivants :

- Ne jamais être persuadé que la solution du problème réside dans son propre domaine de compétences ;
- Favoriser la pluridisciplinarité ;
- Identifier les termes ou expressions porteurs d'inertie psychologique et les remplacer par d'autres plus neutres ;
- Respecter toutes les idées, même les plus farfelues.

Cavallucci (2002) cite quatre outils TRIZ explicitement prévus pour aider à la dissipation de l'inertie psychologique. Ils sont décrits dans le Tableau 3-2 ci-dessous.

Nom	Principe
Diagramme des 9 écrans	Le système est décomposé en trois niveaux : système, sous-système et super-système. Par la suite, le concepteur va envisager les tendances d'évolution entre trois niveaux temporels : passé, présent et avenir.
Hommes miniatures	Cette méthode est inspirée des travaux de Gordon qui préconisait de résoudre les problèmes à l'aide de méthodes favorisant l'empathie chez le concepteur. Dans la méthode des hommes miniatures, le concepteur imagine qu'une zone de conflit au sein du système est peuplée d'une foule d'Hommes miniatures qui obéissent aux ordres du concepteur et peuvent « lui prêter leurs yeux » pour qu'il voie le problème de l'intérieur.
Systèmes alternatifs	Combinaison de deux produits fortement concurrentiels en vue d'hybrider leurs avantages et d'éliminer leurs inconvénients.
Opérateurs DTC	A partir d'un concept de produit, les concepteurs se posent les 6 questions suivantes : Qu'adviendrait-il si le système (1) était minuscule ? (2) était immense ? (3) opérait en un rien de temps ? (4) opérait en un temps infini ? (5) avait une valeur nulle ? (6) avait un coût très élevé ? C'est l'introduction d'une « valeur extrême » dans le scénario qui sert de moteur au concepteur pour identifier la contradiction physique à résoudre. Cette approche repose sur la génération de scénarios alternatifs pour reformuler un problème à résoudre.

Tableau 3-2 - Outils TRIZ pour lever l'inertie psychologique.

L'examen de ce tableau montre que ces outils reposent, de manière plus ou moins explicite, sur une démarche de construction de scénarios prospectifs. Plus précisément, le concepteur va partir de ses connaissances existantes sur le produit et faire varier une donnée du problème et

activer de nouvelles connaissances. C'est ainsi que Dubois (2004) interprète le concept d'esprit fort (*talented thinking*) proposé par Altshuller : **l'art de concevoir des images non usuelles, en abordant le problème suivant différents niveaux de complexité**.

Dubois donne l'exemple de l'analyse multi-écrans, qui décompose un problème d'innovation suivant au moins trois niveaux de complexité (sous-système, système, et super-système) et au moins trois niveaux sur une échelle de temps (passé, présent, et avenir). Dans cette méthode, le raisonnement par analogie est stimulé à deux niveaux :

- Il se focalise, non sur le système à un instant t, mais sur ses **évolutions** passées et futures. Il devient alors possible d'anticiper les contradictions que suivront éventuellement à gérer des systèmes techniques futurs à partir du constat de contradictions rencontrées et surmontées par des produits passés ;
- Il adopte un focus plus large en appréhendant **l'environnement** du système en plus du système lui-même.

Ces deux caractéristiques nous incitent à penser que l'approche multi-écrans peut être adaptée à profit pour anticiper des usages possibles de produits futurs. En effet, en plus du fait qu'elle s'appuie sur les principes fondateurs de TRIZ (attaque pluridisciplinaire du problème, idées extravagantes, analogies avec des problèmes et des produits existants, etc.), cette méthode présente, pour nous, le double avantage d'intégrer explicitement :

- une approche longitudinale du problème. Il serait alors concevable d'anticiper des évolutions futures des usages à partir de connaissances sur les évolutions passées ;
- une approche multi-niveaux permettant au concepteur de puiser son inspiration à différents niveaux de complexité de l'usage, par exemple ceux utilisés par Vallette (2005) ou encore, ceux décrits par Proulx (2005).

Nos constats sur les outils du CPS et de TRIZ nous conduisent donc à formuler l'hypothèse suivante :

H1A : L'analyse multi-écrans de TRIZ peut être adaptée de manière à anticiper les usages futurs d'un objet technique nouveau à partir de son brief design.

Koriajnova (2009), dans son analyse des travaux d'Altshuller, note que ce dernier défend l'approche TRIZ en faisant une critique acerbe des méthodes d'innovation par essais-erreurs. Il considère les outils du *Creative Problem Solving* comme relevant d'une approche par « force brute ». Parmi les arguments avancés dans cette critique, Altshuller note que l'inertie psychologique touche non seulement la génération d'idées nouvelles, mais aussi le tri des idées générées. Nous allons voir cependant ci-dessous que les outils du CPS sont susceptibles d'assister l'analyse prospective des usages suivant une approche intéressante, différente de celle des outils de TRIZ.

3.4 Hypothèse H1B : La génération d'idées en groupe pour contourner l'inertie psychologique

Le terme de génération d'idées en groupe (*group idea generation*) désigne un ensemble de travaux de recherche dérivés du paradigme du *Creative Problem Solving* ou CPS. Ils font plus particulièrement référence à deux aspects de ce paradigme (*cf.* annexe 2-4) :

- La composante divergente de la pensée créative : il s'agit de produire le maximum d'idées en réponse à un problème donné. Ce problème n'est pas nécessairement de nature technique.
- La composante collaborative : le collectif est censé avoir un rôle bénéfique dans la génération d'idées, sur les plans quantitatif et qualitatif.

Ces deux éléments constituent le point de départ de l'œuvre d'Alex Osborn (1957). Pour cet auteur, l'imagination créative constitue une ressource inépuisable pour la résolution de problèmes de tous types, qu'ils soient sociétaux ou entrepreneuriaux. Le paradigme du brainstorming est une tentative de canaliser cette ressource.

3.4.1 Le brainstorming

Pour Osborn (1957, pp. 39-55), la pensée humaine s'appuie sur un équilibre entre deux formes d'esprit : l'une dite « judiciaire » qui analyse, compare, et choisit des solutions ; et l'autre dite « créative » qui visualise, anticipe, et génère des idées. L'originalité de l'approche d'Osborn est d'insister sur les **interconnexions entre ces esprits judiciaire et créatif**. Pour lui, ces deux formes d'esprit sont en conflit permanent : notre civilisation encouragerait la pensée analytique au détriment de la pensée créative. Les causes sont multiples, mais on retient en particulier :

- Les habitudes passées : Osborn s'inscrit ici dans la même lignée que MacKay et McKiernan (2004). L'expérience passée induirait, pour lui, une rigidité dans les stratégies de résolution de problèmes ;
- L'autocensure et la timidité.

On retrouve dans ce constat d'Osborn les facteurs cognitifs et sociaux dont nous avons montré qu'ils pouvaient brider la capacité du concepteur à produire des idées sur les usages futurs d'un produit (*cf.* partie 2.5.3). Pour neutraliser ces facteurs, Osborn va proposer un cadre encourageant une pensée positive fondé sur les principes suivants :

(1) Le report de jugement : il s'agit de neutraliser l'effet de censure de ses propres idées, mais aussi de ne pas risquer de censure chez autrui en critiquant défavorablement sa production créative ;
(2) La corrélation entre la quantité des idées produites et l'émergence de réponses de qualité ;
(3) Le rôle stimulant du collectif de travail sur la production d'idées

C'est sur la base de ces trois principes qu'Osborn va proposer le brainstorming[41] comme moyen d'améliorer la performance d'un groupe en termes de production d'idées. Une séance de brainstorming classique se déroule comme suit (Osborn, 1957, p. 176 et suivantes) :

L'animateur explique aux participants la nature du problème à résoudre et répond aux questions éventuelles. Il présente les quatre règles du brainstorming :

(1) **Toute critique est interdite** : tout jugement défavorable sur les idées produites sera émis plus tard ;
(2) **L'extravagance est encouragée** : plus une idée est originale et farfelue, mieux c'est ;
(3) **On recherche la quantité des idées** : plus les idées seront produites en grand nombre, plus grande sera la probabilité d'y trouver de bonnes idées ;
(4) **On recherche les combinaisons et les améliorations** d'idées préalablement émises.

[41] Parfois traduit en Français par « remue-méninges »

Le groupe dispose alors d'un temps limité (souvent entre 15 et 30 minutes) pour suggérer des réponses à la question posée. L'animateur régule la séance et invite les membres à faire part de leurs idées tour à tour. Enfin, les idées produites sont consignées par un secrétaire.

L'expression *brainstorming* ne renvoie pas, comme on le voit parfois dans la littérature scientifique et managériale, au développement anarchique et aléatoire d'idées « en tempête », mais à l'idée d'un assaut organisé (*to storm,* en Anglais) d'un problème par une multitude d'acteurs. Comme nous le verrons ci-dessous, l'étude de ces situations de génération d'idées en groupe a mis en évidence de nombreux phénomènes complexes sous-jacents.

3.4.2 Etudes des effets du brainstorming sur la production d'idées et évolutions consécutives de la méthode d'Osborn

Comme le souligne l'annexe 2-3, plusieurs auteurs se sont attachés à évaluer la véracité des revendications d'Osborn sur la pertinence de sa méthode de brainstorming. En particulier, ces travaux ont mis en évidence des phénomènes inattendus de « perte de la production » du collectif, *i.e.* la production d'idées moins nombreuses par le collectif *vs* des individus dont on additionnerait les contributions.

Partant de là, de nombreux travaux ont tenté de comprendre les processus qui pouvaient **stimuler la production d'idées** dans un brainstorming de groupe. Ces processus peuvent être divisés en deux groupes, les processus sociaux et les processus cognitifs (Paulus, 2000) :

- Processus sociaux. Ces travaux ont principalement visé à développer l'**émulation,** en instaurant des règles qui favorisent une ambiance compétitive, par un feedback en continu sur la performance et en fixant des objectifs de production (Paulus *et coll.,* 1996) ;
- Processus cognitifs. Les recherches ont surtout porté sur les structures de raisonnement impliquées dans la génération d'idées. Le modèle SIAM[42] (Nijstad et Stroebe, 2006), par exemple, propose que les connaissances du sujet seraient organisées en images constituées d'éléments sémantiquement proches[43]. Le brainstorming permet d'activer des connaissances pour en générer de nouvelles par **association d'idées[44].** L'association d'idées est explicitement encouragée par la quatrième règle d'Osborn. Cette règle permettrait, d'après le modèle SIAM, de produire rapidement des accumulations d'idées sémantiquement proches.

Ces travaux issus notamment des domaines de la psychologie sociale et cognitive démontrent que le cadre de travail proposé par Osborn présente beaucoup d'avantages pour assister la génération d'idées nouvelles et contourner l'inertie psychologique, mais n'est pas encore arrivé à maturité. Depuis les années 1950, de nombreux chercheurs ont proposé de faire évoluer le cadre méthodologique du brainstorming pour mieux tirer parti de ses avantages et pour alléger ou neutraliser les effets de perte de production (Figure 3-4).

[42] *Search for Ideas in Associative Memory*

[43] Stroebe et coll. (2010, p.170) donnent l'exemple de l'université, image ayant les caractéristiques (*features*) suivantes : « a des étudiants », « a des professeurs » ou encore « a des amphis de cours ». Ce modèle met en exergue le fait que la mémoire à long terme est un ensemble de connaissances catégorisées au sein de réseaux sémantiques.

[44] Ces associations peuvent se produire chez un même individu ou bien, en vertu de la quatrième règle d'Osborn (On recherche les combinaisons et les améliorations), entre plusieurs individus, chacun porteur de connaissances propres, associées de manières différentes.

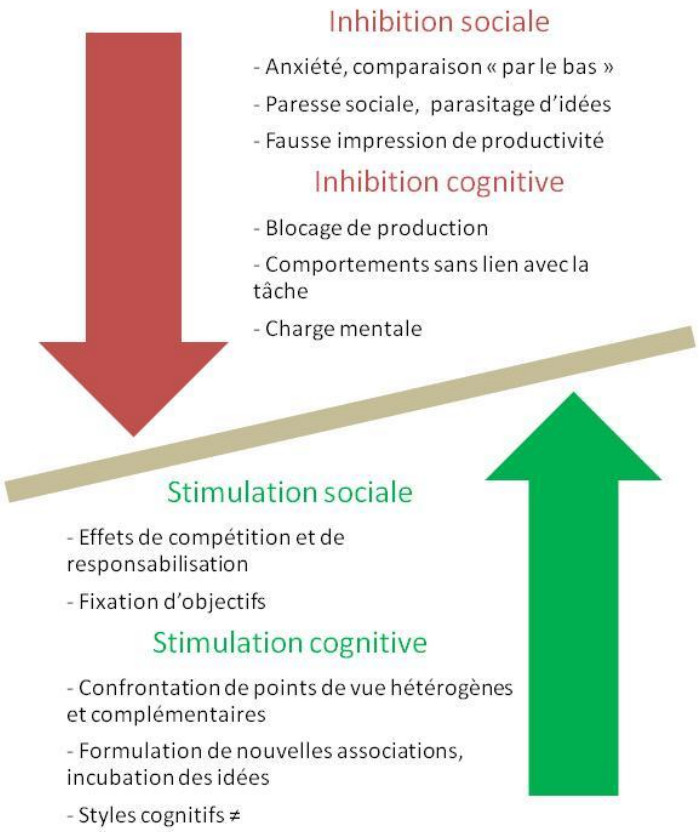


Figure 3-4 – Synthèse des facteurs sociaux et cognitifs stimulant et inhibant la production créative dans le brainstorming (Paulus, 2000). Les flèches indiquent les objectifs visés dans le développement de nouvelles méthodes.

Les évolutions méthodologiques proposées par rapport à la procédure de brainstorming classique (*cf.* partie 3.4.1) peuvent être décrites suivant deux grands axes :

- **L'introduction de nouvelles règles** en plus de celles proposées par Osborn. Par exemple, Oxley *et coll.* (1996) ont permis à des groupes de brainstorming en interaction d'arriver à un niveau de fluence équivalent à un groupe nominal en ajoutant aux règles d'Osborn, les règles suivantes : (1) Restez concentrés sur la tâche ; (2) Ne racontez pas de petites histoires ; (3) N'expliquez pas vos idées ; (4) Encouragez les gens à continuer de parler, éventuellement en faisant remonter de vieilles idées ; (5) Encouragez les autres à contribuer ; et (5) Rappelez-vous de ne pas critiquer les idées produites. Paulus, Nakui, Putman et Brown (2006, expérimentation n°1) ont étudié les effets de règles supplémentaires semblables[45] et obtenu des résultats analogues.

- Le changement de support. Il s'agit souvent d'un passage de la communication orale à la communication écrite. La famille de méthodes la plus classique de ce type est le **brainwriting** (Paulus et Yang, 2000; VanGundy, 2005; Heslin, 2009), où les participants sont invités à écrire silencieusement leurs idées sur des morceaux de papier, ce qui permet

[45] Les règles étaient les suivantes : (1) Restez concentrés sur la tâche, ne racontez pas d'histoires et n'expliquez pas vos idées ; (2) Faites tourner le brainstorming ; (3) Encouragez les autres à contribuer, (4) Ne critiquez pas les idées produites et (5) Revenez aux catégories précédentes.

- de faire diminuer le *social loafing*[46] en rendant la paternité des productions plus reconnaissable (les participants écrivent avec des stylos de couleur différente) de manière à encourager l'émulation entre participants ;
- de réduire le risque de blocage de production[46] en permettant aux participants de communiquer leurs idées sans risque d'interférer entre eux pour occuper un canal de communication plus invasif.

Et, *in fine*, d'augmenter ainsi la quantité d'idées produites.

Les effets positifs du brainwriting sur la fluence idéative sont donc dus à deux facteurs : une stimulation cognitive par exposition à de nombreuses idées, et une stimulation sociale par la responsabilisation des participants (Dugosh et Paulus, 2005; cités par Heslin, 2009).

3.4.3 De la génération d'idées en groupe à l'anticipation des usages dans les projets d'innovation : la nécessité de cadrer les usages

La littérature exposée dans le point précédent peut être interprétée de la manière suivante. Si les propos d'Osborn sur l'efficacité de sa méthode d'origine se sont avérés trop optimistes, son intuition première s'est trouvée justifiée par la suite. Les évolutions méthodologiques qui ont fait suite à son ouvrage ont permis la naissance de variantes plus efficaces de la méthode d'origine. Il apparaît simplement que les modalités de communication préconisées par Osborn n'étaient pas les plus efficaces possibles.

Le brainstorming est aujourd'hui utilisé dans la résolution de problèmes très variés en conception (*e.g.* génération de concepts de solutions à des problèmes techniques). Il est aussi utilisé en conception centrée utilisateur comme outil d'analyse des besoins. Toutefois, il faut souligner que les auteurs qui recommandent l'usage de cette méthode le font rarement en mentionnant explicitement le cadre théorique et méthodologique que nous avons décrit ici et dans l'annexe 2. Le terme de brainstorming est alors souvent utilisé comme « fourre-tout » mêlant les principes généraux de discussion de groupe, d'ouverture d'esprit, etc.

A notre connaissance, aucune étude n'a à ce jour abordé de manière rigoureuse la question des effets du brainstorming, ni des méthodes dérivées de *group idea generation*, sur l'analyse prospective des usages. La richesse du débat scientifique dans le domaine, et de la boîte à outils méthodologique à laquelle ce débat a donné naissance (*cf.* annexe 2.3) nous incitent à choisir le paradigme de la génération d'idées en groupe comme première brique de notre apport méthodologique.

Cette première brique méthodologique vise à permettre, pour reprendre l'expression de Cropley (2006), la *génération d'une variabilité contrôlée*. Il est intéressant de rapprocher ce positionnement de la finalité de l'ergonomie en conception, selon Daniellou (2004) –décrire *l'espace des formes de variabilité de l'activité future*. Dans le schéma d'intervention ergonomique que propose cet auteur, la variabilité est un objet à circonscrire. Daniellou insiste sur la difficulté de cette opération, étant donné que l'activité humaine est un objet éminemment variable.

[46] Le *social loafing* (paresse sociale) désigne la tendance à faire moins d'efforts pour produire des idées en groupe *vs* individuellement. Le blocage de production, quant à lui, désigne l'interférence entre individus partageant des idées par la modalité orale. Pour plus de détails sur les facteurs limitant l'efficacité de la production d'idée en groupe, voir l'annexe 2.4.

Nous rejoignons son constat. L'utilisation seule du brainstorming ne nous paraît donc pas être une méthode pertinente pour générer *seule* des scénarios d'usage spéculatifs dans les phases idéatives du processus d'innovation. Les raisons sont les suivantes :

- l'approche proposée par Osborn et reprise par ses successeurs, ne s'intéresse qu'à la production d'idées, c'est-à-dire des réponses créatives à des problèmes simples[47]. Ceci contredit le concept même de scénario, décrit comme une saynète complète, censée simplifier le travail du concepteur mais présentant aussi un degré de détail assez fin pour être vraisemblable (voir par exemple Alexander et Maiden, 2004);
- L'approche d'ouverture prônée par Osborn risque de donner lieu à un ensemble de scénarios désorganisés, sans lien entre eux, et au final relativement pauvre pour le concepteur.

Pour contourner ces problèmes, nous introduisons un concept appelé **cadre d'usage**, que nous reprenons à Flichy (2003; 2008). Pour cet auteur, toute interaction avec un objet technique s'inscrit dans un cadre de référence comportant deux facettes, l'une technique (le fonctionnement du produit) et l'autre sociale (son usage)[48]. Flichy définit le cadre d'usage comme « *celui qui décrit le type d'activités sociales proposées par la technique, qui la positionne dans l'éventail des pratiques sociales, des routines de la vie quotidienne, et précise* ***les publics envisagés, les lieux et les situations*** *où cette technique peut se déployer.* » (Flichy, 2008, p. 164, gras ajouté par nous).

Le cadre d'usage est un concept descriptif, qui vise à illustrer *a posteriori* comment un objet technique s'est développé du point de vue des usages, dans quelles situations un produit a pu rencontrer un public d'usagers, comment ce public s'est réapproprié l'objet. Cependant, nous avons montré (*cf*. partie 2.5.3) que l'usage n'était pas seulement une rencontre du produit avec les usagers, mais aussi un objet de travail pour le concepteur. Ce travail consiste, dans le cadre d'un projet d'innovation et comme le montre notre état de l'art, à formuler des propositions décrivant comment le produit pourrait se développer dans l'usage : quels pourraient être ses publics *potentiels*, les lieux et situations où il pourrait être utilisé. Nous faisons donc le choix de renverser la proposition de Flichy en considérant le cadre d'usage, non pas comme une structure descriptive comme une structure prescriptive.

A partir d'éléments disjoints du cadre d'usage, le concepteur pourrait composer des cadres plus complets, comme base pour créer des scénarios. **Le cadre d'usage est, pour nous, une structure intermédiaire qui permet d'organiser l'analyse prospective**. Les méthodes dérivées du brainstorming peuvent alors servir de base à la génération d'éléments du cadre d'usage, mais devront être recombinées pour donner naissance à des scénarios exploitables. Cette approche de génération et de recoupement des idées rappelle celle de Vallette (2005) que nous avons évoquée plus haut. Notre positionnement est légèrement différent, puisque nous proposons de former des cadres d'usage en générant puis combinant deux de leurs composantes élémentaires : les futurs usagers d'une part, et les lieux d'usage futurs d'autre part.

[47] Rappelons que pour les problèmes complexes, Osborn propose de les décomposer pour mener ensuite plusieurs séances de brainstorming pour répondre à chaque problème élémentaire.

[48] Flichy prend l'exemple d'un visiteur dans une brocante. *« S'il trouve une machine qui ne marche plus faute d'une source d'énergie adaptée, il dira qu'elle est inutilisable. Si au contraire il découvre un objet cassé, il dira qu'il est hors d'usage. Pourtant, dans les deux cas, ce n'est pas l'usage qui est en cause, mais bien le fonctionnement de l'artefact technique. S'il y a un tel glissement de langage entre fonctionnement et utilisation, c'est bien que ces deux composantes de l'artefact technique sont liées.».* (Flichy, 2003, p. 124).

La méthode du brainwriting (Paulus et Yang, 2000 ; Heslin, 2009) nous semble pouvoir être utilisée à profit pour compenser certaines limites des méthodes d'analyse des usages identifiées dans le Tableau 3-1. Le Tableau 3-3 synthétise les éléments de la littérature qui justifient ce choix.

		Caractéristiques clé de la méthode du brainwriting
Limites de l'analyse prospective des usages	Biais de rétrospection	Elimine la « fréquence de survenue » comme critère de sélection des idées, car élimine toute idée de sélection des idées pendant la génération (règle n°1 d'Osborn) Elimine l'asservissement à l'expérience personnelle en faisant cohabiter différents points de vue qui s'alimentent mutuellement et permettent la génération de nouveaux possibles par association d'idées (règle n°4 d'Osborn)
	Déterminisme pernicieux	Elimine la nécessité d'une explication rationnelle (règle n°2 d'Osborn) Encourage la libre expression des points de vue et nie l'idée qu'il existe « une seule bonne réponse » (règles n°1 et n°3 d'Osborn)
Limites de la méthode de brainstorming	Chevauchement des tours de parole	Communication par écrit, en silence : pas d'interférences
	Paresse sociale	Utilisation d'encres de couleurs différentes → responsabilisation par rapport à la production d'idées

Tableau 3-3 – Justification du choix de la méthode du brainwriting pour faciliter la génération d'idées relatives aux usages futurs

3.4.4 Du cadre d'usage au scénario : la matrice de découvertes comme outil de convergence créative

Une fois les éléments du cadre d'usage générés pour l'analyse prospective, il est nécessaire de faire appel à une technique de convergence créative pour combiner les idées produites et générer des cadres d'usage complets, puis des scénarios spéculatifs d'usage. Cependant, pour que l'analyse prospective des usages soit efficace, les concepteurs doivent satisfaire une double exigence :

- Ils doivent converger vers des cadres d'usage suscitant l'« intéressement », au sens d'Akrich, Callon et Latour (1988), c'est-à-dire *capables de fédérer des acteurs pertinents autour d'un projet d'innovation* ;
- Ils doivent aussi appréhender, à partir d'un cadre d'usage, la variabilité des usages possibles, en identifiant des « situations d'activité caractéristiques » (Jeffroy, 1987; Daniellou, 1992), puis en les explorant à l'aide de scénarios. La méthode de convergence choisie devra donc être compatible avec une production divergente.

La **matrice de découverte** est un outil susceptible satisfaire à cette double exigence. Formellement, il s'agit d'une matrice permettant de combiner entre eux divers éléments pour formuler et évaluer de nouvelles combinaisons. Cette approche a longtemps été boudée par les tenants de « l'Ecole Française de Prospective » par peur des coûts associés au traitement combinatoire de la matrice dans son ensemble[49]. Elle a connu un meilleur sort dans les pays Anglo-saxons où elle constitue depuis longtemps un outil classique d'analyse prospective

[49] Voir Godet, M. (2000). La prospective en quête de rigueur : portée et limites des méthodes formalisées. *Futuribles* n°249.

(Voros, 2009). Dans cette méthodologie, on extrait des variables du problème pour y associer un ensemble de valeurs. Les cellules de la matrice sont ensuite remplies par des idées nouvelles, sources possibles d'innovation.

L'utilisation de cette approche pour générer des scénarios en analyse prospective a été proposée très tôt, pour résoudre des problèmes d'anticipation de problématiques technologiques[50] (Ayres, 1969; cité par Ritchey, 2006). Elle a depuis été généralisée au champ de la conception. Par exemple, Cross (2000) présente une méthode analogue appelée matrice morphologique, où un tableau à double entrée sert de structure pour générer, à partir d'une liste des fonctions du produit, plusieurs principes de solutions répondant à ces fonctions[51]. La procédure, telle qu'elle est présentée par Cross, est la suivante :

Construction d'une matrice morphologique (Cross, 2000)

(1) énumérer les caractéristiques ou les fonctions essentielles du produit ;
(2) pour chaque caractéristique ou fonction, lister les moyens par lesquels ces fonctions pourraient être réalisées ;
(3) construire une matrice en y mettant l'ensemble des solutions possibles, issues de la combinaison des fonctions et des moyens de les réaliser ;
(4) identifier les combinaisons pertinentes de solutions concrètes. La recherche pourra être guidée par des contraintes ou des critères spécifiques.

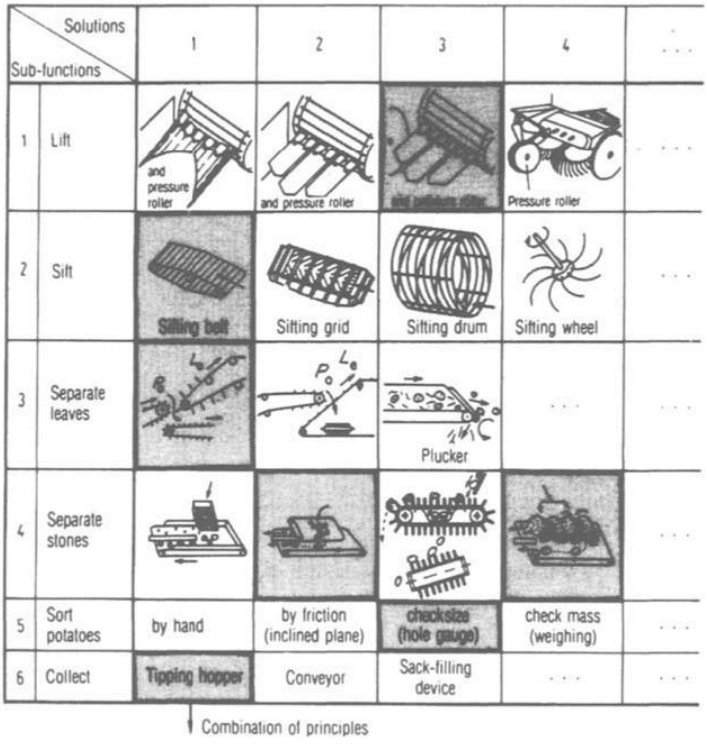


Figure 3-5 – Exemple de matrice de découvertes (Cross, 2000)

[50] Domaine appelé *technological forecasting* en Anglais.

[51] Précisons cependant une différence clé. La matrice de découverte est un tableau à double entrée qui permet de générer des idées nouvelles en confrontant des éléments qui ne sont pas habituellement associés ensemble, de manière à créer des sources potentielles d'innovation. La matrice morphologique est aussi un tableau à double entrée, qui permet quant à lui de générer pour chaque fonction du produit plusieurs principes de solution qui seront recombinés ensuite pour constituer une solution globale répondant à toutes les fonctions du produit.

Notre objectif n'est pas de guider la recherche de solutions techniques comme dans la Figure 3-5, mais la construction de scénarios d'usage. En vertu de son approche systématique, la matrice de découvertes est considérée comme particulièrement adaptée à une approche exploratoire (Jantsch, 1967). Cependant, pour donner des résultats pertinents, la matrice doit se fonder sur une description aussi exhaustive que possible du problème posé, sur le plan des variables impliquées et de leurs valeurs possibles. Bien qu'il soit impossible de prévoir tous les usages possibles du produit à partir du brief, il est clair que, plus le nombre d'idées fournies en entrée de la matrice sera important, plus le champ exploré sera large. En utilisant la production créative du brainwriting (cf. partie 3.4.2) et en générant des scénarios prospectifs d'usage en croisant les usagers avec les lieux d'usage possibles, nous pourrons retrouver trois des avantages de la méthode du brainstorming :

- **la génération d'idées en grand nombre** : il s'agit de la combinatoire « usagers*lieux »
- **la génération d'idées extravagantes** : il s'agit des associations inhabituelles « usagers*lieux » ;
- **la génération d'idées nouvelles par combinaison** : plusieurs concepteurs peuvent ainsi produire des scénarios différents à partir du même croisement « usagers*lieux ».

L'inconvénient majeur de la méthode de matrice de découvertes est que, plus le nombre de valeurs associées à chaque variable est important, plus le temps d'exploration de la matrice sera important. Ceci a entraîné le développement de nombreux outils informatiques pour assister l'exploration (Ritchey, 2006). Dans le contexte expérimental, notre objectif n'est pas d'assister une exploitation exhaustive de toute la production du brainstorming, mais de cibler l'analyse sur les possibilités susceptibles d'engendrer un « intéressement » (Akrich *et coll.*, 1988). **Le critère de sélection que nous avons choisi est donc la perception d'éléments du cadre d'usage comme étant *a priori* intéressants.** Ce processus doit être collectif de manière à profiter, de la diversité de points de vue dans la génération et la sélection des idées (Stroebe *et coll.*, 2010).
Les lignes et colonnes de la matrice de découvertes sont alors « remplies » avec des scénarios d'usage. Chaque cellule sert ainsi de base à la génération d'un ensemble de scénarios, mettant en scène une population d'usagers et un lieu d'usage donnés.

En utilisant la matrice de découvertes, nous pouvons ainsi :

- encourager la génération de scénarios d'usage prospectifs, en forçant l'introduction de valeurs spécifiques dans les variables « usagers » et « lieux » ;
- en laissant le groupe libre du temps passé « sur chaque cellule », encourager la génération de familles de scénarios.

De ce point de vue, la matrice de découverte peut, au même titre que le brainstorming et ses dérivés, être considérée comme une méthode pour lever l'inertie psychologique.

Naturellement, les contraintes de place ne permettent pas de décrire plusieurs scénarios d'usage dans une cellule de tableau, quel que soit son degré d'élaboration. La matrice de découvertes est un dispositif symbolique utilisé pour la convergence. Dans la méthode que nous utilisons, les sujets ne remplissent pas directement les cellules de la matrice de découvertes : le support utilisé sera la fiche-idée, un élément standard de nombreuses méthodes de créativité.

3.4.5 Bilan sur les apports attendus du CPS pour l'anticipation des usages

A l'issue de notre présentation du paradigme CPS, nous soutenons que l'association de méthodes de production et de sélection d'idées devrait permettre :

- de **générer** des idées en grand nombre pour la constitution de scénarios d'usage propres à susciter l'intérêt d'acteurs-projet et à favoriser la genèse de produits innovants ;
- de **contourner** l'inertie psychologique et de sortir des sentiers balisés pour produire des scénarios d'usage inédits ;
- de **structurer** la réflexion du concepteur face à la variabilité des usages futurs.

Pour résumer, le paradigme CPS offre des perspectives intéressantes pour contourner les limites des méthodes d'analyse prospective en se fondant sur le collectif comme source essentielle d'idées sur les usages futurs possibles. L'association d'idées est un mécanisme clé de ce processus. Tout ceci nous conduit à formuler l'hypothèse suivante :

H1B : L'association des outils du brainwriting et de la matrice de découvertes permet de générer des éléments de cadres d'usage futurs et de les combiner de manière à formuler des scénarios prospectifs d'usage.

Il reste à présent, la question de l'organisation de la production créative issue de l'association du brainwriting et de la matrice de découvertes. Nous présentons ci-dessous notre hypothèse suivante, qui nous conduit à intégrer à notre boîte à outils méthodologique, un outil de l'ingénierie de la fiabilité.

3.5 Hypothèse H2 : Exploiter des outils de prospective inspirés de la fiabilité industrielle pour organiser la production créative

3.5.1 La fiabilité industrielle comme outil de l'analyse prospective des usages

Comme précédemment, l'annexe 2.5 rassemble quelques brefs éléments de présentation de la fiabilité industrielle. Ce paradigme témoigne, pour nous, d'une approche fonctionnaliste de la conception. A ce titre, il est parfois opposé aux approches ergonomiques, centrées sur l'analyse de l'activité des usagers (voir par exemple Pomian *et coll*., 1997). Ces dernières sont de plus en plus critiquées pour leur incapacité à anticiper, par exemple, les risques liés aux facteurs humains dans les systèmes complexes. Ceci justifie l'intervention de plus en plus fréquente d'ergonomes dans la conception de systèmes industriels à risques.

On peut cependant faire les constats suivants pour ce qui est de la maîtrise des risques liés aux usages futurs d'un produit dans les phases amont d'un projet d'innovation :

- Comme nous l'avons dit, introduire le point de vue du travail (ou plus généralement, de l'activité) dans un projet de conception implique d'avoir défini au préalable en quoi consiste cette activité et quelles personnes elle mobilise ;
- Une attitude fonctionnaliste est justifiée dans les premières étapes du processus de conception, notamment parce que les décisions prises à ce moment concernent en majorité **la définition du produit au niveau fonctionnel**. Le raisonnement fonctionnaliste ne

s'oppose pas nécessairement, à ce niveau, à un raisonnement anthropocentré. Par exemple, l'Analyse Fonctionnelle et les outils qui la composent (ex. outils de la méthode APTE©) peuvent s'appuyer sur une discussion des usages futurs du produit à concevoir.

Pour ces deux raisons, les méthodes et outils de l'ingénierie de la fiabilité peuvent servir pour l'analyse prospective des usages. Dans cette partie, nous proposons d'examiner plus particulièrement les apports de l'Analyse Préliminaire des Risques (APR), et plus particulièrement d'un outil standard de l'APR, l'**Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité** (AMDEC) à l'organisation de la production créative relative aux usages.

3.5.2 L'AMDEC

Bien que relevant typiquement d'une logique technique, l'AMDEC présente plusieurs caractéristiques qui font d'elle un outil intéressant pour répondre au besoin de faire converger une production créative vers les usages futurs de produits nouveaux définis à partir d'un brief design (Mortureux, 2005).

Notre propos n'est pas ici d'anticiper des défaillances de systèmes techniques ou organisationnels, mais de générer des propositions relatives aux attributs du produit dans l'usage. Il s'agit donc d'entretenir une discussion, non pas sur les composantes élémentaires du système, mais directement sur les scénarios prospectifs d'usage.

Notre outil idéal pour organiser la production créative concernant des scénarios prospectifs d'usage doit présenter les caractéristiques suivantes :

(1) permettre, à partir de scénarios prospectifs d'usage, **d'analyser un concept de produit** pour formuler des revendications d'usage et faire évoluer le concept. En présentant le courant du Scenario-Based Design (*cf.* partie 2.4.2.2), on a noté que ces revendications pouvaient concerner non seulement les risques liés à l'usage, mais aussi les sources possibles de valeur d'usage du produit (Rosson et Carroll, 2002) ;

(2) permettre de structurer ces propositions comme première étape à **la constitution de portefeuilles de projet**. Il s'agit d'un outil permettant d'engager au sein de l'entreprise un pilotage de l'innovation par la valeur[52], où « chaque projet est identifié par son risque, son attractivité, sa maturité technologique, son coût, sa probabilité de succès… » (Le Masson *et coll.*, 2006, pp. 441-442).

Un avantage majeur de l'AMDEC pour répondre à ces exigences est **l'indice de criticité**, qui constituerait un critère d'évaluation numérique simple des revendications. Notre état de l'art sur la conception par scénarios montre que le raisonnement du concepteur se fait en double sens :

- les revendications positives sont celles qui doivent être préservées car elles constituent une source de valeur d'usage possible. Si l'on raisonne, comme nous le proposons, à partir d'un concept de produit ouvert, ces revendications positives permettront d'identifier les projets à développer en priorité ;
- les revendications négatives sont celles qui doivent être corrigées car elles constituent un risque en termes d'usage. Elles peuvent aussi aboutir, à ce stade du processus, à l'abandon du concept dont les problématiques d'usage seraient jugées trop importantes.

La méthode devra être adaptée en conséquence.

[52] En particulier, par la valeur d'usage.

Un autre bénéfice majeur de l'AMDEC est qu'elle peut être utilisée **collectivement** pour appuyer la formulation de propositions sur le produit à partir de points de vue et d'une base de connaissances variés. L'AMDEC joue un double rôle :

- pour affiner l'analyse prospective des usages, il est important de pouvoir **générer un nombre important de propositions positives et négatives[53] sur les concepts illustrés par les scénarios.**
- toutes ces possibilités ne seront pas explorées dans un cadre projet, et il est important de faire converger la production créative pour orienter la prise de décisions.

Dans la démarche que nous proposons, il est essentiel de noter que les personnes évaluant les scénarios d'usage prospectifs se positionnent, comme le proposent Brangier et Robert, en assistance à la maîtrise d'ouvrage : elles doivent évaluer la pertinence de pistes d'innovation données, mais n'ont pas à elles seules le pouvoir décisionnel nécessaire pour lancer et mener des projets.

Ces constats nous amènent à formuler l'hypothèse suivante :

H2. La prise de décision en aval de la génération de scénarios prospectifs d'usage peut être guidée par les outils de la fiabilité industrielle, adaptés pour répondre aux caractéristiques de l'analyse prospective des usages.

Nous avons en particulier examiné les apports de l'AMDEC. Si cette méthode nous paraît à même de remplir cette fonction pour l'analyse prospective des usages, nous devons faire évoluer la méthode de base de deux manières importantes :

- en prenant comme données d'entrée, non pas les fonctions du produit, mais les scénarios prospectifs imaginés par l'équipe ;
- en ciblant l'analyse autour de deux classes d'usages :
    - les usages « intéressants » : cette analyse vise à générer des propositions à valence positive ;
    - les usages « risqués » : cette analyse vise à générer des propositions à valence négative.

Les chapitres suivants proposent de présenter l'ensemble du travail expérimental réalisé pour répondre aux trois hypothèses qui sous-tendent notre contribution méthodologique.

Avant de présenter les expérimentations proprement dites, il nous a cependant paru nécessaire de décrire les deux projets industriels qui ont servi de matériel expérimental : le premier visait la conception d'un dispositif innovant pour la prévention de la noyade infantile (PETITE SIRENE). Le second, quant à lui, visait la conception d'une table interactive *multi-touch* et multi-utilisateurs, en vue d'outiller des activités collaboratives (DIGITABLE).

Le Chapitre 4 présente les deux projets et souligne, en s'appuyant sur l'état de l'art présenté dans la partie 2, les défis qu'ils présentent aux méthodes et outils de l'analyse rétrospective *et* prospective des usages.

Les chapitres suivants (chapitres 5-7) présentent successivement les trois expérimentations réalisées :

[53] Il est important de noter que ce caractère positif/négatif ne correspond pas à la valeur de vérité de ces propositions, mais bien à une valence que leur donne le concepteur

- l'adaptation de la méthode de l'analyse multi-écrans de TRIZ à l'analyse prospective des usages (EXP. 1) ;
- l'évaluation des effets de l'association du brainwriting et de la matrice de découvertes sur la génération de scénarios prospectifs d'usage (EXP. 2) ;
- l'évaluation des effets de la méthode AMDEC modifiée en vue d'organiser la production créative issue de l'expérimentation 2 (EXP. 3).

4 DEUX ILLUSTRATIONS DES LIMITES DES MÉTHODES ACTELLES D'ANALYSE DES USAGES : LES PROJETS PETITE SIRÈNE ET DIGITABLE

4.1 Introduction

Notre participation à plusieurs projets industriels au sein du LCPI, a alimenté notre réflexion sur les limites des méthodes actuelles de l'analyse des usages, présentées dans le chapitre 2. Pour vérifier les hypothèses présentées dans le chapitre 3, nous avons opté pour une démarche expérimentale. Celle-ci est fondée sur une analyse de l'activité de concepteurs, participant à des réunions de conception dont l'objectif est **d'anticiper les usages** des produits décrits dans un brief. Les équipes de participants ont travaillé sur les deux projets suivants :

- Le projet PETITE SIRENE, dont l'objectif était la conception d'un dispositif innovant pour la prévention de la noyade infantile ;
- Le projet DIGITABLE, qui visait quant à lui à concevoir un dispositif de type « table interactive » avec des fonctionnalités *multi-touch* et multi-utilisateurs.

Ce chapitre vise à montrer en quoi le travail effectué au LCPI sur ces deux projets, avant ces deux expérimentations, interroge les limites actuelles de l'analyse des usages. Dans un premier temps, nous présentons successivement le travail réalisé sur chacun des deux projets avant de montrer en quoi les difficultés rencontrées par les concepteurs peuvent être considérées comme des manifestations des limites de l'analyse des usages mentionnées à la fin de notre état de l'art.

4.2 Projet PETITE SIRENE

4.2.1 Présentation du projet

Le projet est issu d'une demande initiale de la société *Something New*, qui appartenait à l'époque à la pépinière d'Arts et Métiers ParisTech. Le constat « terrain » du partenaire industriel était le suivant : les dispositifs de prévention de la noyade utilisés pour protéger les enfants, en particulier autour d'une piscine (ex. barrières, bâches, alarmes), ne permettent pas, pour la plupart, de le faire une fois que l'enfant est immergé dans l'eau. Les discussions au sein de l'équipe dans les phases initiales du projet ont montré que parmi les dispositifs existants, seuls les EPI (Equipements de Protection Individuelle) tels que les bouées et les brassards étaient conçus pour répondre à ce besoin. Cependant, pour assurer sa fonction, l'EPI doit être porté au moment où l'enfant est exposé au risque. Il existe donc un risque important lié au rejet du dispositif par ses usagers (non-port, retrait intempestif, etc.).

En réponse à ce risque, le brief fourni par l'entreprise prévoit la conception d'un EPI nommé « collier-bouée » dont les fonctions principales (FP) seraient les suivantes :

FP1. Etre porté sans se déclencher pendant que l'enfant joue / nage dans l'eau ;
FP2. Détecter les situations où l'enfant encourt un risque de noyade ;

FP3. Maintenir la tête de l'enfant hors de l'eau pour éviter la noyade ;
FP4. Prévenir l'entourage adulte du danger encouru par l'enfant.

Ce projet s'est tenu sur la période allant de Décembre 2007 à Septembre 2010, l'intégration de l'analyse des usages se faisant surtout au cours de la première année du projet. L'équipe était alors composée de cinq personnes[54] : un chef de projet / designer, trois ingénieurs, que nous avons rejoints en tant qu'ergonome. Au moment de notre intégration dans l'équipe, le concept de produit était déjà défini de manière très précise : il s'agissait d'un EPI non intrusif, porté au cou de manière à pouvoir être « déguisé » en collier ou en pendentif (Weber, 2008). Le dispositif serait inactif jusqu'à la détection d'un risque de noyade, suite à quoi se déclencherait un élément pneumatique situé l'intérieur du collier, qui viendrait entourer la tête de l'enfant. La demande initiale faite à l'ergonome reposait sur les points suivants :

- Contribuer à la définition des spécifications techniques du collier-bouée ;
- Evaluer des prototypes de collier successifs suivant une méthodologie de conception itérative centrée utilisateur.

4.2.2 Le travail réalisé

La traduction du besoin dans ce projet s'est appuyée sur des recherches préliminaires sur les circonstances de survenue de la noyade infantile. Cette approche, *purement rétrospective*, s'est appuyée sur a) une recherche de données épidémiologiques sur ce phénomène ; et b) des entretiens auprès de la présidente d'une association de soutien aux familles d'enfants victimes de noyade. Ce travail de fond a permis d'élargir de deux manières les représentations existantes de l'usage, chez les concepteurs. Le modèle de l'usage du produit a ainsi intégré :

- Non seulement les situations *incidentelles et accidentelles*, où l'enfant est exposé au risque de noyade, mais aussi les situations d'usage *nominal*, impliquant l'ensemble des situations d'activité de baignade et d'interaction avec la piscine ;
- Non seulement les *enfants*, mais aussi *l'ensemble des acteurs de leur sécurité* (ex. parents, maître-nageur, etc.).

Cette transformation a permis de questionner le concept de collier-bouée dans la phase de validation du concept de produit. L'intégration d'une réflexion sur l'activité intégrant des situations d'usage nominal aussi bien que des situations d'usage accidentel a montré qu'il n'existe aujourd'hui aucun indicateur unique permettant au collier de discriminer les deux classes de situations (*i.e.* exposition sûre à l'eau *vs* risque réel de noyade), et de ne se déclencher qu'en cas de risque réel de noyade (FP1 et FP2). Il a donc été décidé de répondre aux besoins de la prévention en proposant, en plus du concept initial, d'autres concepts destinés à donner naissance à une gamme de produits de prévention, l'usage du collier-bouée étant destiné aux situations d'interactions non surveillées de l'enfant avec la piscine. Une séance de créativité menée avec l'ensemble de l'équipe de concepteurs sur la base d'un modèle des interactions parent-enfant dans l'activité de baignade, a donné lieu à 9 concepts de produits.

La Figure 4-1 illustre trois d'entre eux :

A. Partant des constats que le collier est inutile s'il n'est pas porté, et que l'usage du collier implique à la fois l'enfant et l'adulte (Nelson *et coll.*, 2009c), une première idée a été de fournir aux usagers des objets de rappel (panneaux, etc.) ;

[54] Nous tenons à remercier Anelyse Weber, Mario Hernández, Javier Tejerina et Robert Duchamp pour leur aide précieuse dans le cadre de ce projet.

B. Pour améliorer le confort de port et l'expérience d'usage de l'enfant, une seconde idée a été de proposer un objet attrayant sur le plan tactile, de type « doudou » ;
C. L'usage du collier ne dépend pas que du rapport de l'enfant et de l'adulte au produit, mais de leur rapport l'un à l'autre. Pour favoriser une relation constructive autour de la sécurité, une troisième idée a été de concevoir un objet partagé entre l'enfant et l'adulte.

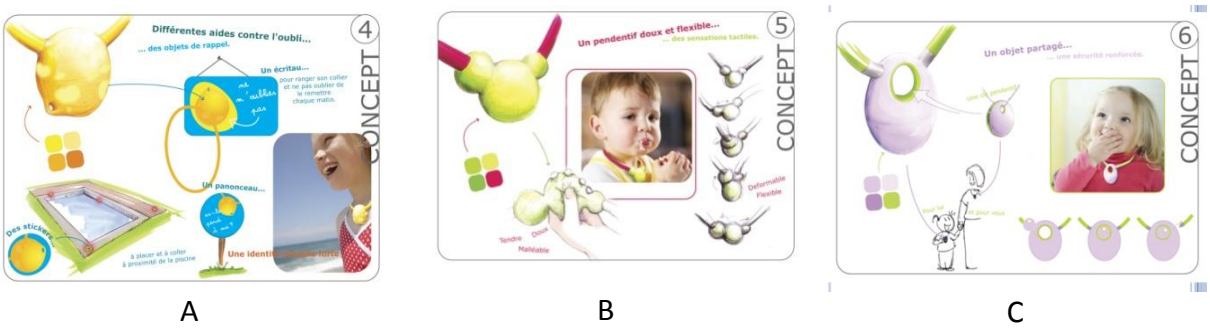


Figure 4-1 – Trois concepts de produits générés au cours de la séance de créativité : les objets de rappel (A), le pendentif doux (B) et l'objet partagé (C).

Dans un second temps, nous avons pris le parti de recentrer les évaluations sur les concepts de produits. Nous avons pour cela adopté une démarche de conception participative dont les caractéristiques sont décrites dans la Figure 4-2 ci-dessous. La caractéristique principale de ce processus de conception participative est d'avoir cherché à contourner les obstacles à l'intégration des utilisateurs, plus particulièrement concernant :

– l'implication des usagers futurs dans le processus ;
– le recueil de données sur des situations accidentelles passées.

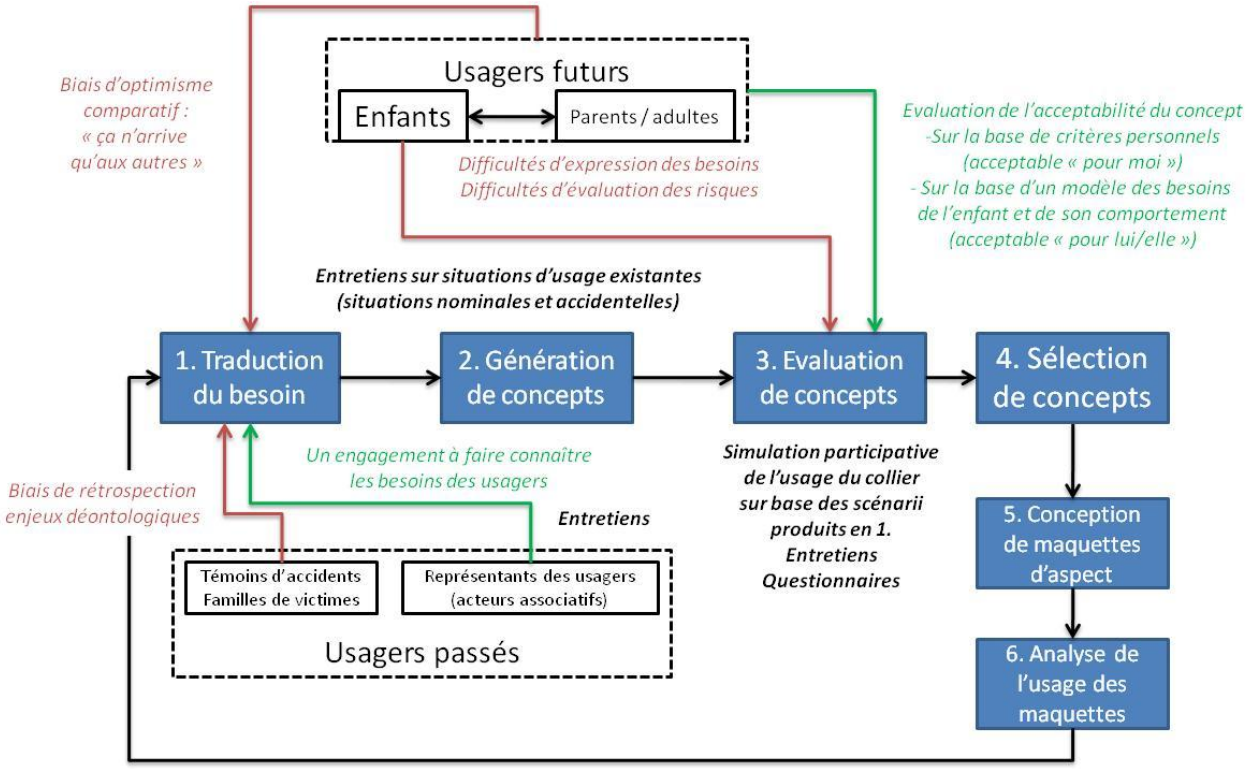


Figure 4-2 – Schéma du processus de conception participative adopté dans le projet PETITE SIRENE (Nelson *et coll.*, 2009c). Les cadres en pointillés décrivent les modalités d'implication des usagers. Les parties écrites en rouge décrivent les obstacles à l'application d'une méthodologie classique d'analyse des usages. Celles écrites en vert justifient les compromis proposés en termes de choix des représentants.

Deux générations de maquettes techniques ont vu le jour dans le temps du projet. Compte tenu des problématiques techniques associées au système de gonflage de la bouée au début du projet, nous avons recentré dans un premier temps l'analyse des usages sur la validation des concepts générés. Cette validation s'est appuyée sur la mise en discussion d'objets intermédiaires de la conception décrivant : des concepts de produits (Figure 4-1), des scénarios d'usage et des planches de tendance (Figure 4-3). Nous avons donc, face aux difficultés rencontrées par l'analyse rétrospective, recentré notre contribution sur l'analyse prospective des usages.

Figure 4-3 - Exemples d'objets intermédiaires utilisés :
un story-board de scénario (« exploration non surveillée ») et une planche de tendance (« ludique-acidulé »).

Le processus choisi pour l'analyse prospective des usages est présenté à la Figure 4-4. Les objets intermédiaires fournis – planches de concepts, story-boards, et planches de tendance – ont servi à mettre en place une démarche de *simulation participative* dès les phases initiales du projet, dans laquelle les usagers consultés se sont prononcés sur la pertinence *a priori* des concepts, en s'appuyant sur les scénarios générés par les concepteurs. Ce travail a permis de valider les trois concepts de la Figure 4-1 parmi les neuf concepts générés.

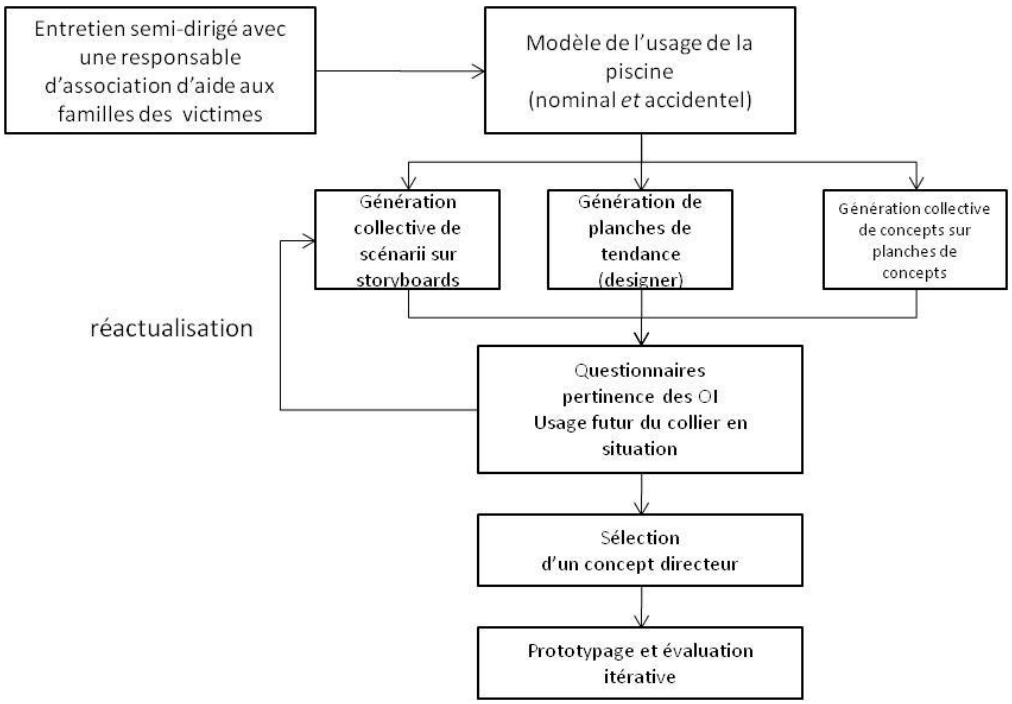


Figure 4-4 – L'analyse des usages dans le projet PETITE SIRENE

4.3 Le projet DIGITABLE[55]

4.3.1 Présentation du projet

L'objectif du projet DIGITABLE était de travailler, à titre exploratoire, sur le développement d'applications innovantes d'une technologie émergente : les IHM *tabletop*, ou « tables interactives ». L'application qui nous intéresse le plus, correspondant au travail du LCPI au sein du projet, est l'assistance à la conduite de séances de créativité de groupe. En effet, le positionnement adopté autour de cette application est le suivant. Les potentialités offertes par la technologie des tables interactives en général, et les innovations technologiques développées par le consortium DIGITABLE en particulier (technologie multi-utilisateur et *multi-touch*) seraient, à l'usage, source d'avantages par rapport aux pratiques de créativité collective existantes, se déroulant autour d'une table non augmentée ou d'un tableau blanc.

4.3.2 Le travail réalisé

Le projet s'est appuyé sur le modèle de processus de développement en spirale proposé par Boehm (1986). Dans ce modèle, les concepteurs doivent dès le premier cycle décider des orientations générales du projet et du concept de produit à développer, qui reste figé par la suite. Ce processus illustre bien le constat issu de notre état de l'art, sur le fait que la conception anthropocentrée nécessite de figer rapidement le concept de produit.

L'approche choisie pour l'analyse des usages dans ce projet était expérimentale. **Ayant défini *a priori* un concept de produit,** et disposant de ressources pour le développement rapide de plusieurs générations de prototypes, l'équipe a typiquement utilisé l'analyse des usages pour développer des connaissances en vue :

- de valider le concept de « table interactive pour la créativité en conception » ;
- de le faire évoluer, par ex. *via* l'ajout de nouvelles fonctionnalités.

Contrairement au projet PETITE SIRENE, rien ne s'opposait donc à utiliser des méthodes d'analyse rétrospective des usages, qu'elles soient expérimentales, observationnelles ou analytiques, et qu'elles concernent (1) l'usage des prototypes élaborés successivement au fil du projet, ou bien (2) l'usage de produits analogues, utilisés aujourd'hui dans les séances de créativité en conception.

Le travail a permis de valoriser les technologies développées et utilisées dans le cadre du projet. L'approche choisie était expérimentale (cf. Figure 4-5), et a permis d'articuler :

- l'analyse rétrospective des usages, représentée par les conditions *contrôle*. Il s'agissait d'analyser des pratiques de travail existantes : travail sur des outils de créativité existants sur des supports classiques (papier-crayon, table, tableau) ;
- l'analyse prospective des usages, représentée par les conditions *Digitable*. Les pratiques existantes sont adaptées sous une forme numérique et implémentées dans les prototypes successifs de la Digitable.

[55] Cette section est adaptée de Buisine *et coll.* (sous presse) Elle a aussi bénéficié de discussions avec Stéphanie Buisine, que nous remercions de nous avoir permis d'utiliser ce projet comme cas d'étude de ce travail de thèse.

Figure 4-5 – Application « Purge » (haut) et « carte mentale » (bas) dans la condition contrôle (gauche) et sur la Digitable V1 (droite).

4.4 Limites de l'analyse des usages dans les projets PETITE SIRENE et DIGITABLE

Les deux projets présentés se sont appuyés sur des approches très différentes d'analyse des usages. Les choix réalisés en la matière résultent de compromis entre les apports et les limites des outils disponibles, compte tenu des caractéristiques des deux projets.

Le Tableau 4-1 ci-dessous résume les difficultés rencontrées dans le projet PETITE SIRENE, ainsi que les compromis réalisés en matière d'analyse des usages sur ce projet.

Type de méthode	Apports (+) et Limites (-)	Compromis proposé
Analyse rétrospective des usages		
Usability lab	(-) Difficilement applicable, compte tenu de la variété des contextes d'usage concernés par exemple.	Méthodes rejetées
Méthodes expérimentales	(-) Obstacle déontologique : mise en danger d'autrui	Méthodes rejetées
Méthodes observationnelles		
Recueil de données comportementales	(-) Accès aux situations accidentelles : obstacles déontologiques (mise en danger d'autrui). Survenue rare et incertaine des incidents). (-) Pas d'accès à une maquette fonctionnelle (-) Contraintes liées à une observation de longue durée	**Recours à l'analyse prospective comme moyen pour valider les concepts de produits à concevoir** Travail sur les maquettes d'aspect Utilisation d'un journal de bord rempli par les parents

Type de méthode	Apports (+) et Limites (-)	Compromis proposé
Recueil de traces écrites	(+) Recueil de données sur les pratiques d'usage de la piscine, le rapport à la sécurité. (questionnaire)	Utilisation de questionnaires sur des situations d'usage futur possibles
Méthodes analytiques		
Méthodes ethnographiques	(-) Contraintes liées à une observation de longue durée	Utilisation d'un journal de bord rempli par les parents
Méthodes d'explicitation	(-) Logique simple : Pas d'accès aux victimes d'accidents passés (-) Obstacle déontologique : pas d'explicitation sur des situations traumatisantes auprès de familles de victimes. (-) Logique simple : pas d'accès aux usagers enfants en bas âge (ne maîtrisent pas la communication verbale)	Recours à la responsable associative comme représentante de ces usagers. Recours aux parents comme usagers « par procuration », mais aussi comme usagers à part entière.
Analyse prospective des usages		
Simulations	(-) Biais de prévision : fiabilité incertaine des prévisions sur les situations d'usage nominal et accidentel (-) Biais de censure : incapacité des sujets interrogés à se projeter mentalement dans des situations accidentelles (« ça n'arrive jamais »)	Vérification éventuelle de la pertinence des propos recueillis en simulation avec des simulations « pleine échelle »
Scénarios spéculatifs	(+) Mise en contexte des concepts de produits proposés, (-) mais problème de l'exhaustivité des descriptions	**(-) Limite : l'anticipation est bornée par les ressources disponibles** (ex. temps)
Jeux de rôle	(+) Envisagés lors de la mise au point des scénarios d'usage et de la génération de concepts de produits	
Questionnaires et entretiens	(+) Validation des différents concepts de produit proposés sur le plan de l'acceptabilité prospective (+) Validation des scénarios d'usage	
Supports graphiques	(+) Utilisation des objets intermédiaires « storyboard », « planches de concept » et « planche de tendance » pour les évaluer séparément et conjointement	

Tableau 4-1 - Difficultés et stratégie d'analyse des usages dans le projet PETITE SIRENE

Dans ce projet, les méthodes ont rapidement trouvé leurs limites autour des enjeux de sécurité. Une limite clé était due à l'impossibilité d'accéder, pour des raisons de faisabilité, à une maquette technique fonctionnelle, qui pourrait être testée sur le terrain, avant une étape assez tardive du projet. C'est ce qui nous a incités à fonder l'essentiel de l'intervention ergonomique sur la génération et la validation de concepts.

C'est ce que nous avons fait à partir de l'entretien initial avec la responsable associative. Avec l'accord du partenaire industriel, nous avons utilisé le modèle de l'usage du collier, issu de cet entretien, pour générer de nouveaux concepts d'équipements de sécurité. La limite majeure de cette approche est qu'elle ne fait que déplacer le problème autour des nouveaux concepts. **Dans tous les cas, les concepts doivent être validés aussi finement que possible avant d'être matérialisés sous forme d'objets intermédiaires et évalués sur le plan des usages.**

Nous avons donc choisi de cibler l'analyse prospective sur la validation du concept de collier-bouée, ainsi que des concepts dérivés. Il s'est agi de montrer que tel ou tel concept avait *a priori* plus de chances de prévenir efficacement les accidents de noyade. Pour cela, on s'est appuyé sur les scénarios d'accident générés suite à l'entretien avec la responsable associative. Comme le produit doit être « le plus sûr possible », ***l'imagination requise*** **des concepteurs est fonction du nombre de scénarios disponibles** et de la capacité des concepteurs à confronter les concepts de produit à ces scénarios. Plus la taille de cette base est importante, plus la validation du concept reposera sur un débat nourri. Le concept d'imagination requise est défini comme « *la capacité à imaginer des aspects clé de l'avenir que l'on va planifier (…) Plus important, elle implique d'anticiper ce qui pourrait mal se passer, et comment tester des problèmes éventuels lors du développement* » (Adamski et Westrum 2003, p. 19, traduction libre). Par anticipation, le concepteur peut ajuster un concept de système industriel, de dispositif de prévention, et en éprouver la sûreté avant de l'implémenter.

Le projet PETITE SIRENE est, pour nous, représentatif d'une situation où **l'analyse prospective outille la phase de validation du concept**. Au regard de la partie 2.5, les limites de l'analyse des usages rencontrées dans ce projet peuvent être décrites comme suit :

- Les coûts et délais de la conception itérative. Ils sont incontournables, mais l'échec du produit est inacceptable du point de vue de ses conséquences (mise en danger de l'enfant) ;
- Les usages émergents. Du point de vue de la sécurité, ils sont eux aussi difficilement acceptables car ils peuvent être à l'origine d'un détournement de l'objet de sa fonction principale, voire éventuellement de nouveaux comportements pouvant être considérés comme dangereux.
- Le paradoxe de l'ergonomie de conception. Il est exacerbé par les biais auxquels peut être soumis le raisonnement du concepteur dans le cas précis de ce projet orienté prévention des risques (Nelson *et coll.*, 2009c). Il est important que ce dernier puisse envisager de manière détachée, le plus de situations possibles pour pouvoir les intégrer dans la conception du produit.

Dans le projet DIGITABLE, le modèle du processus en spirale de Boehm a permis aux concepteurs de mettre en œuvre une démarche d'analyse rétrospective. Le Tableau 4-2 ci-dessous présente une réflexion sur les apports potentiels de l'analyse rétrospective des usages utilisés dans ce projet.

Méthodes	Apports	Exigences
Expérimentales	Evaluation de la pertinence d'un paradigme IHM Evaluation de différentes alternatives en conception	Disponibilité d'un prototype fonctionnel Accès aux ressources nécessaires (humaines, matérielles, etc.) à la conduite du protocole.
Observationnelles	Evaluation de l'utilisabilité et de l'UX associée à l'usage d'un prototype	Disponibilité d'un prototype fonctionnel
Analytiques	Analyse des besoins en amont du processus.	Avoir défini le concept de produit Avoir identifié les usagers futurs, les éléments du contexte d'usage.

Tableau 4-2 – Apports possibles des différentes classes de méthodes d'analyse rétrospective des usages, au projet DIGITABLE

On note qu'il n'y a pas eu d'analyse des besoins en amont du processus. Le choix d'orienter le projet vers l'assistance à la créativité en conception, a été fait avant le début du projet. L'approche expérimentale a alors permis de valider ce concept de manière fine : comme nous l'avons dit, l'expérimentation avait une dimension prospective aussi bien que rétrospective. Cette validation a permis de tirer des conclusions, non seulement sur le concept de produit développé dans le projet, mais aussi plus largement, sur la pertinence du paradigme d'interaction *tabletop* pour assister les activités créatives en conception. C'est pourquoi nous dirons que le projet DIGITABLE met en avant une autre finalité de l'analyse prospective des usages : **la valorisation de technologies émergentes**.

Les technologies émergentes présentent les caractéristiques suivantes (Anastassova, 2006) ;
(1) Un caractère novateur, une avancée technologique importante, partiellement réalisée ou en devenir ;
(2) **Des usages peu clairs et peu différenciés**, souvent exprimés en termes de grands domaines applicatifs ;
(3) Plusieurs limites qui ralentissent leur application massive, en particulier :
   - des limites techniques relatives à l'intégration avec d'autres technologies ;
   - des limites d'utilisabilité ;
   - le nombre limité d'applications dans le monde réel ;
   - le manque de méthodologies structurées pour l'analyse des besoins ;
   - une promesse de transformation du contexte économique et social dans lequel la technologie sera introduite.

Au vu de notre état de l'art, il est possible d'envisager plusieurs apports des méthodes existantes d'analyse prospective des usages dans ce cadre (*cf.* Tableau 4-3 ci-dessous).

Type de méthode	Principaux apports envisagés
Simulations	*Utilisée dans le projet*. ont permis de vérifier les hypothèses expérimentales sur le paradigme IHM choisi, en plus d'évaluer l'interface de la Digitable
Scénarios spéculatifs	**Description des apports et limites possibles de la technologie pour différents applications précises**
Jeux de rôle	mise au point des scénarios d'usage. Génération de concepts de produits et validation *a priori.*

Type de méthode	Principaux apports envisagés
Echanges verbaux	Discussion des différents concepts de produit proposés, sur le plan de l'expérience utilisateur.
Supports graphiques	Utilisation d'objets intermédiaires pour intégrer, séparément ou conjointement, des éléments de l'usage futur à la conception du produit et créer des scénarios d'usage spéculatifs.

Tableau 4-3- Apports potentiels de l'analyse prospective des usages au projet DIGITABLE

On constate que l'analyse rétrospective des usages permet une valorisation technologique fine *dans des domaines applicatifs donnés.* Mais dans le projet, le concept de produit était déjà partiellement défini dès le début… **Comment donc offrir à une entreprise, disposant d'un savoir-faire dans le développement de technologies émergentes, les moyens d'explorer de nouvelles pistes de valorisation de ces technologies?**

C'est ici que l'on peut situer les apports de l'analyse prospective des usages : il s'agit d'imaginer des concepts de produits innovants qui vont permettre de valoriser une technologie émergente dans un champ nouveau et pertinent pour les usagers. Comme nous l'avons dit dans notre état de l'art, les scénarios spéculatifs permettent de négocier des marges de manœuvre pour explorer tel ou tel champ d'innovation en lançant de nouveaux projets. Il s'agit de convaincre les acteurs du processus que tel ou tel concept présente *a priori* un intérêt pour l'usager, en termes de valeur d'usage. Contrairement au projet précédent, un nombre de scénarios plus important ne permet pas de rendre le produit plus sûr, mais de choisir à partir d'un portefeuille de concepts plus étendu. **L'analyse prospective des usages outille ici la génération de concepts, en même temps que leur validation**. Au regard de la partie 2.5, les limites des méthodes existantes d'analyse des usages peuvent être décrites de la manière suivante :

- Les coûts et délais de la conception itérative. Toute exploration d'un champ d'application potentiel d'une technologie émergente implique généralement la matérialisation d'un prototype, et donc un processus coûteux de conception itérative sans garantie que la piste explorée soit pertinente.
- Les usages émergents. Ils sont difficilement prévisibles et apparaissent lors de l'appropriation du produit par des usagers. Comme précédemment, ils peuvent être à l'origine de conséquences non souhaitables. Mais on s'intéresse aussi à anticiper quelles nouvelles sources de valeur d'usage pourraient émerger de cette dynamique.
- Le paradoxe de l'ergonomie de conception. Les biais de raisonnement du concepteur sont susceptibles de faire obstacle à la génération de concepts innovants, si ce dernier n'arrive pas à sortir des « sentiers battus » pour générer de nouveaux concepts.

4.5 Conclusion

En travaillant au sein du LCPI, nous avons été amenés à collaborer directement ou indirectement à de nombreux projets de conception innovante, et à mener, à partir d'échanges avec nos collègues et encadrants de thèse, une réflexion sur les apports et limites des méthodes et outils de l'analyse des usages dans ces projets. Dans ce chapitre, nous avons choisi de présenter deux projets : PETITE SIRENE et DIGITABLE. Notre réflexion sur ces projets nous a conduits à choisir les briefs design correspondants, comme matériel des expérimentations présentées dans les chapitres qui suivent.

L'analyse prospective des usages occupe, dans l'un et l'autre de ces projets, des places très différentes. Ceci nous conduit donc à préciser le concept d'analyse prospective des usages, en en formalisant deux tâches clé : la **génération de concepts** de produit, et la **validation de ces concepts**. Cette distinction est aussi présente dans les travaux de Salovaara et Mannonen (2005) sur l'*User-centered product concept design* (UCPCD). La Figure 4-6 ci-dessous situe, dans le modèle proposé par ces auteurs, les deux projets choisis au niveau des tâches dont nous estimons qu'elles y auront une importance particulière.

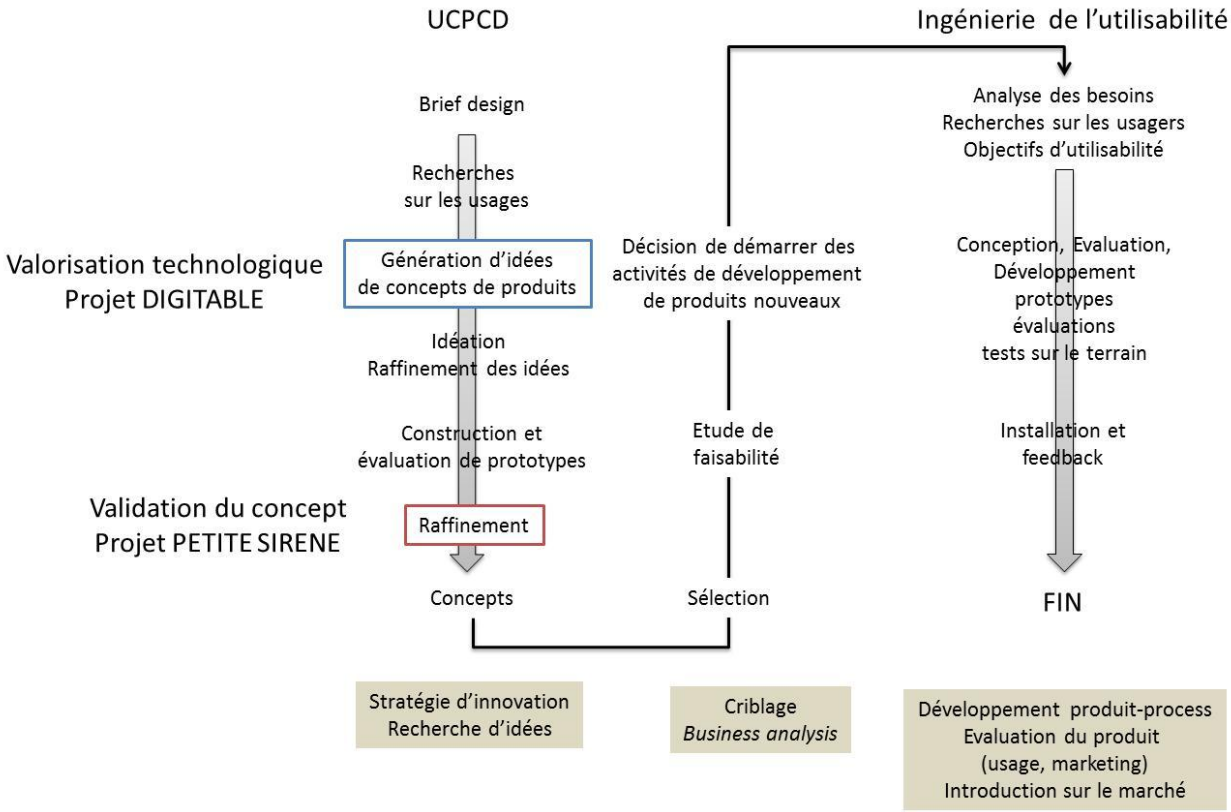


Figure 4-6 - Valorisation technologique et validation du concept dans le processus d'User-Centered Product Concept Design (complété à partir de Salovaara et Mannonen, 2005).

5 APPORTS DE TRIZ À L'ANALYSE PROSPECTIVE DES USAGES[56]

5.1 Introduction

L'élaboration de scénarios d'usage spéculatifs exige un effort mental important et est soumise à nombreux biais sociocognitifs (*cf.* partie 2.5). Sur le plan cognitif, la théorie TRIZ a proposé de nombreux outils pour lever l'inertie psychologique dans l'innovation (*cf.* annexe 2.3). Parmi ces outils, cette première expérimentation se propose d'évaluer plus particulièrement les effets de **l'analyse multi-écrans**. Pour rappel, le diagramme multi-écrans structure le raisonnement du concepteur dans deux directions :

- **Trois niveaux systémiques** : le *système* désigne un artefact technique, conçu pour remplir une fonction donnée ; le *sous-système*, les composantes élémentaires du système ; inversement, le système peut être lui-même considéré comme une composante d'un système plus complexe dit *super-système*.[57]
- **Trois espaces temporels** : le passé, le présent et l'avenir. Le diagramme multi-écrans vise à reconstituer des tendances d'évolution observées dans le passé et ayant donné naissance à des artefacts présents, pour en déduire des pistes de résolution d'une contradiction technique à laquelle le concepteur est confronté dans le projet.

Le croisement des deux niveaux donne un diagramme illustré à la Figure 5-1. Le diagramme multi-écrans va lever l'inertie psychologique associée à la résolution du problème, en permettant au concepteur d'appliquer un raisonnement par analogie fondé sur :
(1) la recherche d'antécédents techniques du produit à concevoir ;
(2) l'identification de tendances d'évolution ayant donné lieu aux artefacts existants. Ces tendances sont souvent exprimées en termes d'évolutions de paramètres techniques ;
(3) l'extrapolation des effets qu'aurait cette tendance si elle s'appliquait aujourd'hui (ex. rendre l'objet « encore plus léger », « encore plus automatisé », par exemple) pour donner des produits nouveaux.

[56] Les résultats présentés dans ce chapitre ont fait l'objet d'un article de synthèse : Nelson, J., Buisine, S.. et Aoussat, A. (soumis à publication). Generating scenarios of future use in user centered product concept design: a creativity-based approach. Soumis au *Journal of Engineering Design*.

[57] Altschuller (1984) donne l'exemple de la problématique de contrôle du niveau d'essence dans une voiture. Celle-ci est considérée comme le super-système ; le système de contrôle du niveau d'essence est le système ; et ses différentes composantes – tels que l'essence, le réservoir – correspondent aux sous-systèmes. Cependant, dans d'autres problématiques industrielles, la voiture pourrait être considérée comme le système, et le système routier comme le super-système.

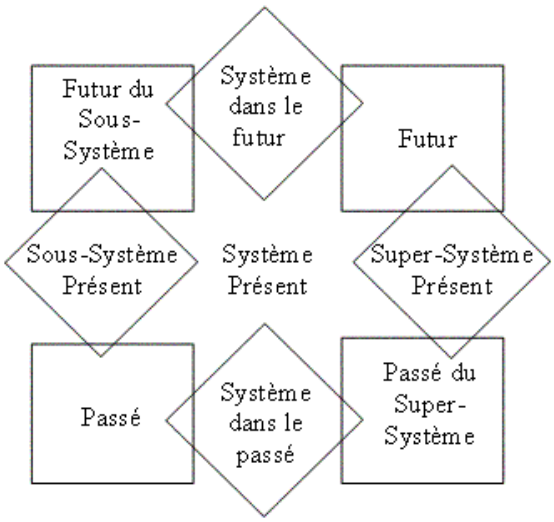


Figure 5-1 – Structure du diagramme multi-écrans (d'après Savransky, 2000)

Notre point de vue dans cette expérimentation est qu'une adaptation réussie de l'analyse multi-écrans à l'analyse prospective des usages implique que les sujets soient capables, par leur discours, d'effectuer une transition depuis une réflexion sur les objets techniques, vers une réflexion sur les usages (Figure 5-2).

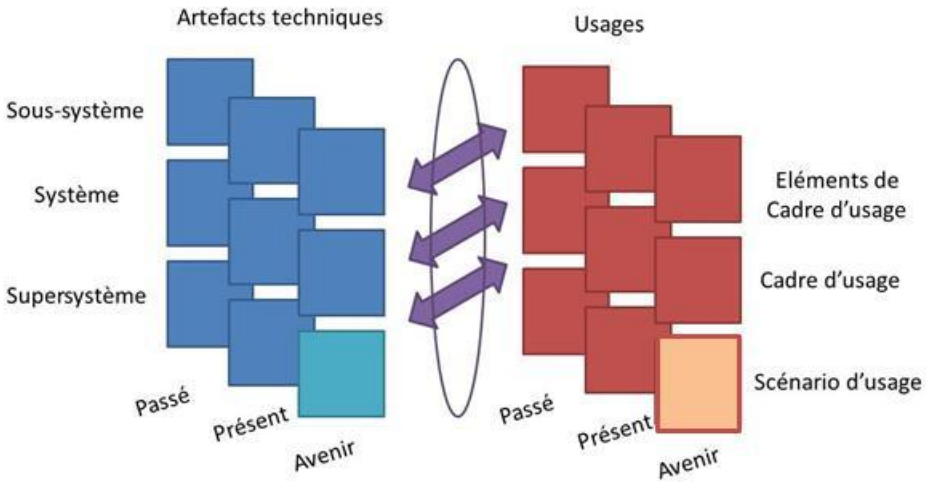


Figure 5-2 – Passage d'une extrapolation des évolutions techniques par TRIZ à une extrapolation des usages

Dans l'état de l'art dressé au Chapitre 2, nous avons constaté un élargissement du cadre de l'analyse des usages, depuis l'interaction usager-produit, à l'intégration du contexte de l'activité dans l'analyse. Ceci nous incite à **considérer l'usage comme une propriété du super-système**. Le glissement du champ des artefacts techniques vers celui des usages est aussi conforté par certains modèles sociologiques tels que la théorie de l'Acteur-Réseau (cf. partie 2.3.2.3). C'est cet aller-retour entre technique et usage, plus que les ressorts classiques de la structure des neuf écrans, que nous espérons « propulser » (Sternberg, 1999) grâce à cette méthode.

L'objectif de cette étude menée à titre exploratoire, est d'évaluer si une équipe de concepteurs sera en mesure de s'approprier le diagramme des neuf écrans pour mener une réflexion prospective sur les usages d'un produit innovant.

5.2 Méthode

5.2.1 Participants

L'équipe est composée de 8 concepteurs (6 hommes et 2 femmes) issus de différents métiers de la conception (6 ingénieurs, 1 ergonome, 1 designer). Leur âge moyen était de 32,6 ans (σ=8,8) et ils avaient une ancienneté moyenne de 9,9 années dans leur métier (σ=7,7). L'équipe ne comprenait qu'un expert TRIZ (11 ans d'expérience d'utilisation des outils TRIZ) jouant le rôle d'animateur. Les autres participants n'avaient, pour la plupart, aucune expérience en dehors d'une formation assurée précédemment par l'expert du groupe. Cette expérimentation était présentée comme une suite à cette formation.

5.2.2 Matériel expérimental

L'équipe travaillait sur le projet DIGITABLE (*cf.* partie 4.3). Tous ses membres étaient familiers du projet, mais il leur a été présenté au début de la phase de travail, quelques documents destinés à leur rappeler ses éléments essentiels[58] (Figure 5-3) :

Figure 5-3 – Brief et exemple de support visuel utilisé dans le travail sur le projet DIGITABLE

– Un brief design, récapitulant les principales fonctionnalités de la Digitable ;
– Des visuels produits dans les phases initiales du projet et représentant d'autres IHM *tabletop*.

L'expérimentation a eu lieu dans une salle de réunion du laboratoire, comportant (Figure 5-4):
(1) un dispositif de vidéo-projection pour la diffusion d'un support de cours. Il s'agit d'un fichier powerpoint constitué de 43 slides et divisé en deux parties : a) un rappel sur les principes généraux de TRIZ, et b) un exposé sur le fonctionnement du diagramme multi-écrans qui restait visible tout au long de la séance ;
(2) un tableau blanc permettant à l'animateur de consigner des traces de la discussion du groupe et de remplir le diagramme multi-écrans au fur et à mesure.

[58] Ces documents ont été aussi utilisés comme matériel expérimental dans les expérimentations 2 et 3 (chapitres 7-8).

Un caméscope était installé au fond de la salle pour filmer l'intégralité de la séance de travail avec l'accord des participants. En dehors du contenu du diagramme, les données recueillies sur l'activité des concepteurs étaient les manifestations orales de l'activité. Pour donner un aperçu plus concret des échanges réalisés lors de la séance, un extrait du corpus des verbalisations recueillies figure en annexe 3.

Figure 5-4 : la salle de travail. Les participants débattaient verbalement sur la construction du diagramme, et indiquaient à l'animateur quel contenu mettre dans quelles cellules

La Figure 5-5, à la page suivante, schématise le contenu du diagramme multi-écrans à la fin de la séance de travail.

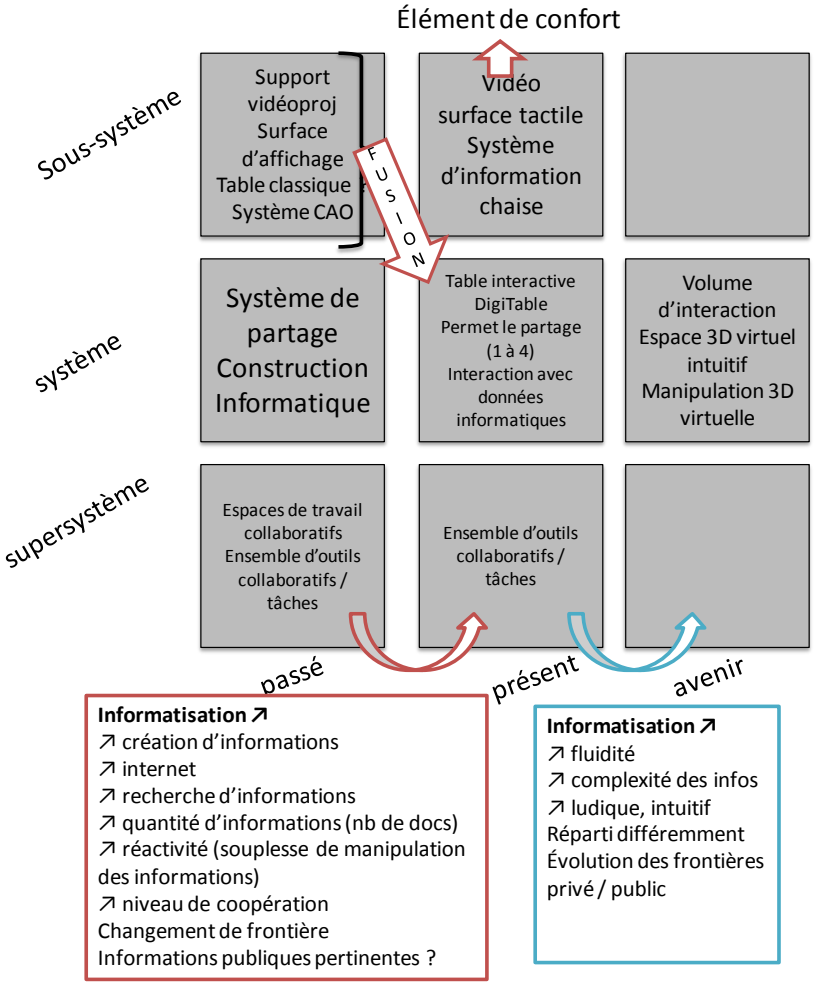


Figure 5-5 – Schéma du diagramme multi-écrans de la Digitable à la fin de l'expérimentation 1. Seule une tendance d'évolution technique majeure (l'informatisation) a été notée par le groupe.

5.3 Procédure

La séance de travail comportait deux volets :

(1) une formation à la technique du diagramme multi-écrans, comportant une partie théorique et un exemple pratique (env. 45 minutes) ;

(2) une expérimentation, dont la consigne, donnée par l'animateur au groupe, était la suivante : « **On va essayer ensemble d'anticiper les usages futurs possibles de la Digitable** » (env. 120 minutes).

Le recueil et l'analyse des données n'ont porté que sur la seconde partie de la séance. Le caméscope a permis le recueil de toutes les verbalisations, qui ont ensuite été retranscrites *verbatim*.

5.3.1 Variables

Le corpus de la réunion comporte 485 tours de parole partagés par les 8 participants, pour un total de 10 240 mots[59]. Ce corpus a été analysé suivant une approche d'analyse des contenus verbaux. Cette approche d'analyse des données verbales a fait l'objet de prolongements particuliers dans le champ de l'ergonomie. Ils nous intéressent car ils ont été appliqués avec succès à l'analyse de réunions de conception, pour étudier les échanges de points de vue au fil

[59] Ramenées au nombre de mots, les interventions de l'animateur représentent environ 51% de la production totale, ce qui montre l'importance de son rôle dans la construction de la matrice.

d'une argumentation (Darses, 2006; Détienne et Traverso, 2008). Il s'est agi, pour nous, d'extraire à partir des verbalisations des participants, des indicateurs permettant de les associer à telle ou telle catégorie d'observables.

La grille d'analyse a été élaborée en fonction des objectifs de l'expérimentation. Nous avons recensé, dans le discours de l'équipe sur les usages possibles de la Digitable, le nombre d'évocations de nos trois objets d'analyse :

- l'artefact (ou produit) ;
- les éléments du cadre d'usage, en particulier les énoncés portant sur les caractéristiques des usagers et des lieux d'usages futurs possibles de la Digitable ;
- les scénarios d'usage du produit.

Les trois indicateurs constituent nos variables dépendantes. Par ailleurs, deux variables indépendantes ont été définies : la temporalité (3 : passé, présent, avenir) et le niveau d'abstraction (3 : sous-système, système, super-système). Le croisement de ces variables permet de dire « à quel endroit » un participant se situait dans le diagramme multi-écrans, lors de la production d'un énoncé donné. Le Tableau 5-1 recense les VI, leurs modalités, et les critères utilisés coder les verbalisations.

VI 1 : Temporalité		
Modalité	Critères	Exemple
Passé	l'auteur fait allusion à une situation précédant l'usage de la Digitable et/ou la phrase est conjuguée au passé.	*Non parce que les sous-systèmes du passé, si je prends la table c'est le plateau et les pieds et j'ai pas tellement d'intérêt si tu veux*
Présent	l'auteur fait allusion à une situation relevant de l'usage actuel de la Digitable ou d'autres produits contemporains, et/ou la phrase est conjuguée au présent	*Le SI comme système d'information c'est mon calculateur le système de pilotage. Ca vous va, ça vous suffit pour l'instant ? Et j'ai en gros j'ai des chaises. Ca va ça ? OK. Si vous aviez à définir un supersystème de ce truc là ce serait quoi ? Non, le supersystème. Ce truc-là dans quoi ça s'intègre aujourd'hui? »*
Avenir	L'auteur fait allusion à une situation relevant de l'usage futur de la Digitable ou d'autres produits, et/ou la phrase est conjuguée au futur.	*C'est une question qu'on s'est posée, c'est à dire si tu prends dans 15 ans il y aura eu des évolutions technologiques sur à la fois les usages auront évolué et les potentiels technologiques auront évolué.*
VI 2 : Niveau d'abstraction dans TRIZ		
Modalité	Critères	Exemple
Sous-système	L'énoncé fait allusion aux composants techniques de la Digitable ou de tout autre système	*Non mais ce que je veux dire c'est par rapport à ce qu'on cherche nous, on ne cherche pas l'évolution du produit, peut-être plus une évolution du produit logiciel, ou calculateur, ou des nouvelles fonctionnalités.*
Système	L'énoncé fait allusion à la Digitable ou à d'autres objets techniques	*Est-ce que le système c'est pas un outil numérique de créativité ? Le système ancien c'était un outil non-numérique de créativité. Et en fonction de ça on décompose en sous-systèmes.*

VI 2 : Niveau d'abstraction dans TRIZ		
Super-système	L'énoncé fait allusion à la Digitable en interaction avec d'autres objets et/ou avec des usagers, dans une situation d'usage	*Est-ce que le fait d'utiliser de dire je mets en place des outils collaboratifs est ce que c'est pas quelque chose qui force les gens à commencer à collaborer donc au moins à se rencontrer ? Moi je suis plus comme toi aussi.*

Tableau 5-1 - Règles de codage des énoncés verbaux

A partir de ce schème de codage, chaque énoncé était d'abord associé à une position dans le diagramme multi-écrans, *i.e.* à un couple « temporalité x niveau d'abstraction ». Dans cet énoncé, étaient ensuite dénombrées **les allusions au produit, au cadre, et au scénario d'usage**. Il a parfois été difficile de classer les énoncés suivant ce schème, certains d'entre eux étant assez ambigus. Nous avons utilisé la règle suivante :

- Temporalité : lorsqu'un énoncé ne comportait aucun des 3 items du Tableau 5-1 et/ou qu'il était impossible de « trancher » entre les critères, la temporalité était classée « indéterminée » ;
- Niveaux d'abstraction : chaque énoncé ambigu appartenait à un « bloc » d'énoncés explorant un niveau d'abstraction donné. On considérait alors que l'énoncé relevait du même niveau d'abstraction que le bloc dans son ensemble.

5.3.2 Hypothèse

La méthode TRIZ s'appuie sur un ensemble d'outils pour construire un discours sur les caractéristiques possibles d'artefacts futurs. Ces outils s'appuient souvent sur des extrapolations à partir de tendances d'évolutions observées dans le passé, et qui ont donné naissance à des artefacts présents. Si l'on considère que l'usage est une propriété du super-système, alors un groupe capable d'anticiper les usages futurs du produit Digitable à l'aide du diagramme multi-écrans aura un discours « polarisé » vers l'avenir du super-système.

Nous pensons que l'on pourra retrouver, dans le discours des participants, des différences significatives dans la répartition des énoncés entre les différents niveaux d'abstraction et les différentes temporalités. En particulier, **on pose l'hypothèse que le discours du groupe manifestera une attraction significative des énoncés décrivant des scénarios d'usage, vers le niveau « super-système » et la temporalité « avenir ».** C'est ainsi que nous interprétons le fait que le groupe soit en mesure de se réapproprier le diagramme des neuf écrans pour mener une réflexion prospective sur les usages.

5.4 Résultats

Le Tableau 5-2 synthétise les principaux résultats du traitement des données.

Thème	Temporalité	**Sous-système**	**Système**	**Super-système**
Artefact	**Passé**	17 (4,4%)	14 (3,7%)	21 (5,5%)
	Présent	75 (19,6%)	68 (17,8%)	68 (17,8%)
	Avenir	20 (5,2%)	30 (7,8%)	45 (11,7%)
	Indéterminée	9 (2,3%)	16 (4,2%)	0 (0%)
Eléments du cadre d'usage	**Passé**	0 (0%)	0 (0%)	7 (6,6%)
	Présent	3 (2,8%)	13 (12,3%)	51 (48,1%)
	Avenir	3 (2,8%)	5 (4,7%)	22 (20,8%)

Thème	Temporalité	**Sous-système**	**Système**	**Super-système**
	Indéterminé	0 (0%)	0 (0%)	2 (1,9%)
Scénarios d'usage	**Passé**	0 (0%)	6 (2,8%)	17 (7,8%)
	Présent	6 (5,7%)	31 (14,3%)	83 (38,2%)
	Avenir	2 (0,9%)	12 (5,5%)	51 (23,5%)
	Indéterminé	0(0%)	5 (2,3%)	4 (1,8%)

Tableau 5-2 – Dénombrement des allusions aux artefacts, éléments de cadre d'usage, et scénarios d'usage au cours de la séance, pour chaque position dans le diagramme multi-écrans

Le test du Khi² montre une différence significative dans la répartition des énoncés en fonction de la temporalité (4) et du niveau d'abstraction dans TRIZ (3), mais **uniquement dans les énoncés ciblant les artefacts techniques**, qu'il s'agisse de la Digitable ou d'autres artefacts (χ^2=26,2, 6 DDL, p<0,001). Pour les thèmes relatifs à l'usage, qu'il s'agisse d'éléments du cadre ou de scénarios, la différence observée est non significative (p=0,66 et p=0,25 respectivement).
L'analyse des taux de liaison (Tableau 5-3) montre une attraction, dans le discours des participants, entre le niveau « super-système » et la temporalité « avenir ».

		Niveau d'abstraction		
		Sous-système	Système	Super-système
Temporalité	Passé	0,3	-0,2	0,1
	Présent	0,1	-0,1	0
	Avenir	-0,3	0	0,3
	Indéterminée	0,1	0,9	-1

Tableau 5-3 – Taux de liaison (temporalité x niveau d'abstraction dans TRIZ)

5.5 Discussion

Nos résultats suggèrent que l'usage du diagramme multi-écrans a effectivement permis à l'équipe **d'orienter son discours vers l'avenir du super-système**. C'est dans ce discours, qui porte sur les articulations complexes entre plusieurs systèmes techniques, que l'on pourrait s'attendre à voir émerger un discours sur les usages, plus qu'aux autres niveaux – (sous-système et système). Cependant, notre analyse nous conduit aussi à discuter plus en détail la pertinence du diagramme multi-écrans pour l'analyse prospective des usages. Les seuls résultats significatifs concernent **les énoncés ciblant les objets techniques**, et pas les éléments du cadre d'usage, ni les scénarios d'usage.

On peut avancer une explication. La construction de scénarios prospectifs d'usage d'un produit implique que la définition du concept de produit soit stabilisée. Si ce n'est pas le cas, les concepteurs n'arriveront pas à construire un discours cohérent pour « négocier le futur » des usages – puisque l'objet technique à concevoir est, lui-même, encore ouvert. Cette hypothèse pourrait être validée objectivement en étudiant plus finement les énoncés ciblés sur l'usage futur du produit. Nous n'appuierons la suite de la discussion que sur les explications qui nous ont été données *a posteriori* par les participants.

Le fait que la technologie des tables interactives puisse être considérée comme « émergente » a été source de difficultés pour les concepteurs, pour positionner le produit sur le diagramme. Dans le discours des concepteurs, la Digitable occupe, sur l'axe temporel, une position

intermédiaire (Figure 5-6). La consigne pouvait alors être interprétée de deux manières différentes :

- tantôt la Digitable est considérée comme un objet déjà existant (ex. tables interactives existantes, démonstrateurs). Elle se situe alors au niveau « présent » du diagramme. L'extrapolation vers le niveau « futur » consiste à imaginer des formes de collaboration informatisée s'appuyant sur des évolutions du concept, quitte à évoquer d'autres paradigmes d'Interaction Homme-Machine (tablettes, informatique ubiquitaire) ;
- tantôt elle est considérée comme un objet n'existant pas encore. Elle occupe alors le niveau « futur » du diagramme. L'extrapolation consiste alors à imaginer des usages du prototype « table interactive » à partir d'une réflexion sur des supports de collaboration plus anciens (ex. papier-crayon).

Ceci suggère que, pour appliquer avec succès le diagramme des 9 écrans à l'analyse prospective des usages, il est nécessaire de résoudre cette ambigüité d'entrée de jeu, et précisant si le produit qui s'appuie sur une technologie émergente est à considérer comme un produit présent ou un produit futur, et sur quelle échelle de temps portera la réflexion.

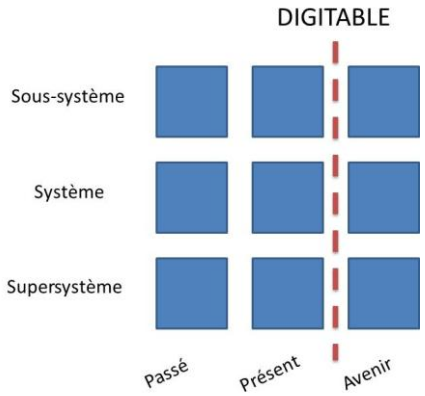


Figure 5-6 - Difficulté de positionnement de la Digitable sur l'axe temporel

D'autre part, la Digitable est un exemple de convergence numérique, c'est-à-dire « *une confluence de marchés séparés donnant lieu à une abolition de frontières au sein du marché et de l'industrie* » (Negroponte, 1995; cité par Hacklin, 2008). Cette ouverture des frontières est souvent source d'innovations technologiques. Ici, les participants ont remarqué que la Digitable pouvait être vue comme un hybride de deux produits – l'ordinateur et la table. Il devient alors très difficile de remplir la matrice, car les concepteurs doivent « jongler » entre les tendances d'évolution observées pour ces deux types de produit, avant de pouvoir discuter des usages futurs de la table interactive. Ainsi, nos concepteurs ont alterné un discours portant sur (1) les grandes évolutions prévisibles de l'informatique, et 2) les évolutions possibles de la conduite de séances de créativité sur table (le cadre applicatif du projet Digitable, voir partie 4.3) à partir des évolutions possibles de l'interaction *tabletop*. Comme précédemment, ce point suggère la nécessité de figer la définition du problème avant d'entreprendre la construction du diagramme des neuf écrans pour l'analyse prospective.

On a observé que les participants ne sont jamais sortis du discours sur les grandes tendances d'évolution des produits techniques pour **proposer de nouveaux cadres applicatifs de telles interfaces**. Ceci aurait davantage correspondu, pour nous, à une analyse prospective des usages.

Enfin, la Digitable a aussi un fort potentiel de *plasticité* des usages. On emprunte le terme de plasticité à Béguin (2007b) qui le définit comme le fait de « *laisser à l'activité en situation*

des marges de manœuvre suffisantes pour rendre la technique plus performante » dans le contexte d'une activité donnée (p. 110). Notre expérimentation nous pousse à voir la plasticité de manière plus large car elle ne se réfère pas seulement aux pratiques d'usagers bien identifiés. Une table, un ordinateur peuvent être utilisés **dans des cadres variés**, **par des populations d'usagers diverses** en fonction du concept de table interactive que l'on choisit de développer.

C'est justement dans **la définition de cadres d'usage** que les sujets ont dit éprouver à la fois le plus grand besoin d'outils et les plus grandes difficultés dans cette expérimentation. Il leur a été possible d'envisager des évolutions possibles de l'informatique dans les prochaines années. Mais le « passage à l'usage » était beaucoup plus ardu, car ils n'ont pas été capables de raisonner autrement qu'en termes de domaines applicatifs vagues : le travail, le jeu, etc. Ceci rejoint tout à fait le constat d'Anastassova (2006) sur les technologies émergentes.

5.6 Conclusion de la première expérimentation

Rappelons notre hypothèse expérimentale :

H1 Les biais sociocognitifs de l'anticipation des usages peuvent être levés par l'utilisation de **méthodes de créativité**.

Nous avions scindé cette hypothèse en deux sous-hypothèses :

- **H1A :** L'analyse multi-écrans de TRIZ peut être adaptée de manière à anticiper les usages futurs d'un objet technique nouveau à partir de son brief design ;
- **H1B :** L'association des outils du brainwriting et de la matrice de découvertes permet de générer des éléments de cadres d'usage futur et de les combiner de manière à formuler des scénarios prospectifs d'usage.

Notre première tentative exploratoire d'adapter la technique de l'analyse multi-écrans à l'analyse prospective des usages nous a permis d'examiner l'hypothèse H1A. Nous avons pu montrer que si l'équipe n'avait pas été capable de structurer une réflexion prospective sur les usages de la Digitable, cela était dû en grande partie au fait qu'ils devaient envisager ensemble les tendances d'évolution de deux objets d'analyse : les objets techniques d'une part, et leurs usages d'autre part. Il est possible que les sujets auraient eu plus de facilité à envisager des scénarios d'usage futurs, en étant confrontés à des objets intermédiaires plus avancés, tels que le prototype de la Digitable, ou encore si la formulation du problème avait permis de savoir avec certitude *à partir de quels produits et situations existants* l'équipe devait extrapoler les usages futurs de la Digitable – quitte à mettre les concepteurs en situation d'expérimenter l'usage de ces artefacts de référence. En tous les cas :

Nos résultats nous conduisent à rejeter l'hypothèse H1A, au moins pour les méthodes TRIZ utilisées. Toutefois, ceci ne remet pas définitivement en cause l'usage de méthodes dérivées de TRIZ pour l'analyse prospective. Plusieurs caractéristiques de cette méthode nous invitent à ne pas l'écarter comme composante d'une « boîte à outils » pour l'analyse prospective des usages.

Premièrement, l'hypothèse forte d'une continuité dans les lignées d'objets techniques trouve un écho chez certains théoriciens de l'activité. Par exemple, dans la partie 2.3.2.2, nous notions que Rabardel (1995) a introduit le concept de *genèse instrumentale* pour illustrer le fait que l'usage se développe par rencontre entre deux composants : l'artefact (objet technique) et le schème (composante psychologique de l'usage). De là, un moyen d'améliorer l'utilisabilité d'un produit serait de capitaliser sur les schèmes existants chez l'usager, *mais aussi d'envisager leurs évolutions futures*. La perspective d'explorer les évolutions possibles des usages au moyen d'outils TRIZ-like – lois d'évolution, principes de résolution des contradictions – est pour nous séduisante, mais elle nécessiterait un travail colossal, analogue à celui réalisé par Altshuller sur la généalogie des objets techniques.

Exploiter pleinement le potentiel de TRIZ pour l'analyse prospective des usages semble donc exiger des travaux conséquents de recherche pluridisciplinaire qui sortiraient du cadre de cette thèse. Le constat issu de notre première expérimentation est qu'il est difficile d'appliquer ces méthodes telles quelles dans des projets d'innovation qui ne sont pas assez avancés pour donner une idée claire (1) des briques techniques impliquées et (2) des cadres d'usage envisagés. **Cette situation concerne potentiellement tous les projets d'innovation de type *technology-push*** (voir partie 2.2.3.1).

Les outils TRIZ seraient donc, *a priori*, trop technocentrés pour structurer à eux seuls une réflexion sur les usages. Plus qu'une réflexion sur les tendances d'évolution (qui reste une piste prometteuse), nos résultats et le feedback des participants montrent **un besoin en outils d'analyse prospective des usages qui ne partiraient pas de la technique, mais des usages eux-mêmes.** C'est pourquoi notre expérimentation n°2 s'appuie sur des méthodes issues d'un paradigme différent, la résolution créative de problèmes. L'originalité de ces méthodes est qu'elles visent, de manière très générale, la production d'idées. Contrairement à TRIZ, le focus n'est pas technique. Une idée peut désigner une réponse à tout type de question. Dans notre cas, la question que nous poserons aux concepteurs dans la suite de nos expérimentations est la suivante : **Quels peuvent être les usages futurs du produit que vous êtes chargés de développer ?**

6 APPORTS DES MÉTHODES DE *CREATIVE PROBLEM SOLVING* À LA PRODUCTION DE SCÉNARIOS PROSPECTIFS D'USAGE[60]

6.1 Introduction

Dans cette seconde expérimentation, nous avons envisagé une seconde piste pour permettre aux concepteurs de surmonter leur inertie psychologique lorsqu'ils anticipent les usages futurs des produits qu'ils développent, dans les phases initiales du processus d'innovation. Il s'agit du paradigme du *Creative Problem Solving*. La méthode choisie vise à simuler plusieurs cycles de production créative pour générer des inférences sur les usages de produits innovants. Les outils utilisés dans cette expérimentation correspondent à 1,5 cycle de divergence-convergence (Figure 6-1).

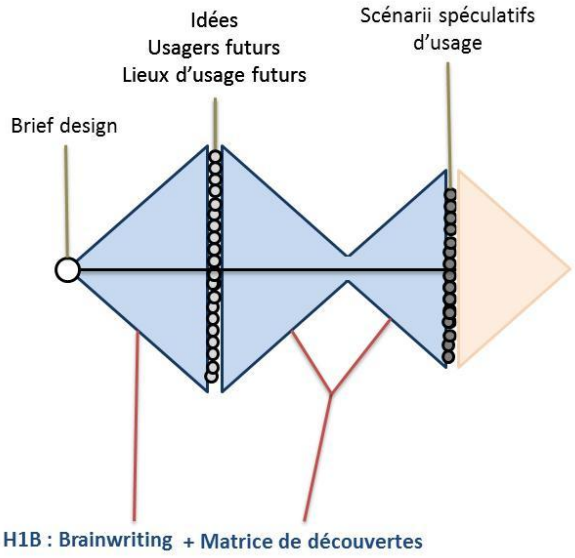


Figure 6-1 - Phases de production créative couvertes dans l'expérimentation

Le principe est le suivant. La première phase de divergence vise à permettre la production d'un grand nombre d'idées, correspondant à des éléments possibles du cadre d'usage. A partir de la définition de Flichy (2008) nous avons choisi deux types de composantes sur lesquelles faire porter la génération d'idées : a) les **populations d'usagers**, et b) les **lieux d'usage**. La

[60] Les résultats présentés dans les Chapitres 7 et 8 ont été rapportés dans trois articles de synthèse :

1) Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (2010). *Creativity as a tool for prospective use analysis in the design of innovative products.*in Actes de la conférence Ergo'IA 2010, Bidart-Biarritz: 13-15 Octobre ;
2) Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (accepté à publication). A methodological proposal to assist prospective ergonomics in projects of innovative design. *Le Travail Humain* ; et
3) Nelson, J., Buisine, S. & Aoussat, A. (soumis à publication) Generating scenarios of future use in user centered product concept design: a creativity-based approach. *Journal of Engineering Design*.

méthode choisie pour faciliter la divergence est le **brainwriting** (*cf.* partie 3.4.2), plus particulièrement suivant la procédure imaginée par Paulus et Yang (2000). Rappelons que, par rapport à la méthode classique du brainstorming, les avantages attendus de cette méthode sont les suivants :

- Une augmentation de la production par déchargement du canal verbal, et donc allégement du « blocage de production » ;
- Une augmentation de la motivation à produire des idées par responsabilisation des participants. L'usage d'encres de couleur différentes permet ainsi d'évaluer facilement la fluence créative de chaque participant ;

Et par conséquent, une plus forte productivité, en termes d'idées, que la procédure de brainstorming classique ;

Ensuite, la première étape de convergence va s'appuyer sur les productions de l'étape précédente pour sélectionner les idées les plus pertinentes et les intégrer dans une **matrice de découvertes** (*cf.* partie 3.4.4). Il s'agit de croiser les productions créatives de la première étape pour explorer des combinaisons inédites. Cette étape est immédiatement suivie d'une seconde étape de divergence. Les participants se servent en effet de la matrice pour générer des idées de scénarios spéculatifs d'usage, à partir du concept décrit dans le brief.

En évaluant les effets de ces méthodes utilisées l'une à la suite de l'autre, cette expérimentation a pour objectif de nous permettre de conclure, plus globalement, sur la pertinence du paradigme CPS pour l'analyse prospective des usages.

Quel(s) critère(s) de pertinence choisir ? Le travail présenté dans les parties précédentes souligne que l'analyse prospective des usages n'a pas de finalité prédictive. Plutôt que de formuler, dès les phases initiales du processus, des prédictions sur l'usage futur, il s'agit de produire des propositions relatives à l'usage futur du produit.
Le scénario d'usage peut alors être considéré comme une idée à part entière. Cette idée peut être très détaillée (une histoire, correspondant au scénario au sens classique du terme), ou extrêmement synthétique, et tenir en une phrase. Mais pour affiner l'analyse, nous avons choisi aussi de considérer aussi comme des idées, celles formulées sur le cadre d'usage et ses différentes composantes – en particulier les populations d'usagers, les lieux d'usage, et les activités des usagers.

Notre point de vue peut donc être résumé de la manière suivante. Pour dépasser le paradoxe de l'ergonomie de conception décrit dans l'état de l'art, **nous proposons de décrire l'analyse des usages, non comme une démarche d'analyse de situations réelles, mais comme une tâche de production d'idées.** Ce choix nous permet d'évaluer relativement facilement les effets des méthodes CPS sur les performances des concepteurs, suivant les mêmes critères que les travaux, notamment en psychologie, sur la production d'idées en groupe. Ces critères sont définis dans la présentation du protocole expérimental ci-dessous.

6.2 Méthode

6.2.1 Participants

Trente-deux personnes (11 hommes et 21 femmes) ont été recrutées pour prendre part à des séances de travail sur un projet d'innovation fictif. L'objet de ces séances était **d'anticiper les**

usages de produits nouveaux. L'âge moyen des participants était de 36,1 ans (σ=16,1 ; min=20, max=71) et ils avaient une ancienneté moyenne de 9,1 ans dans leur métier respectif (σ=12,4, min=0, max=53)[61]. Les sujets étaient recrutés en fonction de leur métier. L'échantillon était composé de 8 équipes de conception, chacune comportant 1 ingénieur, 1 ergonome, 1 designer, et 1 personne sans expérience préalable de la conception, dite « naïve ». Ces profils ont été choisis sur deux critères.

- Il s'agissait, d'une part, de rendre compte de la diversité des points de vue exprimés dans un projet pluridisciplinaire d'innovation, auxquels participent classiquement aujourd'hui les ingénieurs, designers et ergonomes.
- D'autre part, il n'a pas été possible d'impliquer, dans l'expérimentation, des représentants des usagers futurs. En effet, la « figure » de l'usager n'est pas toujours définie au stade du processus qui nous intéresse. En revanche, il a paru utile d'intégrer des sujets « naïfs » aux équipes afin d'assurer une hétérogénéité supplémentaire des profils et d'éviter que les concepteurs ne cèdent à la tentation de construire un usager « réflexif » qui serait le miroir d'eux-mêmes (*cf*. Bardini et Horvath, 1995).

6.2.2 Matériel

L'expérience a eu lieu dans une salle de travail au laboratoire, où l'on fournissait aux équipes un *brief*, où figuraient (1) les possibilités techniques offertes par le produit à concevoir et (2) des visuels produits dans les phases initiales du projet (Figure 6-2 et Figure 6-3), les équipes travaillaient sur l'un ou l'autre des projets présentés précédemment : PETITE SIRENE ou DIGITABLE.

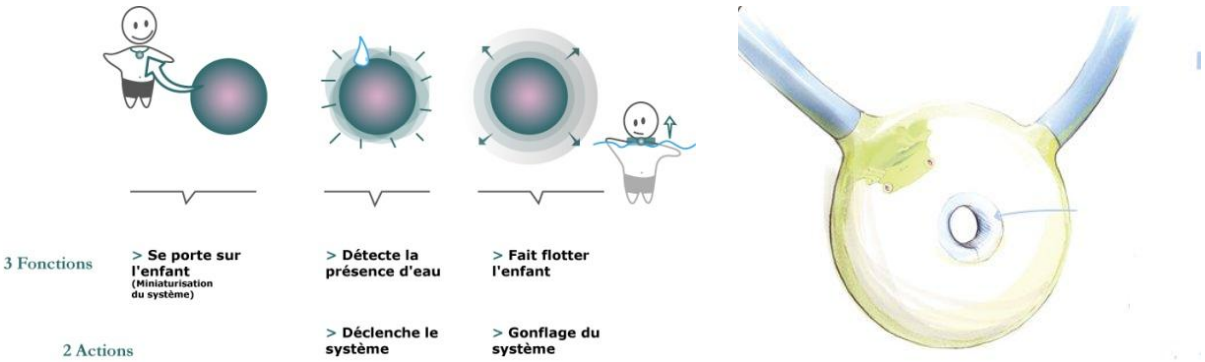


Figure 6-2 – *Brief* papier et exemple de support visuel utilisé dans le travail sur le projet PETITE SIRENE

Figure 6-3 – *Brief* papier et exemple de support visuel utilisé dans le travail sur le projet DIGITABLE

[61] Ces données ont plus de sens en ne considérant que les professionnels de la conception, dont l'âge moyen était de 30,5 ans (min=20, max=71, σ=11,2) et l'ancienneté moyenne de 5,8 ans (min=0, max=30, σ=7,2).

L'objectif général de la séance, affiché sur une pancarte visible de tous, était le suivant : **« Anticiper tous les usages possibles du produit à concevoir »**. Les 4 membres de chaque groupe travaillaient sur une même table. Les briefs étaient eux aussi visibles de tous, et les règles du brainwriting édictées par Paulus et Yang (2000) étaient affichées dans la salle :

(1) Pas de censure ;
(2) Générez autant d'idées que possible, la quantité prime sur la qualité ;
(3) Toutes les idées comptent, même les plus farfelues ;
(4) Rebondissez sur les idées produites pour en produire de nouvelles.

On fournissait aux participants des fiches idées vierges pour qu'ils y consignent leurs idées (*cf.* annexe 4), ainsi que des stylos de différentes couleurs en fonction de leur rôle-métier : les ingénieurs écrivaient en bleu, les ergonomes en vert, les designers en rouge, et les sujets naïfs en noir. Pour le brainwriting ils recevaient en outre des blocs de post-its vierges. Un caméscope, cadré sur le plan de travail, était également disposé dans la salle afin de filmer l'activité des sujets et de recueillir leurs verbalisations lors de la séance (Figure 6-4).

Enfin, deux questionnaires ont été utilisés (*cf.* annexe 4) :
- un questionnaire préliminaire visant à évaluer le profil et l'expérience métier des participants ;
- un questionnaire post-expérimental pour recueillir les évaluations subjectives des participants vis-à-vis des méthodes proposées.

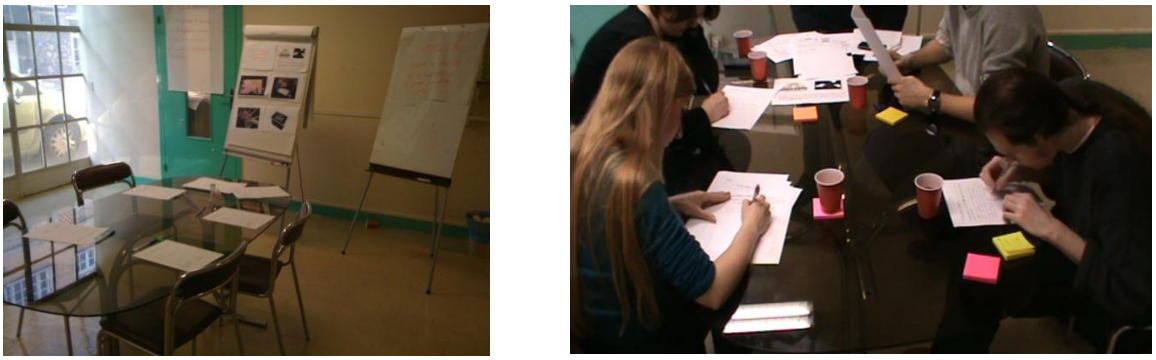


Figure 6-4 Salle de travail (gauche) et champ de la caméra (droite)

6.3 Procédure

A leur arrivée dans la salle, les membres de l'équipe remplissaient le questionnaire préliminaire. Le *brief* suivant leur était lu afin de mettre les participants en situation. Le texte rouge (options a) correspond au travail sur le projet PETITE SIRENE, le texte bleu (options b) au projet DIGITABLE.

Consigne

Vous allez participer à une simulation de projet, où vous réaliserez un travail d'anticipation comme dans un bureau d'études. Vous participez à un projet de conception

a) d'un dispositif de prévention de la noyade chez l'enfant

b) d'une table interactive pour les activités collaboratives

***(On désigne les visuels aux participants)**. Le but de ce projet est de concevoir un système :*

a) de type collier, qui détecte la présence d'eau et déclenche le gonflement d'une bouée qui maintienne les voies respiratoires de l'enfant à la surface ;

b) permettant aux usagers de réaliser diverses activités collaboratives informatisées en étant installés autour de et en interagissant avec la surface d'une table.

Vous devez décrire l'ensemble des situations où ce produit pourrait être utilisé, afin d'aider les concepteurs à mieux concevoir ce produit. Autant que possible, je vous invite à « penser à voix haute » en imaginant les usages possibles du produit. Vous devez utiliser les fiches idées pour décrire ces usages sous la forme qui vous convient le mieux.

On signalait aussi aux participants qu'ils ne devaient pas restreindre leur analyse à des situations d'usage idéales où « tout marche bien » mais devraient aussi intégrer des situations où l'usage présente un risque pour l'usager, le produit, voire la société.

Deux conditions ont été évaluées dans cette expérimentation, correspondant à l'usage ou non des méthodes de créativité citées plus haut (Figure 6-5).

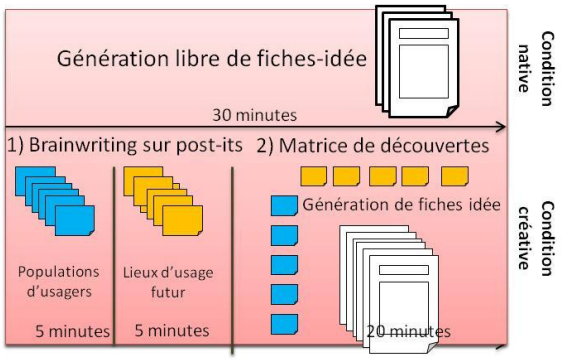


Figure 6-5– Condition native et condition créative

Dans la condition native, les participants ne recevaient pas d'autre instruction et disposaient de 30 minutes pour réaliser la tâche ;

Dans la condition créative, on demandait au groupe de répondre à 2 questions : 1) « Qui pourraient être les utilisateurs potentiels de ce produit ? »; et 2) « Où pourraient-ils utiliser ce produit ? ». La procédure utilisée était une adaptation de celle du brainwriting (Paulus et Yang, 2000):

1. Les 4 règles du brainwriting étaient énoncées et expliquées sous la forme suivante :
   - *Toute critique est interdite* : vous devez garder pour plus tard tout jugement défavorable sur les idées produites ;
   - *Les idées farfelues sont les bienvenues* : Plus une idée sera originale, mieux c'est.
   - *La quantité est souhaitée* : vous devez produire le maximum d'idées en nombre ;

- *On recherche la combinaison et l'amélioration :* Vous pouvez proposer des idées nouvelles, améliorer les idées des autres, ou combiner plusieurs idées ;

Pour que les participants gardent ces règles en tête pendant toute la durée de cette session, on découvrait ensuite une grande affiche où les règles figuraient sous forme abrégée.

2. Les participants ne parlaient pas entre eux mais utilisaient l'un des 5 blocs de post-its vierges disposés au centre de l'espace de travail, pour noter leurs idées (une idée par post-it) ;

3. Après avoir noté une idée, ils remettaient le bloc en circulation et prenaient un bloc différent. Ils lisaient en silence l'idée visible sur le bloc (écrite par un autre participant) avant de coller le post-it au centre de la table, à la vue de tous les participants. Ceci permettait la diffusion des idées au sein du groupe.

A la suite du brainwriting, il était demandé aux participants de sélectionner les 5 post-its qui leur semblaient les plus intéressants à développer dans chaque catégorie (utilisateurs potentiels et lieux d'utilisation), afin de construire une matrice de découvertes de 5 par 5. La consigne suivante était donnée :

Vous allez à présent construire un tableau en mettant les post-its « usagers » en ligne et les post-its « lieux » en colonne. A chaque cellule de ce tableau, vous utiliserez une ou plusieurs des fiches idée fournies pour décrire des usages associant telle classe d'usagers avec tel type de lieu. Il s'agit d'un travail collectif, je vous encourage à communiquer entre vous.

Le temps imparti pour réaliser cette tâche était de 30 minutes : 5 minutes pour répondre à chaque question du brainwriting (utilisateurs potentiels et lieux d'utilisation), et 20 minutes pour constituer la matrice de découvertes.

Les équipes travaillaient successivement dans les deux conditions. Un contrebalancement était appliqué pour contrôler les effets du type de projet et de l'ordre de réalisation des conditions (Tableau 6-1)

Groupe	Condition native	Condition creative
1	PS [#1]	DT [#2]
2	DT [#1]	PS [#2]
3	PS [#2]	DT [#1]
4	DT [#2]	PS [#1]
5	PS [#2]	DT [#1]
6	DT [#2]	PS [#1]
7	PS [#1]	DT [#2]
8	DT [#1]	PS [#2]

Tableau 6-1 - Définition, pour les 8 groupes, des projets traités (PS = PETITE SIRENE, DT = DIGITABLE) dans chaque condition (native et créative) et de leur ordre (entre crochets) : la moitié des groupes ont réalisé la condition native en premier et l'autre moitié la condition créative en premier.

Au terme de ce travail, on donnait à remplir aux participants les questionnaires d'évaluation subjective.

6.3.1 Variables

6.3.1.1 Variables indépendantes (VI)

Trois VI ont été choisies :

- La condition : native ou créative (variable intra-sujets) ;
- Le type de projet : DIGITABLE − *i.e.* génération d'un concept − ou PETITE SIRENE − *i.e.* validation d'un concept (variable intra-sujets)
- Le rôle-métier : Ingénieur, ergonome, designer ou « naïf » (variable inter-sujets).

6.3.1.2 Variables dépendantes (VD)

Les VD choisies visaient à rendre compte de critères de performance créative répandus dans la littérature internationale sur la créativité (Plucker et Makel, 2010). Trois critères nous ont intéressés en particulier :

- **la fluence** : le nombre d'idées produites en réponse à une question
- **l'originalité** des idées produites : le caractère unique de ces réponses ;
- et sur un plan subjectif, **le ressenti** associé au travail réalisé.

6.3.1.2.1 Indices de fluence

Le codage des productions écrites s'est effectué en dénombrant les allusions à différents thèmes dans les productions écrites et orales des participants, ce qui a permis de définir cinq Variables Dépendantes pour la fluence :

- Nombre d'idées produites : chaque bloc de texte et/ou graphique se rapportant à même un scénario d'usage (quel que soit son degré d'achèvement) était considéré comme une idée distincte. Il pouvait s'agir :
  - d'un extrait d'une fiche idée
  - du contenu d'un post-it
- Nombre d'idées relatives aux usagers,
- Nombre d'idées relatives aux lieux d'usage
- Nombre d'idées relatives aux activités de l'usager
- Nombre d'idées relatives au produit conçu

Soulignons que les seules productions des participants à ces séances de travail sont des productions écrites et orales simples, qui sont des traces de leur exploration des usages.

Le Tableau 6-2 décrit les règles de codage pour les quatre dernières VD citées.

VD	Critère	Exemples
Usagers	allusion à une population spécifique d'usagers	« personnes âgées » « architectes »
Lieu	allusion à un élément de l'environnement d'usage	« à la maison »
Activité	emploi d'un verbe d'action	« se baigner » « chanter »
Produit	allusion au produit conçu ou à son fonctionnement	« la table » « le gonflement » [du collier]

Tableau 6-2 – Codage des composantes du cadre d'usage

Pour chaque idée, on faisait ensuite le décompte du nombre *d'items.* Un « item » est une mention explicite à un objet, relevant de l'un des 4 thèmes qui nous intéressent : usagers,

lieux d'usage, activités des usagers, et produit à concevoir. Ceci nous a permis d'obtenir un point de vue plus qualitatif sur les usages évoqués par les participants.

6.3.1.2.2 Indices de ressenti subjectif sur le travail réalisé

Le questionnaire post-passation (*cf.* annexe 4) relevait 8 VD distinctes, notées de 1 à 100. Il s'agissait d'évaluer différentes dimensions de la perception par les participants de leur propre travail sur l'anticipation des usages autour de trois thèmes : (1) le sentiment d'efficacité dans différents aspects de l'analyse prospective des usages[62], (2) la facilité de l'analyse prospective et (3) l'importance du rôle du collectif de travail. Si nous accordons tant d'importance au vécu subjectif des participants sur leur travail, c'est pour la raison suivante. Tant que les idées produites dans ces séances de travail n'auront pas été concrétisées sous forme d'objets intermédiaires et évaluées par une analyse rétrospective des usages, les usages restent virtuels. Or, si le concepteur souhaite donner suite à telle ou telle idée, c'est d'abord qu'il la considère comme pertinente, sur un plan purement subjectif. Suivant ce point de vue, nous avons recueilli les 8 VD suivantes :

- la capacité perçue de chaque méthode à outiller l'anticipation des usages du produit ;
- la capacité perçue à venir en aide aux concepteurs ;
- la capacité perçue à concevoir un produit sûr ;
- la capacité perçue à concevoir un produit intéressant ;
- la facilité perçue de l'exercice ;
- la facilité perçue de mise en œuvre des outils proposés ;
- le caractère enrichissant du travail de groupe ;
- la convivialité perçue de l'ambiance de travail.

6.3.1.2.3 Indices d'originalité

Dans le *Torrance Test for Creative Production* (Torrance, 1966), considéré encore aujourd'hui comme un test de référence pour l'évaluation de l'aptitude créative, l'originalité est une mesure des réponses statistiquement peu courantes. Dans les versions les plus récentes du test, l'auteur propose de mesurer le caractère original des réponses aux questions posées – lesquelles sont standardisées – en consultant une base de données des réponses les plus courantes. Nous n'avions pas accès à une telle base dans le cadre de ce travail de recherche, et nous avons donc dû prendre pour référence le corpus des idées produites par l'ensemble des groupes. Nous avons donc choisi des indices d'originalité en accord avec deux aspects de la production d'idées, spécifiques à l'analyse prospective des usages :

- L'évocation : L'idée proposée (élément de cadre d'usage, scénario) revient-elle couramment dans l'analyse prospective, ou est-elle au contraire rarement évoquée ?
- La dynamique de développement : Cette idée est-elle développée ou non de la même manière selon la méthode utilisée ?

A partir de cette approche, nous avons défini deux VD pour mesurer l'originalité à partir du codage des items produits.

[62] Ce concept est emprunté à Bandura (1997) qui le définit comme « *la croyance de l'individu dans sa capacité à atteindre des niveaux donnés de performance et à exercer une influence sur des événements affectant leur vie* ». Dans le cas présent, il s'agissait d'évaluer le degré auquel le concepteur estime que les résultats de l'analyse prospective des usages menées avec les outils de l'expérimentation, sont susceptibles d'influer sur le cours (1) de la conception du produit et (2) de son usage ultérieur. La construction de cette partie du questionnaire s'est appuyée sur les règles proposées par Bandura (2006).

- Le taux d'évocation (TE) : les items évoqués autour des trois thématiques des populations d'usagers, des lieux d'usage et des activités réalisées étaient dénombrés pour l'ensemble des 8 groupes et classés en 3 catégories en fonction de leur fréquence d'occurrence : faible (1 occurrence), élevée (5 occurrences et plus) et moyenne (entre 1 et 4 occurrences dans l'ensemble des groupes).
- Le delta « créatif *vs.* natif » (Δ) : on soustrait au nombre d'occurrences des items de la même grille dans la condition créative, leur nombre d'occurrences dans la condition native. Comme précédemment, on a classé les items en fonction de la valeur du Δ :
    - les valeurs positives renvoient aux items enrichis (*i.e.* davantage évoqués) dans la condition créative : il s'agit des thèmes émergents et consolidés par l'usage des méthodes de CPS ;
    - les valeurs nulles renvoient aux items conservés, c'est-à-dire évoqués aussi souvent dans la condition native que dans la condition créative.
    - les valeurs négatives renvoient aux valeurs évoquées moins souvent en condition créative. Il s'agit d'items appauvris, voire qui disparaissent avec l'usage des méthodes CPS.

6.3.2 Hypothèses

Ayant comparé la tâche d'analyse prospective des usages, à ce stade du processus, à une tâche de production d'idées, nous avons montré que les performances d'analyse pouvaient être évaluées suivant différents critères. Concernant les 3 types d'indices retenus – fluence, originalité, et ressenti subjectif du travail – nos hypothèses expérimentales sont les suivantes :

Hyp. 1 : un effet positif des méthodes de créativité sur la fluence des idées produites
On devrait voir une augmentation du nombre d'idées produites, mais aussi d'items relatifs aux cadres d'usage - usagers, lieux, et activités - dans la condition créative *vs* native.

Hyp. 2 : les méthodes de créativité aplanissent les différences de point de vue sur les usages. Le métier est souvent décrit comme un élément structurant du point de vue (Wolff *et coll.*, 2005), guidant non seulement les caractéristiques des représentations mentales, mais aussi « ce que le concepteur va regarder » dans son travail. On s'attend ainsi à voir des effets **d'attraction et de répulsion** entre certaines modalités de la VI « rôle-métier » et certains types d'items (ex. attraction entre le métier « ergonome » et les références aux usagers ou à leur activité, et entre le métier « ingénieur » et le produit). Cependant, le paradigme de la créativité vise justement à « gommer » ces effets (Osborn, 1957), et on peut s'attendre à ce que **ces effets se neutralisent en condition créative**

Hyp. 3 : Les méthodes de créativité induisent un ressenti positif chez les concepteurs qui s'en servent. On s'attend à ce que l'usage des méthodes de créativité soit associé à un ressenti subjectif positif. Les 8 VD correspondant au vécu subjectif devraient avoir des valeurs significativement plus élevées en condition créative *vs* native.

Hyp. 4 : Les méthodes de créativité permettent l'apparition de thèmes originaux dans la discussion. On s'attend donc à voir, parmi les items énoncés, beaucoup de thèmes consolidés et peu d'items appauvris, soit donc que le nombre d'items appauvris ($\Delta<0$) soit significativement inférieur au nombre d'items conservés ($\Delta=0$) et développés ($\Delta>0$), et ce pour chacun des types d'items relatifs aux usages futurs (usagers, lieux, et activités).

Hyp. 5 : Les méthodes de créativité permettent enfin de consolider l'évocation de thèmes courants avec peu de « pertes ». On devrait donc observer significativement plus d'items à TE élevé et associés à un Δ positif.

La Figure 6-6 traduit sous forme graphique l'ensemble des hypothèses ayant trait aux métriques d'originalité.

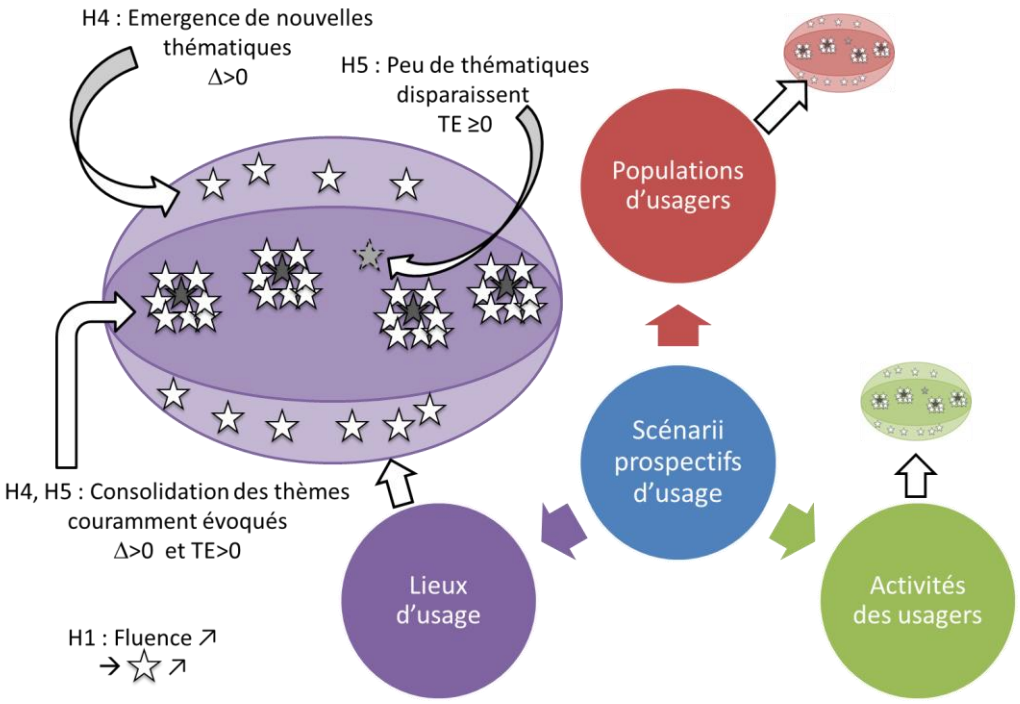


Figure 6-6 – Effets attendus de la condition sur les métriques d'originalité.

Dans cette figure, les ellipses opaques décrivent le champ exploré en condition native ; les ellipses transparentes, leur expansion avec l'usage des méthodes de créativité. Les étoiles grises désignent les items produits en condition native, les blanches, les items produits en condition créative. L'étoile gris clair désigne un item évoqué en condition native disparaissant avec le passage aux méthodes de créativité. Par souci de simplification, nous n'avons illustré les hypothèses qu'au niveau des lieux d'usage, mais on s'attend à voir les mêmes phénomènes pour chacun des éléments considérés : lieux, usagers, activités et scénarios.

6.4 Résultats

L'ensemble des réunions représente un corpus vidéo d'environ 15 heures et 30 minutes, soit environ 2 heures pour chaque séance de travail. Au total, les participants ont produit 349 idées sur support fiche, et 386 idées sur *post-it*. La Figure 6-7 donne quelques exemples. On note en particulier que les fiches-idée constituent un support d'expression très plastique, à la fois graphique et textuel. Les verbalisations énoncées au cours de ces réunions ont été transcrites mot à mot, en notant l'auteur pour contrecarrer en partie un « effet scribe » inattendu : Pour gagner du temps, la plupart des équipes ont en effet désigné un scribe pour consigner par écrit les idées produites, rendant caduc le critère de la couleur de l'encre pour déterminer la paternité des idées sur les fiches (mais pas sur les post-its, où cette pratique était interdite). Pour retrouver la paternité, on se base dans ce cas sur les auteurs des énoncés verbaux, en l'attribuant au premier participant qui énonce l'idée en question.

Les items « usagers », « lieux » et « activités » ont été extraits du corpus et codés suivant la méthodologie décrite ci-dessus.

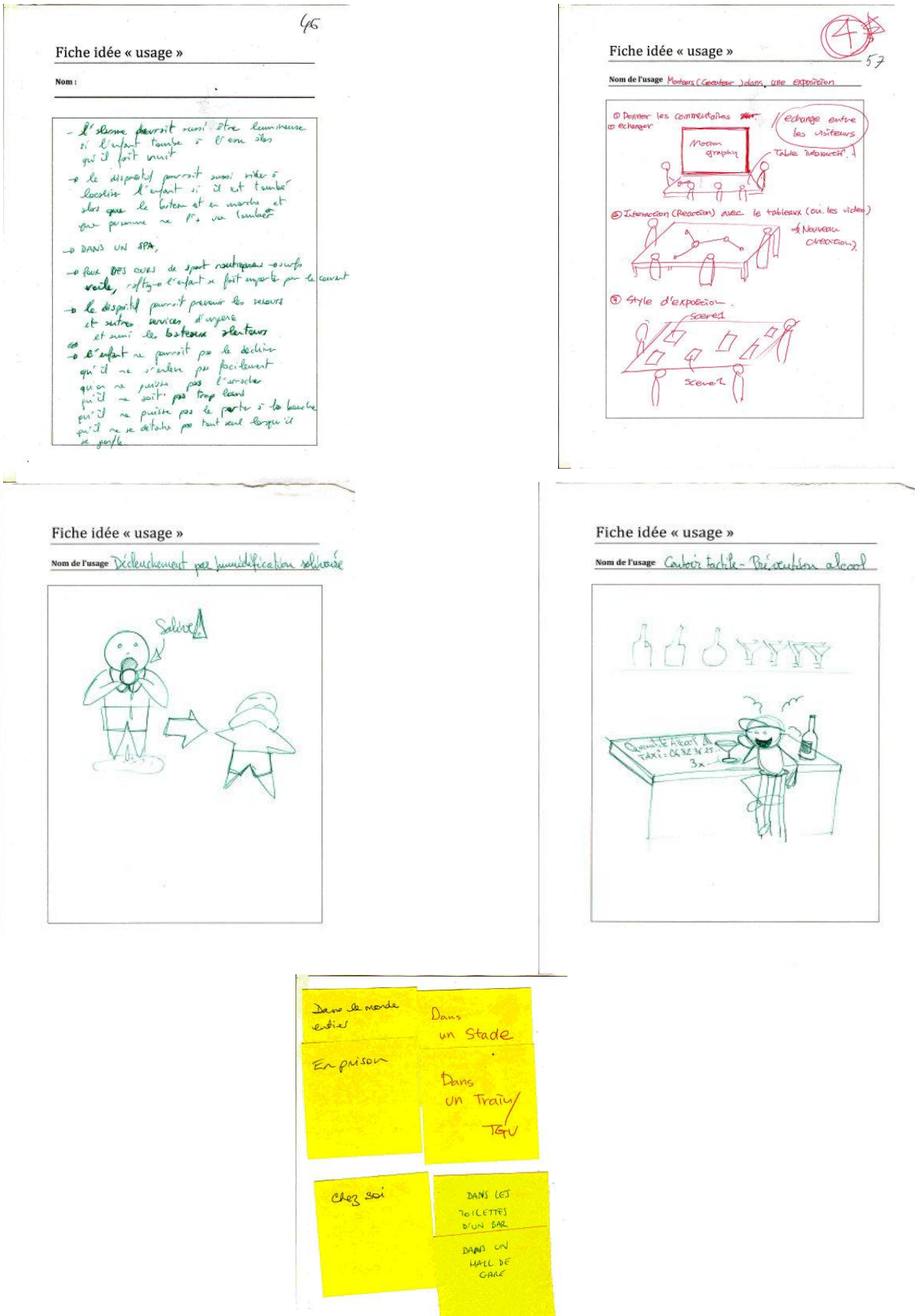


Figure 6-7 – Exemples de fiches idée et de post-its produits par les équipes

6.4.1 Indices de fluence

6.4.1.1 Analyse sur les idées

La **condition** n'a pas eu d'effet sur le nombre d'idées produites. En revanche, on observe **un effet principal du projet** : les participants ont produit significativement plus d'idées sur le projet DIGITABLE que sur le projet PETITE SIRENE ($F(1/48)=4.8$, $p=0.033$).

On observe aussi un **effet principal du rôle-métier** ($F(3/48)=4.19$, $p=0.01$): les ergonomes produisent significativement plus d'idées que les designers ($p=0.033$) et que les sujets naïfs ($p=0.001$). Les autres comparaisons par paires indiquent des différences non significatives.

6.4.1.2 Analyse sur les items thématiques

A. Lieux d'usage :

L'analyse montre **un effet principal de la condition**: les participants produisent davantage d'items relatifs aux lieux d'usage lorsqu'ils travaillent en condition créative plutôt qu'en condition native ($F(1/48)=3.98$, $p=0.052$). On observe aussi une **interaction entre condition et projet** ($F(1/48)=8$, $p=0.007$), montrant que l'effet précédent n'est en réalité observé que pour le projet DIGITABLE (*cf.* Figure 6-8 ci-dessous).

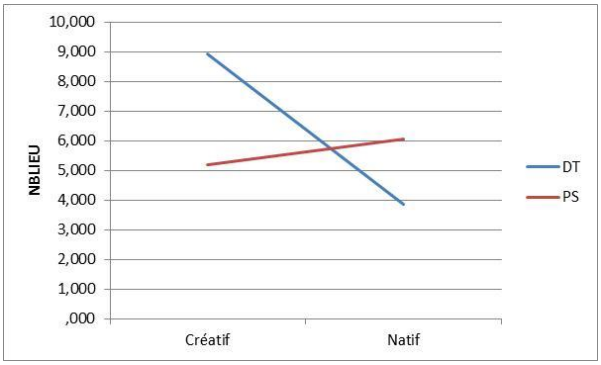


Figure 6-8 – effet d'interaction entre condition et projet, dans la production d'ensemble des items relatifs aux lieux d'usage

On observe **un effet principal du rôle-métier** aussi bien sur la production globale d'items relatifs aux lieux d'usage ($F(3/48)=6.93$, $p=0.001$) que sur la fraction apparaissant sur les fiches-idée ($F(1/48)=22.76$, $p<0.001$) : les comparaisons 2 à 2 montrent que **l'ergonome produit plus d'items de lieux que chacun des autres métiers** ($p=0.013$), et que les trois autres rôles-métiers ne sont pas significativement différents entre eux.

B. Populations d'usagers

La même procédure d'analyse a été utilisée sur les VD relatives aux items-usagers (production globale et sur fiche). La majorité des effets observés sur la production des items-lieux disparaissent (effets du projet et du rôle-métier notamment).

C. Activités des usagers

Deux effets significatifs ont été identifiés.

– un **effet principal du projet en faveur de DIGITABLE** ($F(1/48)=11.43$, $p=0.001$).

– un **effet principal du rôle métier** (F(3/48)=4.33, p=0.009) montrant que l'ergonome propose plus d'activités que les autres métiers (p=0.023). Les autres métiers ne sont pas significativement différents entre eux.

6.4.2 Indices d'originalité

6.4.2.1 Taux d'évocation (TE)

A. Lieux d'usage

Le test du Khi² sur les items-lieux produits montre deux effets significatifs :

Premièrement, **un effet de la condition sur le taux d'évocation** ($\chi^2(2)=24.93$, $p<0.001$) : On observe une attraction élevée entre la condition créative et les TE élevés (Tableau 7-3). En d'autres termes, l'utilisation des méthodes de créativité entraîne une *consolidation* des références aux lieux (au sens de la Figure 6-6) autour de références fédératrices notées en annexe 6.

		Items « Lieux »		
		Faible	**Moyen**	**Elevé**
Condition	**Native**	0,05	0,14	-0,73
	Créative	-0,10	-0,25	**1,30**

Tableau 6-3 –Effet de la condition sur la distribution des TE des items lieux

Par exemple, dans le projet DIGITABLE, les quatre groupes ont produit des post-its relatifs aux usages « à la maison » de l'interface tabletop, qu'ils ont ensuite tous les quatre intégrés dans les fiches idée, pour un total de 16 idées de scénarios. Dans la condition native, seul un groupe a évoqué cet item[63]. Quant au projet PETITE SIRENE, si on trouve dans les deux conditions, les lieux classiques « autour d'une piscine » et sa version plus abstraite « autour d'un point d'eau », le travail en condition créative a permis de faire émerger de nouveaux lieux et d'élargir la conception du besoin en relation avec les enjeux de sécurité du projet.

Un effet du projet sur le taux d'évocation ($\chi^2(2)=11.89$, $p=0.003$) : On observe une attraction entre le projet DIGITABLE et les TE élevés et moyens, et une attraction entre le projet PETITE SIRENE et les TE faibles (Tableau 6-4).

		Items « Lieux »		
		Faible	**Moyen**	**Elevée**
Projet	**DIGITABLE**	-0,22	**0,27**	**0,25**
	PETITE SIRENE	**0,21**	-0,26	-0,24

Tableau 6-4 - Effet du projet sur la distribution des TE des items lieux

B. Populations d'usagers

Le test du Khi² sur les items *usagers* montre **un effet de la Condition sur les taux d'évocation** ($\chi^2(2)=11.98$, $p=0.003$) : On observe une attraction entre la condition créative et les taux d'évocation élevés et moyens, ainsi qu'une attraction entre la condition native et les taux d'évocation faibles (Tableau 6-5). Par rapport aux résultats obtenus pour les items lieux (*cf.* ci-dessus) :

[63] Les trois autres groupes ont pu mentionner des applications domestiques de la table, mais il s'agissait d'applications spécifiques et ponctuelles, par ex. « dans la cuisine » ou « dans la salle de bains ». Une manière dont les méthodes de créativité assistent l'analyse prospective des usages est donc en facilitant l'abstraction.

– On retrouve le phénomène de consolidation autour de thèmes fédérateurs avec l'usage des méthodes de créativité (point A). Ces thèmes fédérateurs sont, comme précédemment, fournis en annexe 6 et discutés plus loin.

		Items « Usagers »		
		Faible	**Moyen**	**Elevée**
Condition	**Native**	**0,27**	-0,32	-0,54
	Créative	-0,19	**0,22**	**0,37**

Tableau 6-5 - Effet de la condition sur la distribution des TE des items usagers

  - Par exemple dans le projet DIGITABLE, les quatre groupes ont produit des post-its relatifs au concepteur, dont deux ont ensuite intégré cet item dans la matrice pour produire un total de 10 scénarios mettant en scène la table comme un outil de travail du *concepteur* (indifféremment de sa discipline d'appartenance).
  - Dans le projet PETITE SIRENE, les quatre groupes ont produit des post-its relatifs aux *enfants*, dont trois ont intégré cet item dans les fiches-idée pour produire un total de 36 scénarios. Cependant, ce thème est aussi fortement référencé en condition native.

– Phénomène nouveau, la réflexion créative sur les usagers est aussi marquée par l'apparition de thèmes à TE moyen. Il s'agit en fait de sous-divisions des thèmes fédérateurs par exemple :
  - Dans DIGITABLE, les items « concepteurs » sont précisés par l'évocation de professions spécifiques : par exemple l'architecte, le designer.
  - Dans PETITE SIRENE, les items « personnes handicapées » sont précisées par la nature du handicap ou de la déficience (handicap moteur, handicap mental)

Inversement, la condition native est marquée par une attraction pour les items-usagers à faible TE, c'est-à-dire pour une exploration dispersée et une production plus éparse.

Contrairement à ce qui avait été observé sur les lieux d'usage (point A) on n'observe **pas d'effet du type de projet** sur la production d'idées.

C. Activités des usagers

Le test du Khi² sur les items-activités ne montre aucun effet de la condition ni du type de projet sur la distribution des TE.

6.4.2.2 Delta « créatif vs natif »

Les résultats ont été analysés à l'aide d'un test *t* de Student bilatéral. Seuls sont présentés ci-dessous les résultats significatifs.

A. Populations d'usagers :

Le test de Student montre que, sur 187 items, le delta moyen vaut 1,88 (σ=3,90) et est significativement supérieur à zéro ($t(186)=6,60$, $p<0,001$). En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre les projets PETITE SIRENE et DIGITABLE ($t(185)=1,14$, non significatif).

B. Lieux d'usage :

Sur 213 items, le delta moyen est de 1,33 (σ=3,54) et est significativement supérieur à zéro ($t(212)=5,49$, $p<0,001$). On observe un **effet principal du projet** ($t(211)=2,59$, $p=0,01$) en

faveur de DIGITABLE : le delta associé à ce projet est significativement supérieur à celui observé pour PETITE SIRENE.

C. Activités des usagers :

Sur 214 items, ici le delta moyen est de -0,04 (écart-type=2,15) et non différent de zéro (t(213)=-0,25, non significatif). On observe **un effet principal du projet** (t(212)=2,08, p=0,039). Ici, cependant, la tendance est inversée : le delta du projet PETITE SIRENE (m=0,38) est significativement supérieur à celui du projet DIGITABLE (m=-0,26).

6.4.3 Indices de ressenti subjectif

Les huit VD de type ressenti subjectif ont été analysées à l'aide d'une ANOVA avec la *Condition* en facteur intragroupe et le *Projet* en facteur intergroupe. Ne sont listés ci-dessous que les résultats significatifs ou en tendance.

Concernant la **capacité à concevoir un produit intéressant**, on observe une **interaction entre les facteurs condition et projet** (F(1/30)=3.19, p=0.084) comme le montre la Figure 6-9 ci-dessous : les participants travaillant sur la conception du collier-bouée s'estimaient davantage capables de concevoir un produit intéressant lorsqu'ils utilisaient les méthodes de résolution créative de problèmes, que lorsqu'ils ne le faisaient pas; inversement, ceux qui travaillaient sur le projet DIGITABLE s'estimaient plus capables de concevoir une table intéressante dans la condition native *vs* créative.

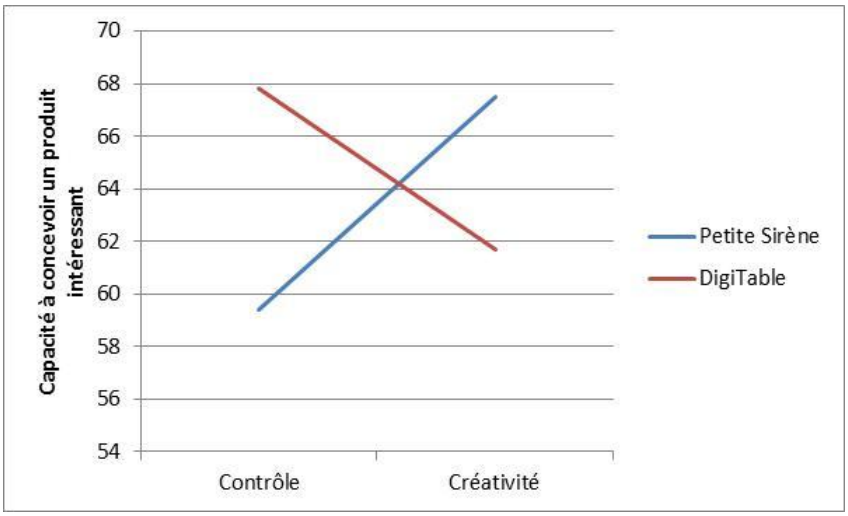


Figure 6-9 - interaction entre les facteurs condition et projet dans la capacité perçue à concevoir un produit intéressant

Au niveau de la facilité de mise en œuvre, nous avons observé deux effets :

- **Un effet principal de la condition** (F(1/30)=4.03, p=0.054) en faveur de la condition créative, l'anticipation des usages étant jugée plus facile à réaliser avec les outils de créativité qu'en exploration libre ;
- **Un effet principal du projet** (F(1/30)=5.01, p=0.033) en faveur du projet DIGITABLE, jugé plus facile à traiter que PETITE SIRENE.

6.5 Discussion et conclusion

Rappelons l'hypothèse qui était à l'origine de cette seconde expérimentation :

H1B : L'association des outils du brainwriting et de la matrice de découvertes permet de générer des éléments de cadres d'usage futurs et de les combiner de manière à formuler des scénarios prospectifs d'usage.

Nous avons constaté que les équipes de participants ont effectivement été en mesure de proposer des scénarios prospectifs d'usage par génération et combinaison d'idées décrivant des éléments de cadres d'usage futurs possibles. Mais nous avons aussi été en mesure d'évaluer finement les apports de l'association des méthodes de brainwriting et de matrice de découvertes, en examinant divers indices de performance des sujets dans cette tâche de génération d'idées (fluence, originalité, ressenti subjectif). Le Tableau 6-6 décrit les principaux résultats obtenus. Nous décrivons ci-dessous les constats issus de ces résultats expérimentaux.

	Fluence	**Originalité**	**Ressenti subjectif**
Effet de la condition	scénarios : pas d'effet lieux : créative > native usagers : pas de différence activités : pas de différence	*[Lieux, usagers]* Créative : convergence des ≠ groupes vers des thèmes fédérateurs (cf. annexe 6), puis apparition de nouveaux thèmes. Native : moins de thèmes fédérateurs, thèmes plus dispersés. *[Usagers seulement]* Créative : précision des thèmes fédérateurs (apparition de sous-catégories) Native : niveau d'abstraction plus élevé *[Activités]* Pas d'effet	Facilité de la tâche : créative > native Pas d'effet sur les autres variables
Effet du projet	scénarios : DT>PS lieux : pas de différence usagers : pas de différence activités : DT>PS	*[Lieux]* DT : convergence vers des thèmes fédérateurs très génériques PS : Convergence vers des thèmes fédérateurs très génériques + évocation « pointilliste » de thèmes dispersés *[Usagers]* Pas d'effet *[Activités]* Pas d'effet	Facilité de la tâche : DT>PS Pas d'effet sur les autres variables
Effet du profil métier	scénarios : E>D, N lieux : E>I, D, N usagers : pas de différence activités : E> I, D, N	Variable neutralisée (indices portant sur la production des groupes et pas des individus)	
Interaction condition-projet	[Lieux] Pour DT : Créativité meilleure Pour PS : exploration libre meilleure	Usagers : pas d'interaction Lieux : intensité d'expansion en condition créative (Δ) : DT>PS Activités : intensité d'expansion en condition créative (Δ) : PS >DT	Capacité à concevoir un produit intéressant : Pour PS : créativité meilleure Pour DT : exploration libre meilleure

Tableau 6-6 - Synthèse des résultats de l'expérimentation 2.

6.5.1 Les méthodes de créativité permettent-elles de rendre les participants plus « productifs » ? (Hyp. 1)

La supériorité de la condition créative sur la condition native n'est pas avérée sur le plan du nombre de scénarios produits au fil d'une séance. En revanche, on constate que les méthodes utilisées ont permis de **produire des idées plus nombreuses pour certains éléments du cadre d'usage** (les lieux).

Quel statut donner à ce résultat ? Notre démarche permet de considérer la constitution du cadre d'usage comme une étape intermédiaire de l'analyse prospective des usages. Il est utile pour le concepteur de disposer d'une matière première abondante pour créer des scénarios prospectifs d'usage. Une explication de l'effet positif des méthodes CPS sur la production d'idées sur les *lieux* est qu'elles permettraient de rendre ces idées plus accessibles que dans une exploration libre (Rietzschel *et coll.*, 2007). En effet, les règles d'Osborn, reprises dans la procédure de brainwriting, incitent les concepteurs à travailler par association d'idées, ce qui permet d'activer ce que Rietzschel et ses collègues appellent des « agglomérats sémantiques » (*semantic clusters*) en s'appuyant sur les idées les uns des autres. Ainsi par exemple, l'idée « dans un commerce » peut susciter l'émergence d'idées plus précises dans ce même groupe : « dans un café », « dans un grand magasin », « dans une boulangerie », etc. L'association des méthodes de brainwriting et de matrice de découvertes permet de générer des idées originales en matière de lieux d'usage futur, comme matière première pour la construction de scénarios spéculatifs originaux :

- Dans le cas du projet *Digitable*, ceci peut donner lieu à une production d'idées originales (pas nécessairement nombreuses) au sein d'un portefeuilles d'usages, susceptibles de donner lieu à des applications innovantes impliquant des IHM *tabletop* ;
- Dans le cas du projet *Petite Sirène*, ceci permettrait aux concepteurs de rendre plus « robuste » le concept de collier-bouée en l'examinant à la lumière de scénarios d'usage improbables, et donc peu accessibles à l'analyse rétrospective des usages.

Pourquoi n'a-t-on pas observé d'effet analogue sur les idées d'usagers et les activités ? L'explication vient pour nous du fait que la représentation des usagers et de leurs activités occupe une place centrale dans la constitution du scénario et dans la conception (Bardini et Horvath, 1995). Un concepteur pourrait avoir un réseau sémantique plus fourni sur ce thème. Il est possible que le temps attribué à la tâche de brainwriting (5 minutes pour chaque question) n'ait pas suffi pour que le concepteur épuise le stock des idées les plus accessibles. Dans ce cas, **on peut supposer que les méthodes CPS auraient un effet plus marqué sur le nombre d'idées produites si l'on accordait plus de temps à cette étape de brainwriting.**

Un dernier constat, plus global, est que **les méthodes de créativité ne peuvent être considérées comme un « remède miracle »** qui aplanirait les biais associés au type de projet : le facteur projet a eu des effets significatifs sur le nombre d'idées produites, ainsi que sur la productivité des participants pour deux des trois catégories d'items (lieux et activités) : c'est le projet PETITE SIRENE qui dans les deux cas a causé le plus de difficultés, ce qui rejoint nos constats de la partie 4.4. Les sujets ont attribué ces difficultés au fait que le cadre d'usage était déjà défini assez précisément et perçu comme plus « fermé » que celui du projet DIGITABLE, dont le concept était formulé de manière plus ouverte.

6.5.2 La collaboration a-t-elle un rôle bénéfique sur l'analyse prospective des usages ? (Hyp. 2)

Les résultats relatifs au facteur rôle-métier sont d'un intérêt particulier pour la construction de connaissances sur l'activité des ergonomes dans un contexte d'analyse prospective des usages, mal connu dans cette discipline. Ces résultats suggèrent que l'ergonome serait plus productif que ses congénères dans la production d'idées, et dans la génération d'items-lieux et d'items-activités. **Les ergonomes seraient plus à même que les autres profils représentés, de tirer parti des apports des outils CPS.** Plusieurs explications peuvent être avancées :

- Une explication cognitive. Dans sa vie professionnelle et personnelle, l'ergonome constitue un corpus de connaissances sur des champs variés de l'activité humaine consignées au sein de ce que Daniellou (2004) appelle une « bibliothèque mentale de situations » d'usage. Il disposerait donc *a priori* d'un réseau sémantique plus fourni que chez les représentants des autres profils. Cette bibliothèque représente une source d'inspiration peu exploitée pour l'analyse prospective des usages, car les ergonomes interviennent peu aujourd'hui dans les phases amont du processus de conception innovante ;
- Une explication sociale. Notre état de l'art sur les situations de génération d'idées (Annexe 2.4 et partie 3.4.2) suggère que des phénomènes sociaux (ex. autocensure, *social loafing*) pourraient être impliqués. Ainsi, les autres profils interviendraient moins car ils se sentiraient, par exemple, moins légitimes et/ou moins motivés pour discuter des usages futurs du produit. Il importe alors de mieux comprendre ces phénomènes pour permettre aux différents métiers de produire des idées de manière plus équitable et d'accéder à tout le potentiel créatif du groupe.

6.5.3 Les méthodes de créativité suscitent-elles un ressenti positif auprès des concepteurs ? (Hyp. 3)

Les outils CPS n'ont pas d'effet sur la majorité des dimensions choisies pour le ressenti subjectif. Les réponses aux questions ouvertes du questionnaire, nous permettent de mieux comprendre ceci et de reconsidérer les apports attendus des méthodes de créativité tels qu'ils apparaissent dans la littérature (*cf.* Tableau 6-7). Une autre explication intéressante serait que les participants ont éprouvé des difficultés particulières pour évaluer leur sentiment d'auto-efficacité (Bandura, 1997) dans le champ de l'analyse prospective des usages.

Critère non affecté (effet non significatif de la condition)	Explication avancée dans les réponses au questionnaire concernant la condition Créative
Capacité à outiller l'anticipation	Apparition d'une exigence accrue d'exhaustivité de l'analyse, particulièrement dans le projet PETITE SIRENE compte tenu de ses enjeux de sécurité.
Capacité à venir en aide aux concepteurs	Incertitudes quant à la véracité des anticipations : les concepteurs restent « dans le flou » tant qu'un produit n'est pas conçu et éventuellement évalué sur le terrain.
Concevoir un produit sûr	Apparition d'une exigence accrue d'exhaustivité de l'analyse, particulièrement dans le projet PETITE SIRENE compte tenu de ses enjeux de sécurité.

Critère non affecté (effet non significatif de la condition)	Explication avancée dans les réponses au questionnaire concernant la condition Créative
Facilité de l'exercice	L'usage des méthodes de CPS est perçu comme « peu naturel », en particulier l'utilisation de la matrice de découvertes
Caractère enrichissant du travail de groupe	N'est pas lié aux méthodes de créativité en soi[64].
Convivialité	N'est pas lié aux méthodes de créativité en soi

Tableau 6-7 - Variations non significatives des indices de ressenti subjectif dans la condition Créative

Par rapport aux résultats significatifs, on peut dégager trois constats.

L'effet du projet suggère que les biais associés aux enjeux spécifiques du projet perdurent, avec ou sans utilisation des méthodes de CPS. Ceci étant, **les participants ont dit apprécier de pouvoir aborder les usages prospectifs de manière structurée** (effet significatif de la condition sur la facilité de mise en oeuvre).

Mais le résultat le plus intéressant pour nous est l'interaction croisée entre condition et projet sur le critère d'intérêt (Figure 6-9) qui a deux conséquences :

- les scores plus hauts en condition native pour DIGITABLE peuvent s'expliquer par une **incertitude des concepteurs vis-à-vis de la pertinence des idées produites.** Ceci vient du fait que l'ensemble de notre démarche d'analyse prospective des usages reste exploratoire. Nous n'avons pas eu l'occasion d'intégrer les idées générées lors des séances dans la conception d'un prototype de table interactive ou de collier-bouée par exemple ;
- les scores plus hauts en condition créative pour PETITE SIRENE sont liés à l'élargissement des cadres d'usage explorés, mais aussi au fait que la combinaison des idées fait apparaître de nouvelles applications et de nouveaux enjeux liés à l'usage. Par exemple, l'élargissement du champ des usagers aux sportifs de l'extrême introduit clairement de nouvelles valeurs associées à l'usage : *fun*, légèreté, moins présentes (ou manifestées différemment) dans les applications destinées aux enfants. **Les sujets dégagent une impression positive du fait qu'ils ont pu produire des idées « auxquelles ils n'auraient pas pu penser » sans appliquer les méthodes de CPS.**

6.5.4 Les méthodes de créativité permettent-elles de produire des idées plus originales ? (Hyp. 4-5)

Notre premier constat est que **les méthodes CPS permettent d'explorer un champ d'idées d'une manière structurée et non aléatoire.** Elles permettent l'émergence de structures de réflexion intermédiaires que nous avons appelées « thèmes fédérateurs » :

- Pour le projet PETITE SIRENE, ces thèmes sont ceux de l'enfant, des parents, des vacances, de la piscine municipale, du jeu.
- Pour le projet DIGITABLE, les thèmes fédérateurs correspondent à un découpage de l'espace de recherche en grands champs applicatifs : domaine professionnel, ludique, éducatif et commercial.

[64] Pour la condition créative, plusieurs sujets ont noté que le fait de s'inspirer des idées les uns des autres (ex. dans le brainwriting) leur apportait un avantage particulier, mais les scores attribués étaient sensiblement les mêmes qu'en condition native. On en déduit que cette explication relève plus d'une justification *a posteriori*.

L'expression « thème fédérateur » renvoie au fait que le thème organise la réflexion au sein de l'équipe, mais aussi que certains thèmes sont récurrents d'un groupe à l'autre et renvoient à un référentiel commun. Dans le cadre de l'expérimentation, les thèmes fédérateurs apparaissent typiquement lors de la construction de la matrice de découvertes. Ayant demandé aux participants d'intégrer à la matrice de découvertes, les idées de lieux et d'usagers qui leur semblaient les plus intéressants, nous avons observé qu'ils sélectionnaient trois types d'idées :

- des idées correspondant à un **thème fédérateur en lien direct avec les objectifs annoncés du projet**. Par exemple, pour le projet PETITE SIRENE tous les groupes ont intégré l'idée « enfants », qui paraît incontournable pour l'analyse prospective. Il s'agit avant tout de ne pas oublier les thèmes essentiels ;
- des idées permettant d'**élargir la conception du besoin autour des enjeux du projet**. Par exemple, dans PETITE SIRENE, les méthodes de créativité ont permis d'élargir l'analyse des usages à la prise en compte :
    - de nouvelles populations d'usagers considérées comme vulnérables au risque de noyade : personnes âgées ou handicapées ;
    - de nouveaux lieux d'usage présentant un risque de noyade, mais qui n'avait pas été pris en compte dans la description initiale (par exemple, à l'intérieur de la maison).

On a observé peu de thèmes fédérateurs de la catégorie « activités ». Cela est sans doute dû au fait que, par rapport aux lieux et aux usagers, les activités relevant de l'usage possible d'un produit sont beaucoup plus variées (Daniellou, 1992) et qu'à de rares exceptions près (ex. « jouer » ou « travailler » sur DIGITABLE, « pratiquer des sports nautiques » pour PETITE SIRENE) la quasi-totalité des activités spécifiques sont mentionnées de manière ponctuelle.

Nos résultats nous ont aussi permis de constater des **différences de stratégie d'exploration des usages liées aux caractéristiques du projet :**

- Dans le cas de PETITE SIRENE, les participants vont fouiller dans leur bibliothèque mentale de situations, autour d'un dénominateur commun : *l'eau*. Après avoir « énoncé les classiques » (piscine, bord de mer) chaque groupe aura une production différente en fonction de la composition des « bibliothèques » respectives des membres qui le composent ;
- *A contrario*, dans le cas de DIGITABLE, les participants énoncent un ensemble de thèmes fédérateurs un peu plus large (*cf.* annexe 6) qui correspond à des grands domaines applicatifs : travail de bureau, transactions commerciales, éducation, culture, etc…

En revanche, il est clair que la portée de ces méthodes est aussi fonction de la vision qu'ont les participants du projet, et notamment du « degré d'ouverture » possible pour l'analyse prospective des usages. Ainsi, l'effet significatif du projet sur la valeur du Delta « lieux » peut être interprété de deux manières : premièrement, compte tenu des enjeux de PETITE SIRENE, les participants ont eu peine à se départir du lieu de référence que constitue la piscine privée – même si de nouveaux items ont émergé, tels que la piscine municipale ou bien la plage. Mais dans un second temps, on pourrait se demander dans quelle mesure une production créative originale est nécessaire si elle ne répond pas aux enjeux annoncés du projet, question sur laquelle nous reviendrons au moment de la discussion globale de ce travail de thèse.

Les outils CPS permettent donc de faire émerger des idées originales, mais ce n'est pas pour nous leur apport principal. Elles permettent avant tout **d'aborder de manière structurée l'exploration des usages futurs du produit à concevoir, en convergeant vers des idées « fédératrices », puis en les précisant.**

6.6 Conclusion

Les résultats de cette expérimentation nous ont permis d'examiner les effets des outils de CPS sur la *performance* de groupes de travail en termes de production d'idées sur les usages futurs dans le cadre de l'analyse prospective des usages. Nous répondons ainsi à certaines propositions très récentes (*ex.* Zeng et coll., 2010) qui voient dans les outils de créativité un potentiel important pour la conception centrée sur l'Homme. Concernant notre hypothèse H1B, sur les apports des outils CPS à l'analyse prospective des usages, nous pouvons tirer les conclusions suivantes.

Oui. Ces outils permettent de produire des idées, puis de construire des scénarios prospectifs autour d'un concept de produit ouvert, non figé. Elles permettent de stabiliser le discours sur les usages autour de thèmes fédérateurs, et de générer des idées originales, en fonction des connaissances existantes dans le groupe. Les interactions entre les membres du groupe permettent justement d'élargir cette base de connaissances. Celle-ci se retrouve en partie consignée dans les productions écrites que nous avons étudiées : post-its et fiches idée.

Non, en revanche, il ne s'agit pas d'un remède miracle aux biais de prévision. Dans certaines limites (notamment, celle du temps imparti à l'exploration), ces outils permettent d'activer des connaissances moins accessibles pour générer de nouveaux scénarios d'usage. Mais cette production dépendra toujours du terrain psychologique du sujet : quelles sont ses connaissances ? Quelle est sa culture ? A quelles classes de situations et d'enjeux d'usage est-il le plus sensible ?

On constate aussi que par construction, notre méthode met en valeur la production d'idées nombreuses, qui sont ensuite filtrées par la construction et le remplissage de la matrice de découvertes. **Que faire alors, non seulement de la production créative issue de la matrice, mais aussi de celle, potentiellement intéressante qui a été écartée lors de sa construction ? Comment outiller l'exploitation des scénarios d'usage que les outils de la créativité permettent de construire ?**

C'est pour répondre à cette question que nous avons réalisé l'expérimentation 3, que nous décrivons dès à présent.

7 EFFETS DE DEUX MODES DE STRUCTURATION DU TRAVAIL SUR L'EXPLOITATION DES PRODUCTIONS CRÉATIVES DANS L'ANALYSE PROSPECTIVE DES USAGES

7.1 Introduction

Rappelons la dernière hypothèse qui sous-tend notre apport méthodologique à l'analyse prospective des usages :

H2. La prise de décision en aval de la génération de scénarios prospectifs d'usage peut être guidée par les outils de la fiabilité industrielle, adaptés pour répondre aux caractéristiques de l'analyse prospective des usages.

Nous avons montré, dans notre état de l'art sur le *scenario-based design* (partie 2.4.2.2), que le scénario ne suffisait pas à lui seul à orienter les décisions de conception. Les scénarios produits doivent ensuite être débattus, pour qu'émergent des revendications sur le produit et son usage. Ce sont ces revendications qui guident vraiment le processus d'innovation. Les revendications positives renvoient à des caractéristiques de l'usage qui doivent être préservées ou mises en valeur au fil de la conception. Les revendications négatives renvoient à des caractéristiques qui doivent être soit éradiquées, soit au minimum tempérées. De notre positionnement découle la question suivante :

Comment permettre aux concepteurs d'analyser les scénarios produits à l'aide des méthodes CPS, pour en tirer des revendications de conception ?

La méthode que nous proposons pour assister cette tâche, est adaptée de l'Analyse Préliminaire des Risques (cf. partie 3.5). Nous avons étendu cette méthode en l'adaptant à la méthode du *claims analysis* introduite par Carroll et Rosson (1992), c'est-à-dire en invitant les participants à anticiper les usages dangereux du produit, mais aussi ses usages intéressants. Cette expérimentation couvre donc la seconde partie du modèle que nous proposons pour décrire et assister l'analyse prospective des usages (Figure 7-1).

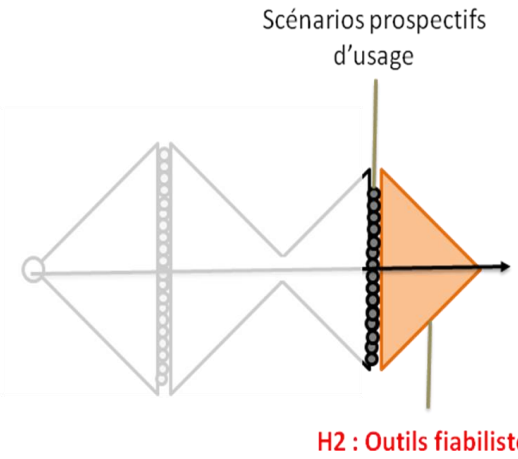


Figure 7-1 – La phase d'évaluation des productions créatives couverte dans l'expérimentation

L'objectif de cette expérimentation n'est pas seulement d'évaluer la capacité des concepteurs à se servir de ce nouvel outil pour organiser leur production. Il est aussi d'évaluer l'efficacité d'une organisation du travail distribuée, qui permettrait de **régler le problème de la surabondance d'idées sur les usages, issues du CPS, en répartissant leur analyse entre plusieurs équipes.**

La question devient alors la suivante : Des groupes qui ne sont pas à l'origine d'une production créative donnée sur les usages sont-ils à même de se réapproprier cette production et de **l'exploiter aussi efficacement qu'un groupe de référence – celui qui a été à l'origine des idées ?**

C'est pourquoi nous avons comparé les performances de groupes travaillant suivant deux schémas différents (Figure 7-2):

- Dans le premier, dit **linéaire**, l'équipe ayant produit les idées d'usage à l'aide des outils CPS, est chargée, dans la continuité de ce travail, d'évaluer les avantages et les risques associés à chaque idée de scénario, de manière à informer les différents acteurs du processus sur les orientations les plus porteuses.
- Dans le second, dit **en ruche** ou **distribué**, cette seconde phase est assurée par une multitude d'équipes qui vont chacune se réapproprier une partie de production créative réalisée en amont. L'efficacité du travail résidera dans la capacité de ces équipes à se réapproprier les scénarios produits pour en déduire des revendications concrètes pour la conception.

Figure 7-2 - schéma linéaire (gauche) vs schéma distribué (droite)

7.2 Méthode

7.2.1 Participants

Trente-deux personnes (11 hommes et 21 femmes) ont pris part à cette expérience : leur âge moyen était de 32,2 ans (σ=12,9 ; min=20, max=68) et ils avaient une ancienneté moyenne de 6,1 ans dans leur métier respectif (σ=9,9 ; min=0, max=53)[65] . Comme dans l'expérimentation précédente (partie 6), les sujets étaient recrutés en fonction de leur métier et répartis en 8 équipes de 4 membres ; un ingénieur, un ergonome, un designer et un sujet « naïf » sans expérience professionnelle de la conception.

Sur ces huit groupes, quatre groupes, formant le bloc A, ont pris part à l'expérimentation décrite dans le chapitre précédent, et avaient connaissance du travail qui y avait été réalisé. Les quatre autres, formant le bloc B, n'avaient connaissance ni des projets sur lesquels ils allaient travailler, ni des productions créatives issues de cette première expérimentation.

7.2.2 Matériel

L'expérimentation a eu lieu dans la même salle de travail que précédemment, où étaient présentés les mêmes éléments de départ. Les *briefs* papiers et supports visuels relatifs au projet PETITE SIRENE ou DIGITABLE (Figure 6-2, Figure 6-3), et l'objectif général de la séance, le même que précédemment (« Anticiper tous les usages possibles du produit à concevoir »). Ce panneau était complété d'un second : d'abord **« Anticiper les usages dangereux »** puis **« Anticiper les usages intéressants »**.

Au début de l'expérimentation, les participants recevaient :
- des stylos colorés distribués suivant les mêmes règles que précédemment (cf. partie 6.2.2);
- des tableaux vierges leur permettant de consigner les usages dangereux et intéressants qu'ils envisageaient pour ce produit (annexe 4). Chaque tableau comportait 3 colonnes :
  - une pour décrire en une phrase un scénario d'usage ;
  - une pour noter le(s) facteur(s) de danger (ou d'intérêt) associé(s) à ce scénario ;
  - une pour graduer ces facteurs sur une échelle de Likert à 5 points, 1 correspondant à « très peu dangereux » (resp. intéressant) et 5 à « extrêmement dangereux » (resp. intéressant). Chaque item était ainsi associé à un score d'intérêt ou de danger ;
- un lot de fiches-idées remplies, correspondant la production créative d'une de quatre équipes ayant participé à l'expérimentation du Chapitre 6;
- un lot de fiches-idées vierges, dans le cas où l'évaluation de cette production créative donnerait lieu à de nouvelles idées de scénarios d'usage.

Enfin, les deux questionnaires utilisés dans l'expérimentation précédente étaient distribués (*cf.* annexe 4) :
- le questionnaire préliminaire pour évaluer le profil et l'expérience métier des participants ;
- le questionnaire post-expérimental sur le ressenti subjectif lié au travail réalisé.

[65] Comme pour l'expérimentation 2, il est plus pertinent de décrire uniquement les caractéristiques d'âge et d'ancienneté des concepteurs : leur âge moyen était de 28, 4 ans (min=20, max=55, σ=7,3) et leur ancienneté moyenne, de 4,5 ans (min=0, max=20, σ=5 ,1).

Comme dans l'expérimentation 2, les seules traces recueillies lors de ces séances de travail étaient écrites (tableaux et fiches idées remplis) et orales (verbalisations simultanées à l'activité). La Figure 7-3 donne un aperçu du plan de travail.

Figure 7-3 – Champ de la caméra

7.3 Procédure

Au départ de l'expérimentation, les nouveaux arrivants remplissaient le questionnaire préliminaire. Il leur était ensuite confié un ensemble de fiches-idées et de post-its produits par l'une des équipes de participants utilisant les outils de CPS dans l'expérimentation 2.

Le Tableau 7-1 décrit le mode d'attribution de cette production créative aux 8 équipes. Les équipes du bloc A reprenaient leur propre production (condition : paternité). Celles du bloc B reprenaient chacune la production d'une équipe du bloc A (condition : non paternité). Pour des raisons pratiques, les expérimentations 2 et 3 étaient, pour les équipes du bloc A, menées l'une à la suite de l'autre. Une pause de 15 minutes était accordée entre les deux étapes. La Figure 7-4 décrit le protocole suivi, et son articulation avec l'expérimentation n°2. Un contrebalancement a été appliqué sur les variables Projet (DIGITABLE ou PETITE SIRENE) et Paternité de la production créative (Oui ou Non). Chaque lot de fiches a ainsi été traité par :

– L'équipe du bloc A à l'origine de sa production ;
– Une équipe du bloc B qui devait se réapproprier cette production avant de l'évaluer.

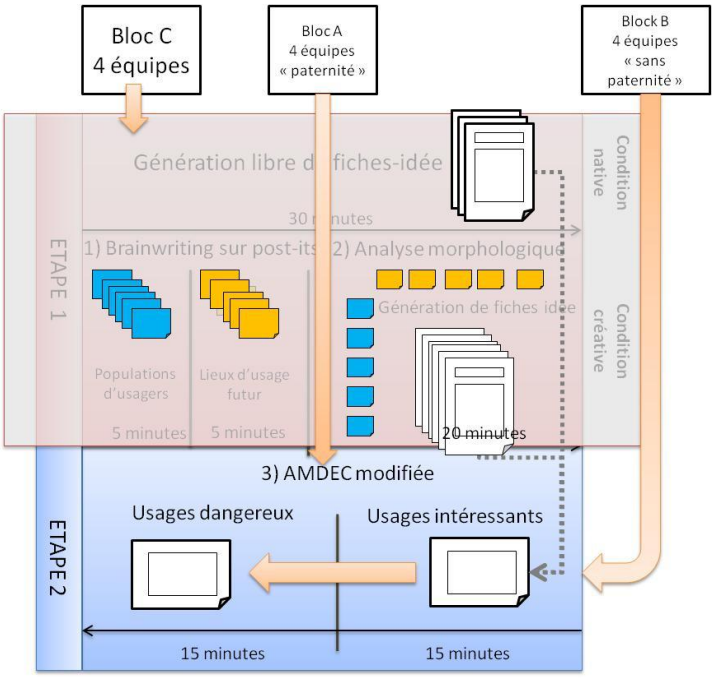


Figure 7-4 - Schéma du protocole expérimental

Bloc	Groupe	Paternité	Projet
A	1	Oui	DT [a]
	2	Oui	PS [b]
	3	Oui	DT [c]
	4	Oui	PS [d]
B	5	Non	DT [a]
	6	Non	PS [b]
	7	Non	DT [c]
	8	Non	PS [d]

Tableau 7-1 - Définition, pour les 8 groupes de participants, du projet traité (PS = Petite Sirène, DT = Digitable) et du lot de fiches repris (entre crochets).

La consigne suivante était lue au groupe de participants. Comme précédemment, les consignes écrites en rouge (options a) se rapportent au projet PETITE SIRENE, celles écrites en bleu (options b), au projet DIGITABLE.

Pour les nouveaux arrivants :

Vous allez participer à une simulation de projet, où vous réaliserez un travail d'anticipation comme dans un bureau d'études. Vous participez à un projet de conception

a) d'un dispositif de prévention de la noyade chez l'enfant
b) d'une table interactive pour les activités collaboratives

(On désigne les visuels aux participants). Le but de ce projet est de concevoir un système :

a) de type collier, qui détecte la présence d'eau et déclenche le gonflement d'une bouée qui maintienne les voies respiratoires de l'enfant à la surface ;
b) permettant aux usagers de réaliser diverses activités collaboratives informatisées en étant installés autour de et en interagissant avec la surface d'une table.

Vous intervenez à la suite d'une équipe de conception qui a mené une réflexion sur les usages futurs de ce produit. Cette réflexion a donné lieu aux fiches idées qui vous sont distribuées.

Pour les "anciens" :

Vous avez produit un ensemble de fiches-idées décrivant des usages possibles

- du collier-bouée ;
- de la table interactive collaborative

En premier lieu, on affichait l'objectif « **anticiper les usages dangereux** » avant de distribuer les tableaux vierges correspondants et de donner la consigne suivante :

Votre objectif va être d'anticiper les usages dangereux de ce produit à partir de ces fiches. Vous devez imaginer le maximum d'usages dangereux. Il s'agit d'un travail collectif, je vous encourage à communiquer entre vous pour remplir le tableau fourni.

En second lieu, on affichait l'objectif « **anticiper les usages intéressants** » avant de distribuer les tableaux vierges correspondants et de donner la consigne suivante :

> Maintenant, je vais vous demander d'anticiper les usages intéressants de ce produit et de remplir le tableau suivant, toujours en raisonnant à voix haute et à plusieurs. Vous devez imaginer le maximum d'usages intéressants. Il s'agit d'un travail collectif, je vous encourage à communiquer entre vous pour remplir le tableau fourni.

Le temps imparti pour remplir chacun des tableaux était de 15 minutes, à la suite de quoi les participants remplissaient le questionnaire post-expérimental.

7.3.1 Variables

7.3.1.1 Variables indépendantes (VI)

Trois VI ont été choisies :

- La Condition : les participants ont, ou n'ont pas, la paternité des fiches analysées (variable inter-sujets) ;
- Le projet : PETITE SIRENE ou DIGITABLE (variable inter-sujets)
- Le rôle-métier : Ingénieur, ergonome, designer ou « naïf » (variable inter-sujets).

7.3.1.2 Variables dépendantes (VD)

Notre objectif était d'estimer la capacité des participants à évaluer les dangers et intérêts liés à l'usage futur du produit en cours de conception. Nous avons repris le postulat général du CPS sur lequel nous nous sommes déjà appuyés dans l'expérimentation 2 : la quantité d'idées produites peut être considérée comme une métrique de performance. De là, nous avons proposé quatre VDs :

- Le **nombre d'items** dans le tableau **usages dangereux**: un item est matérialisé par un couple « facteur de danger x score » ;
- Le **nombre d'items** dans le tableau **usages intéressants**: comme précédemment, un item est matérialisé par un couple « facteur d'intérêt x score » ;
- Le **score total** (*i.e.* somme des scores) associé aux **usages dangereux** ;
- Le **score total** (*i.e.* somme des scores) associé aux **usages intéressants**.

7.3.2 Hypothèse

Notre hypothèse porte sur la difficulté surajoutée à laquelle sont confrontés les nouveaux arrivants du fait de leur méconnaissance du projet et de ses enjeux : on s'attend à ce que les **performances des sujets soient significativement inférieures en condition « non-paternité » *vs*. « paternité »**

.

7.4 Résultats

Les huit groupes ont produit au total 106 items dans les tableaux « usages dangereux » et 91 items dans les tableaux « usages intéressants ».

L'ANOVA a permis de mettre en évidence un **effet principal du rôle métier (en tendance) sur le nombre d'items « usages dangereux »** ($F(3/16)=2.77$, $p=0.075$) : les sujets naïfs identifient moins d'usages dangereux que les ergonomes ($p=0.018$) et les designers ($p=0.035$). En revanche, aucun effet significatif de ce type n'a été retrouvé pour les usages intéressants.

Au niveau des scores de danger (qui sont des indices cumulatifs du nombre d'items produits, de la fréquence et de la gravité des dangers associés), on observe un **effet principal du Projet (en tendance)** ($F(1/16)=3.37$, $p=0.085$) **en faveur de PETITE SIRENE**, ainsi qu'un **effet principal de la Condition, en faveur de la paternité** ($F(1,16)=3.67$, $p=0.074$). En revanche, on n'observe pas d'effet significatif concernant les scores d'intérêt.

7.5 Discussion

Contrairement à ce que prévoyait notre hypothèse, **nous n'avons pas observé d'effet significatif de la paternité**, ni sur le nombre d'items produits, ni sur les scores totaux, pour le critère d'intérêt. Les concepteurs nouveaux arrivants sont capables de produire des revendications sur les usages intéressants et dangereux à partir de scénarios qu'ils n'ont pas eux-mêmes produits, et obtiennent des performances qui ne diffèrent pas significativement de celles des auteurs de la production créative.

Plusieurs éléments peuvent être mis en avant pour expliquer ce résultat:

- Les nouveaux arrivants sont parvenus à se réapproprier efficacement la production créative qui leur était confiée et à cerner rapidement les enjeux du projet ;
- La méthode de l'AMDEC modifiée sous contrainte temporelle a incité les participants à prioriser la production créative, comme le font par exemple les règles d'Osborn dans l'expérimentation 2.

Le fait d'obtenir des résultats différents sur les critères de danger et d'intérêt (*i.e.* des résultats significatifs pour le premier critère et non significatifs pour le second) nous incite à questionner la pertinence de méthodes dérivées de l'APR, pour exploiter la production créative de l'analyse prospective des usages. Appliqués aux usages du produit, la réflexion sur les dangers et les intérêts associés à l'usage a donné lieu à une production variée. Par exemple, les réponses des participants décrivent :

- des « arguments de vente » qui sont, en fait, des reformulations des enjeux du projet, par exemple « prévenir la noyade » ou « réaliser des activités ludiques » ;
- des élargissements, correspondant à l'ouverture de nouveaux cadres d'usage, par exemple « utilisation [du collier-bouée] par des ados dans un night-club »

On retrouve donc, dans cette seconde étape de notre démarche, les mécanismes décrits dans l'expérimentation précédente.

Les tableaux ont permis au concepteur de faire un travail de conceptualisation et de formalisation des priorités à partir de scénarios spéculatifs d'usage.

En effet, l'attribution du score a souvent été à l'origine de discussions qui se sont appuyées sur des scénarios spéculatifs (même si ces scénarios ne sont pas toujours couchés sur papier). Ce débat s'appuie sur les représentations des concepteurs sur les usages futurs. Notre constat est que sur un plan cognitif, les notions de « danger » et d'intérêt » ne renvoient pas au même degré de granularité de la réflexion. En effet, les participants ont interprété les deux termes à deux niveaux différents.

- les usages *dangereux* renvoient à un dénominateur commun, la notion de dommage pour l'usager, le produit, ou l'environnement, qui va baliser leur construction ;
- les usages *intéressants* sont beaucoup plus souples dans leur définition car ils permettent de d'interroger sur une expérience utilisateur positive, dont les déterminants sont très variés (*cf.* partie 2.3.3)

Les résultats significatifs obtenus sur le critère de danger (*hazard* en Anglais) peuvent ainsi être expliqués par le fait que les participants ont éprouvé plus de facilité à s'entendre sur la notion de danger. Puisque *l'intérêt* est un concept plastique, il se prête à une grande variété d'interprétations.

Ceci permet aussi d'expliquer les performances élevées de l'ergonome, qui de par sa « bibliothèque mentale de situations » (voir partie 6.5.2) serait plus à même :

- d'articuler les différents scénarios d'usage produits en concepts dangereux et intéressants pour la conception,
- et ce faisant, de proposer de nouveaux scénarios illustratifs pour négocier les décisions en aval.

Quant aux scores significativement plus élevés de danger attribués au projet PETITE SIRENE, ils peuvent être expliqués de deux manières :

- la prévention fait partie des enjeux centraux du projet ;
- des biais concernant l'anticipation des usages, semblables à ceux que nous avons pu observer chez les futurs utilisateurs dans notre travail sur le projet Petite Sirène (cf. Partie 4.2 ; Nelson *et coll*., 2009c), sont aussi présents chez les concepteurs[66]. Ils se traduisent ici par une sur-cotation du danger. Puisque « tout est important », que rien ne doit être oublié sous peine d'un risque inacceptable, les concepteurs ont beaucoup plus de mal à prioriser les revendications. Cet effet est d'autant plus important chez les individus « avec paternité » : ces derniers ont eu l'occasion de réfléchir au projet (dans l'expérimentation 2) et il est possible que les enjeux de sécurité soient d'autant plus présents à leur esprit.

[66] Nous avons pu voir, dans nos entretiens avec des parents d'enfants en bas âge considérés comme représentants des utilisateurs futurs, que l'évocation de certaines situations d'usage (scénarios d'accident) était pénible voire inacceptable pour eux. Les scénarios correspondants étaient aussitôt écartés par une autocensure, généralement matérialisée par une phrase du type « cela n'arrive jamais »). Or, le concepteur ne peut se permettre cette censure, puisque le produit qu'il conçoit pourra constituer la dernière ligne de défense contre le risque de noyade. L'effet est donc opposé, puisque tout est important.

7.6 Conclusion

L'expérimentation a montré que la méthode AMDEC modifiée permettait aux participants, à partir d'une production créative constituée d'idées et de scénarios d'usage, de structurer l'exploitation de ces éléments pour générer des revendications, et ainsi fournir de la matière pour orienter les décisions de conception en aval. Les sujets ont été en mesure :

- d'identifier et de classer par importance des dangers et intérêts de l'usage a priori ;
- de s'approprier facilement des scénarios prospectifs d'usage issus des outils de créativité, pour le critère d'intérêt;
- de répartir une production créative importante en de multiples groupes de travail.

En montrant que les performances des individus « nouveaux-arrivants » ne différaient pas significativement de celles des « anciens », nous avons montré, *à un égard*, la pertinence d'une organisation fondée sur des **cellules distribuées d'analyse prospective**. Les deux types de groupes ont été à même de générer des revendications sur l'usage à partir des scénarios prospectifs. **Ceci tend à valider notre hypothèse H2 sur l'utilisation des outils fiabilistes pour l'exploitation des scénarios spéculatifs dans l'analyse prospective des usages.** Ces outils simples permettraient d'intégrer une production créative abondante sur les usages futurs dans une réflexion continue et distribuée sur les usages intéressants et dangereux, pouvant servir de support à la validation de concepts et au lancement de projets d'innovation centrés sur l'utilisateur.

Dans le dernier chapitre de la thèse, nous discutons les apports et limites de notre travail de recherche.

8 APPORTS ET PERSPECTIVES DES TRAVAUX DE THÈSE

8.1 Introduction

Au cours de ce travail de thèse, notre participation à plusieurs projets de conception industrielle, et nos interactions avec nos collègues de cette équipe pluridisciplinaire, nous ont amenés à nous interroger sur les limites des méthodes existantes d'analyse des usages dans un contexte de conception innovante centrée sur l'Homme. Afin d'assister la gestion des risques et des opportunités pour l'innovation dans ce cadre, nous nous sommes appuyés sur le concept d'analyse prospective des usages, que nous avons contribué à formaliser.

Contrairement à la majorité des méthodes et outils classiques de l'analyse des usages, l'analyse prospective ne porte pas sur des activités réelles. Dans notre démarche, le concepteur va d'abord imaginer des activités potentielles pour négocier quelle suite donner à des projets de conception. Cette approche est tout à fait compatible avec des approches préventive et corrective de l'intervention ergonomique, qui peuvent ensuite venir en renfort de cette exploration préalable (Brangier et Robert 2010). La réflexion prospective sur les usages doit notamment permettre :

- **de formaliser les négociations autour de l'usage** qui caractérisent les phases initiales de projets d'innovation où l'usage est une donnée du projet qui reste à construire (ex. dans les projets *technology-push*) ;
- **d'accéder à des situations qui seraient inaccessibles** par l'analyse rétrospective.

Pour rendre compte de ceci, nous avons choisi de travailler, dans les diverses expérimentations que nous avons menées au cours de la thèse, sur deux projets industriels : le projet Digitable, qui portait sur la génération de concepts innovants pour valoriser une technologie émergente ; et le projet Petite Sirène, qui portait sur la validation d'un concept, pour concevoir un produit orienté vers la sécurité des usagers. A partir des briefs design correspondant à ces deux projets, les participants à nos expérimentations ont pu formuler, à partir de leurs connaissances propres, des **descriptions spéculatives sur l'usage futur du produit**. L'étude de la dynamique de cette activité –que nous avons proposé aux sujets de réaliser, soit librement, soit avec l'assistance d'outils de créativité – est au cœur de notre travail de recherche. Ce chapitre vise à synthétiser les apports et perspectives de ce travail.

8.2 Apports et originalité de notre recherche

L'objectif premier de notre recherche est de fournir au concepteur des outils lui permettant d'appréhender les usages d'un produit dès les phases initiales du processus d'innovation.

8.2.1 Un modèle génératif et décisionnel de l'analyse prospective des usages

Dans les phases amont du processus d'innovation, le concept de produit, ainsi que son usage, l'identité de ses usagers, et les autres éléments du cadre ne sont pas encore définis.

Une originalité de notre travail de thèse a été de considérer l'usage, pas uniquement comme un fait accompli pouvant être observé et étudié, mais aussi et d'abord comme un élément que les concepteurs vont construire au fil du projet. Notre apport, sur ce plan, a été de proposer un modèle de cet aspect de l'activité du concepteur dans les phases initiales de projets d'innovation. Ceci a permis de structurer la boîte à outils méthodologique que nous avons proposée et évaluée expérimentalement.

Au cours des phases conceptuelles de la conception centrée utilisateurs, la lecture du brief design donne logiquement lieu à une phase de construction de connaissances sur l'usage, ou *user research* (Salovaara et Mannonen, 2005). Mais comment, vers quoi orienter ces recherches, coûteuses en temps, et en ressources humaines et matérielles ?

Aujourd'hui, ce choix se fait en exploration libre : il appartient à l'entrepreneur de trouver le juste équilibre entre les enseignements issus d'analyses des usages et les coûts engagés dans ces analyses. Cet équilibre se joue aussi entre une approche *bottom-up*, dans laquelle l'analyse des usages permet à l'équipe d'appréhender les « surprises » que l'usage réserve dans un contexte d'innovation.- et une approche *top-down*, dans laquelle les acteurs du projet émettent des hypothèses sur les cadres d'usage où le concept pourrait être générateur de valeur. En reprenant le modèle du *Scenario-Based Design* de Rosson et Carroll (2002), nous avons proposé que cette dimension *top-down* pouvait faire l'objet d'une réflexion structurée. Celle-ci vise, plus particulièrement :

- A générer des descriptions des usages futurs possibles du produit à partir du concept décrit dans le brief, et
- A exploiter les scénarios ainsi produits pour en dégager des pistes d'orientation de projets d'innovation en cours ou futurs.

Dans notre modèle, les concepteurs vont interroger le concept de produit décrit dans le brief, pour raffiner et valider le concept développé ultérieurement. Cette réflexion permet aussi de générer de nouveaux concepts en faisant évoluer l'identité du *concept racine* en l'exposant à des scénarios inhabituels. La Figure 8-1 décrit le modèle génératif et décisionnel de l'analyse prospective des usages issu de nos travaux.

Les outils que nous proposons ont aussi permis aux concepteurs de construire, par un raisonnement spéculatif, des représentations de situations qui leur étaient inaccessibles pour des raisons diverses – par exemple, des obstacles déontologiques, ou des situations trop rares pour être observées sur le terrain. Tout au long du processus de construction et d'exploitation de scénarios spéculatifs, les concepteurs vont générer et évaluer des idées de manière collaborative. Il ne s'agit pas de prédire les usages futurs. Au contraire, il s'agit de sensibiliser, de convaincre les acteurs du projet (*stakeholders*) :

(1) pour orienter le lancement de projets d'une part, et
(2) pour structurer les démarches ultérieures pour construire des connaissances sur les usages d'autre part.

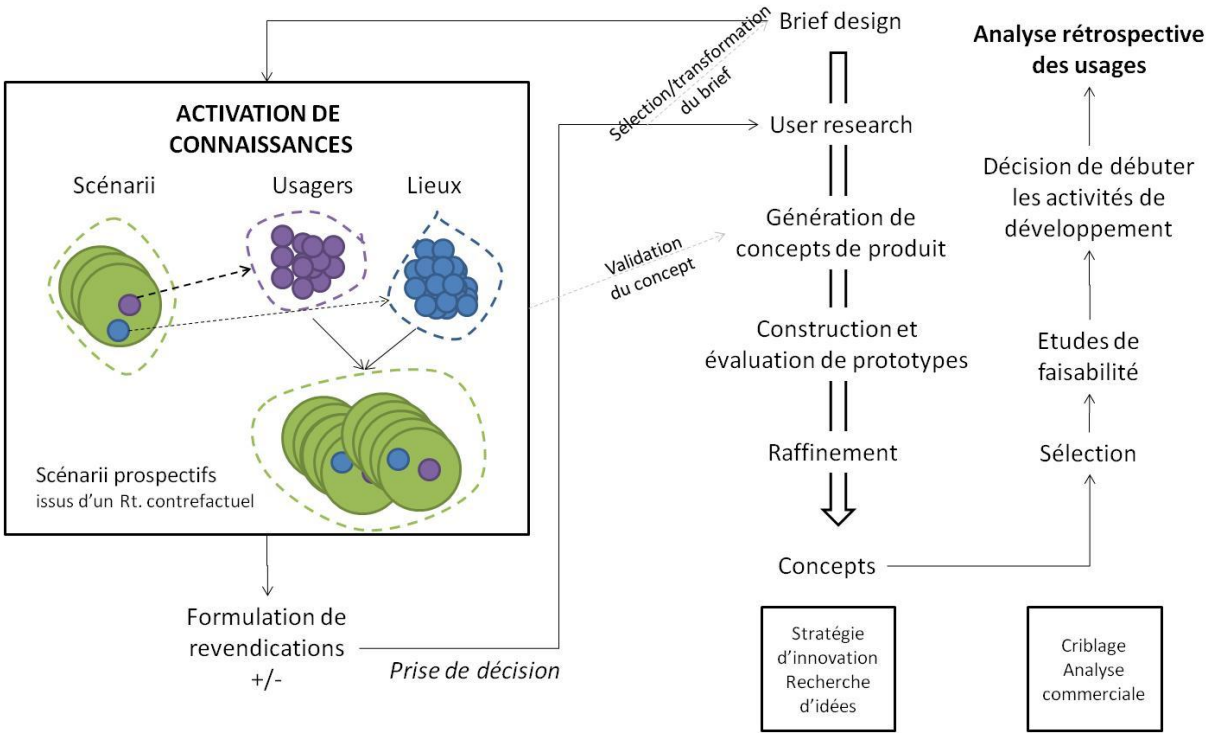


Figure 8-1 - Modèle de l'UCPCD intégrant l'analyse prospective des usages (adapté de Salovaara et Mannonen, 2005).

La construction de connaissances sur les usages au fil du processus est susceptible de faire évoluer les critères sur lesquels les scénarios d'usage sont évalués. L'analyse prospective n'a pas vocation à se substituer entièrement à la rétrospective. Il devient alors d'autant plus important de capitaliser les informations sur les revendications d'usage (ex. fiches idée, tableaux dangers/intérêts), afin de les compléter avec l'arrivée de nouvelles informations. De ce point de vue, notre processus peut être considéré comme une démarche globale et longitudinale de la prise en compte des usages dans les projets d'innovation.

8.2.2 Apports méthodologiques : l'application d'outils de créativité et d'outils fiabilistes à l'exploration des usages dans les phases amont du processus

Nous avons réalisé un état de l'art des méthodes actuelles d'analyse des usages, qui nous a permis d'identifier leurs principales limites dans le contexte de projets d'innovation produit. Pour caractériser ces limites, et faisant suite au positionnement original de notre recherche, nous avons été amenés à mobiliser plusieurs disciplines au contact des sciences de la conception (psychologie, ergonomie et sciences de gestion principalement).

Avec nos résultats expérimentaux, ces éléments théoriques permettent de situer un second apport de notre recherche autour de la production de connaissances sur la dynamique de construction de scénarios d'usage.

Les scénarios sont rarement considérés du point de vue de la manière dont ils sont *construits*. La littérature met plus souvent en avant le rôle qu'ils ont comme objet de négociation, pour orienter la prise de décisions en conception. Il nous a semblé approprié d'explorer cette thématique de la construction aussi bien que de l'interprétation des scénarios d'usage. En

effet, l'incertitude qui caractérise les projets d'innovation, fait que l'usage dans un projet de ce type est construit, décidé, tout autant qu'il est « analysé » dans le sens classique du terme.

Pour répondre aux limites mises en évidence dans notre état de l'art, nous avons été amenés à intégrer à notre réflexion, le cadre de la créativité en conception, en examinant les apports des outils et paradigmes considérés (TRIZ, CPS) suivant une approche expérimentale. Cette approche originale est fondée sur l'analyse de l'activité des concepteurs. Une caractéristique forte de notre travail est d'avoir appréhendé dans le même temps la problématique d'**anticipation des usages** dans les projets d'innovation et le raisonnement créatif assisté par les outils mentionnés. En synthétisant un ensemble de recherches, sur la génération d'idées en groupe, sur TRIZ, et sur l'ingénierie de la fiabilité, nous avons justifié la construction d'une démarche pour l'analyse prospective des usages.

Notre recherche a permis de décrire précisément les effets des méthodes et outils intégrés dans notre boîte à outils méthodologique : d'un côté, l'association du brainwriting avec l'analyse morphologique et l'AMDEC modifiée ; de l'autre, l'analyse multi-écrans. La Figure 8-2 illustre ces deux approches. La flèche rouge situe la proposition qui a eu, pour nous, les résultats les plus concluants (brainwriting + matrice de découvertes + AMDEC modifiée).

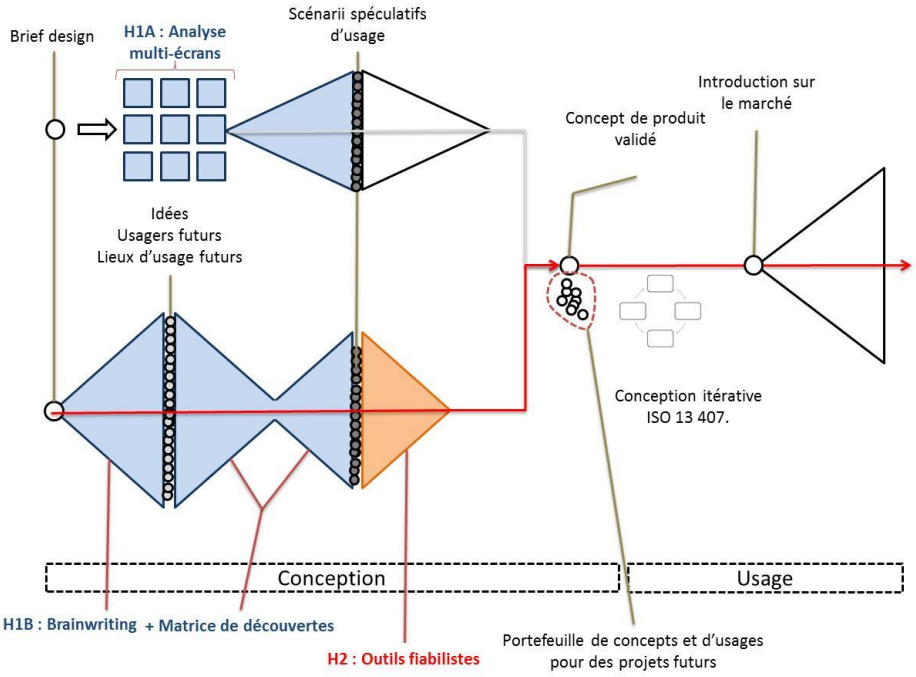


Figure 8-2 – Schéma des démarches d'analyse prospective proposées

Nous avons adopté deux démarches d'investigation différentes, en fonction de problématiques distinctes que nous avions identifiées autour du transfert des outils à l'analyse prospective des usages.

Notre évaluation a porté sur la capacité des concepteurs à entretenir un dialogue structuré sur les usages, avec et sans l'apport des outils de créativité et des outils fiabilistes. Les résultats interrogent la notion d'optimisation du processus de conception et de l'analyse des usages dans les projets d'innovation. D'un certain point de vue, la situation idéale consisterait à prévoir toutes les évolutions possibles du produit dans l'usage, de manière à générer une valeur d'usage tout en respectant les exigences de respect des coûts, de la qualité et des délais

du processus. Mais à l'issue de ce travail, nous soutenons que, si les outils proposés ont eu un effet bénéfique sur le travail des concepteurs, ce n'est pas dans ce sens que ces bénéfices se sont fait sentir.

En effet, nous avons pu montrer que **ces méthodes permettaient de structurer l'analyse prospective des usages à partir des connaissances existantes des concepteurs.** Le concept de *thème fédérateur* que nous avons mis en évidence dans les expérimentations 2 et 3 indique que le discours des concepteurs peut converger vers un socle commun. Il est aussi possible, avec ces méthodes, de faire ressortir des idées moins courantes pour les intégrer à la négociation sur les usages futurs du produit.

D'autres outils CPS et TRIZ auraient pu être utilisés pour outiller l'analyse prospective des usages. Les manques identifiés dans notre état de l'art sur l'analyse des usages ont été partiellement comblés par les outils proposés. Mais au-delà des outils, ce sont les paradigmes dont ils sont issus qui étaient interrogés. Nous espérons avoir montré que **le CPS, la TRIZ, et l'ingénierie de la fiabilité constituent des viviers d'outils pour l'analyse prospective des usages**, qui pourraient être validés suivant une approche analogue à la nôtre, dans des travaux futurs.

Au sein du programme de recherche du LCPI, notre contribution a donc porté essentiellement sur le pôle *processus*. Mais nos résultats nous ont aussi permis de contribuer au pôle *métiers*, en réinterrogeant notamment le rôle de l'ergonome dans l'analyse prospective des usages.

8.2.3 Apports de connaissances : rôle de l'ergonomie dans l'analyse prospective des usages

Notre modèle de l'analyse des usages est fondé sur une production collaborative d'idées et de scénarios. Nous avons cependant pu constater que la participation des ergonomes à la production et à l'exploitation d'idées et de scénarios d'usage était quantitativement plus importante que celle des autres profils métier. Ceci suggère que **les ergonomes sont à même** de **contribuer, par la production d'idées sur les usages futurs possibles d'un produit, aux phases initiales d'un projet d'innovation**. Cette vision s'oppose à celle, plus classiquement défendue, de l'ergonomie contribuant à la conception uniquement à partir de données sur l'activité réelle des usagers. En effet, l'activité future des usagers (comme leur identité) ne peut être définie qu'une fois que le concept de produit à concevoir est stabilisé. C'est pourquoi de nombreux ergonomes attendent aujourd'hui que le concept soit validé avant de s'engager dans le projet. Nous avons montré combien cette position était difficile à tenir dans les projets d'innovation. Les exigences industrielles poussent l'ergonome à contribuer d'une manière de plus en plus précoce et active au processus d'innovation.

Nous avons proposé l'hypothèse que cette contribution plus importante de l'ergonome reposait, au moins en partie, sur l'utilisation de la *bibliothèque de situations* que ce dernier construit dans sa vie professionnelle. Mieux permettre à l'ergonome d'accéder à ces connaissances et les partager dans une équipe pluridisciplinaire serait un bon moyen de dépasser les blocages actuels. Ceux-ci se caractérisent souvent par le fait que le praticien demandera à attendre qu'un prototype soit disponible avant d'exprimer une position claire sur le produit. **Nos résultats suggèrent que l'ergonome peut et doit être une force de proposition dans la définition des usages dès les phases amont de projets d'innovation, surtout lorsque le projet n'est pas piloté par une demande claire en provenance du**

marché. Il importe aussi de veiller à ce que les autres métiers participent également au processus de construction des usages, pour garantir une expression équitable des points de vue dans le débat prospectif. Nous nous situons ici dans l'optique où l'équité, en soi, est une caractéristique désirable de la conception collaborative (Buisine, 2010).

Le modèle que nous proposons pour l'analyse prospective des usages s'appuie sur les connaissances disponibles d'entrée de jeu chez le collectif. Dans nos expérimentations, les sujets avaient pour seul matériel de départ, le brief design et les visuels associés. Ce choix est justifié par notre état de l'art, qui nous a conduits au constat que l'optimisation des coûts et délais de la conception anthropocentrée pouvait reposer sur une minimisation des coûts du *user research*, c'est-à-dire de la recherche exploratoire sur les usages dans les phases amont du projet. C'est après que l'équipe mettra en oeuvre, si nécessaire, des analyses plus ciblées. Notre modèle de l'analyse prospective des usages s'insère donc avant l'analyse rétrospective, mais sans s'y substituer. Nous pensons aujourd'hui que l'optimisation du processus de conception innovante, du point de vue de l'analyse des usages, reposera sur **un mariage de raison entre les deux approches, l'une centrée sur le débat préalable (que notre contribution méthodologique permet d'outiller), l'autre centrée sur le recueil de données d'usage en aval**.

C'est autour de cette perspective que nous concluons notre travail dans la partie suivante.

8.3 Conclusions et perspectives

Par notre travail, nous avons pu tirer des conclusions théoriques et méthodologiques sur les caractéristiques souhaitables d'une démarche d'analyse prospective des usages dans les étapes initiales d'un projet d'innovation. Les outils que nous proposons pourront être évalués dans un contexte industriel. Mais les entreprises peuvent aussi porter, en leur sein, des structures, des pratiques, et des contraintes différentes de celles du laboratoire, qui peuvent interroger et compléter notre modèle. Nous proposons donc de prolonger ces travaux par des *études menées en milieu industriel*.
D'autre part, nos expérimentations se sont appuyées sur des outils très simples pour instrumenter le débat sur les usages, outils de type papier-crayon. Ceci nous incite dans un second temps à décrire des perspectives autour du troisième thème du programme de recherche du LCPI : la conception et l'évaluation de *technologies support* pour l'analyse prospective des usages.

8.3.1 Extension des méthodes vers le cadre industriel

L'analyse prospective des usages répond à un besoin des entreprises, souhaitant mieux intégrer une approche globale des usages comme source de valeur dans leur politique d'innovation. Les outils que nous avons proposés pour outiller l'analyse prospective des usages s'appuient sur les connaissances propres des concepteurs (expérimentations 1 et 2). Les résultats de l'expérimentation 3 suggèrent aussi la possibilité de mettre en place des groupes de travail à la suite de la génération d'idées. Ceci permettra d'organiser l'exploitation des propositions générées par l'analyse prospective.

C'est dans l'intégration en entreprise que la prospective prend une dimension stratégique (Godet et Roubelat, 1994), qu'il semblera important de considérer dans des travaux futurs. Le milieu de l'entreprise est à même de s'approprier les méthodes que nous proposons, mais peut aussi disposer de sources de connaissances qui permettent d'informer l'analyse prospective.

Ainsi, l'extension de notre démarche au cadre industriel devra s'intégrer harmonieusement aux pratiques de veille que les entreprises peuvent appliquer pour réagir rapidement et de manière pertinente de l'environnement socioéconomique (Castagnos et Lesca, 2004). On pourra s'intéresser notamment à l'apport de méthodes comme l'analyse des tendances design et des tendances sociales, aux études démographiques, aux outils du marketing et de *business analytics*, qui pourraient être des outils pertinents pour fournir à faible coût, des connaissances en entrée d'une analyse prospective des usages.

Une autre raison pour laquelle l'extension de ce travail au domaine industriel nous semble essentielle, est la suivante. L'anticipation des usages ne consiste justement qu'à se projeter dans l'avenir pour formuler des hypothèses sur des concepts de produits qui seraient porteurs de valeur d'usage. Les outils de créativité et fiabilistes que nous avons proposé permettent bien de formuler ces hypothèses sous la forme de scenarios et de revendications. Mais il n'y a qu'une manière de vérifier ces hypothèses : appliquer ces outils dans des projets industriels et étudier la construction des usages suivant une approche longitudinale, tout au long du cycle de vie du produit.

Enfin, pour revenir à des négociations plus amont, il serait intéressant d'étudier l'activité des *stakeholders* du point de vue des circuits décisionnels impliqués dans le lancement de nouveaux projets d'innovation. Les scénarios spéculatifs d'usage ne font pas que décrire des potentialités de produits innovants. Ils sont par eux-mêmes des objets-frontière (Trompette et Vinck, 2009) qui permettent de susciter l'intérêt des acteurs de l'entreprise dans de nouvelles pistes d'innovation. Il faudra alors s'assurer que l'analyse prospective des usages, au-delà de la génération et de l'interprétation de scénarios, joue efficacement un rôle d'orientation de projets futurs et d'allocation des ressources. En résumé, nous proposons de nous intéresser à la suite du processus d'*User Centered Product Concept Design* (UCPCD) décrit par Salovaara et Mannonen (Figure 8-3).

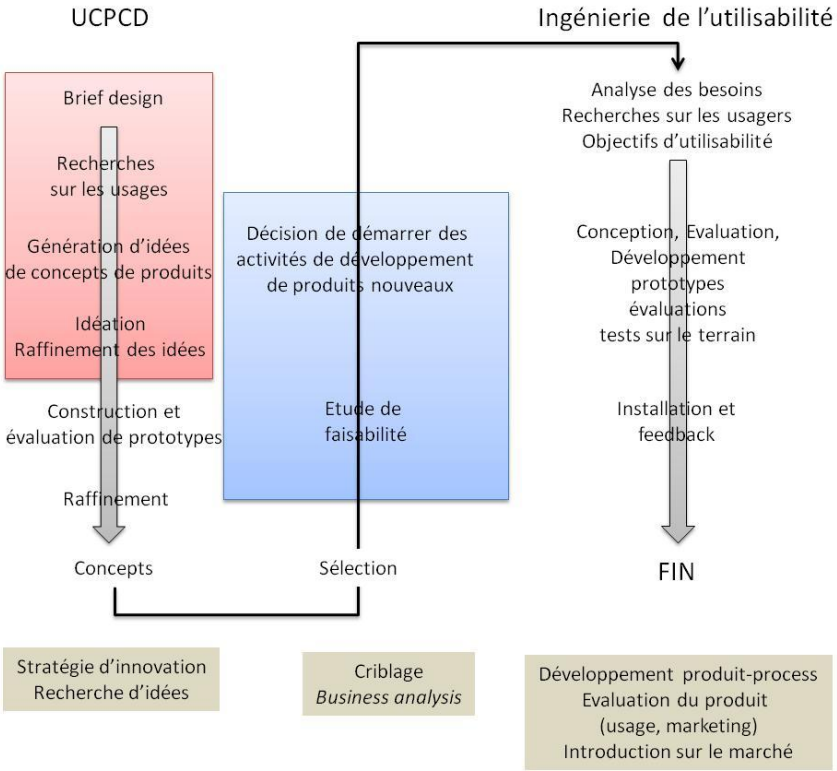


Figure 8-3 – Positionnement des travaux présentés dans le manuscrit (rouge) et perspectives de recherche future (bleu)

8.3.2 Développement d'outils exploitant les NTIC pour assister l'analyse prospective des usages

Nous avons utilisé dans nos expérimentations les outils les plus simples de séances de créativité : papier et crayon. Les limites de ces supports pour la génération d'idées en groupe, ont incité plusieurs auteurs à s'intéresser aux apports des Technologies de l'Information et de la Communication (*e.g.* Shneiderman *et coll.*, 2006 ; Burkhardt et Lubart, 2010 ; Bonnardel et Zenasni, 2010). Dans le cadre des recherches du LCPI sur les technologies support pour l'innovation, nos travaux pourraient être prolongés en étudiant les effets de dispositifs IHM innovants – tables interactives, environnements virtuels par exemple – sur le travail de concepteurs lors de séances d'analyse prospective des usages. Les métriques exploitées dans notre travail de thèse (fluence, originalité) pourront être réutilisées, mais aussi d'autres métriques de la performance créative, telles que la flexibilité et le degré d'élaboration des idées produites (Plucker et Makel, 2010).

8.3.3 Analyse de la collaboration intermétiers dans l'analyse prospective des usages

Pour conclure, ce travail de thèse a touché profondément notre pratique du métier d'ergonome, que nous avons exercé au laboratoire CPI au fil de la thèse en lien permanent avec notre travail de recherche. Le champ de l'innovation produit en général, et de l'innovation pilotée par la technologie en particulier, nous semble receler des perspectives passionnantes d'évolution de notre métier, et de nouvelles problématiques pour la formation des ergonomes.

Ayant conclu dans notre travail que les ergonomes pouvaient et devaient intervenir dans les phases prospectives du processus d'innovation, il nous semble aujourd'hui indispensable de modéliser plus précisément la pratique ergonomique dans ce cadre. Comme le soulignent Brangier et Robert (2010), la prospective rend nécessaire la collaboration des ergonomes, dans les projets d'innovation, avec des acteurs issus de disciplines tels que le marketing ou les sciences de gestion. Ces acteurs participent déjà aux projets d'innovation, mais les mécanismes de leur collaboration dans l'analyse prospective des usages doivent être étudiés. La mise en œuvre de travaux sur ce point semble être une étape nécessaire au développement de recherches et de pratiques futures pour l'analyse prospective des usages.

Fin du document principal

9 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adamski, A. J., & Westrum, R. (2003). Requisite imagination, the fine art of anticipating what might go wrong. In E. Hollnagel (Ed.), *Handbook of cognitive task design* (pp. 193-220). Aldershot, UK: Ashgate.

Akrich, M. (1987). Comment décrire des objets techniques? *Technique et culture, 9*, 49-64.

Akrich, M. (1995). User representations: practices, methods and sociology. In A. Rip, T. J. Misa & J. Schot (Eds.), *Managing technology in society. The approach of Constructive Technology Assessment* (pp. 167-184). London: Pinter.

Akrich, M. (1998). Les utilisateurs, acteurs de l'innovation. *Education permanente, 134*, 79-89.

Akrich, M., Callon, M., & Latour, B. (1988). A quoi tient le succès des innovations? Partie 1: l'art de l'intéressement. *Annales des Mines, 11*, 4-17.

Akrich, M., Callon, M., & Latour, B. (Eds.). (2006). *Sociologie de la traduction: textes fondateurs*. Paris: Presses de l'Ecole des Mines.

Alexander, I., & Maiden, N. (2004). *Scenarios, stories, use cases*. Chichester, UK: John Wiley.

Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an exact science*. New York, NY: Gordon and Breach Science Publishers.

Amalberti, R. (2001). The paradoxes of almost totally safe transportation systems. *Safety Science, 37*(2-3), 109-126.

Anastassova, M. (2006). *L'analyse ergonomique des besoins en amont de la conception de technologies émergente: le cas de la Réalité Augmentée pour la formation à la maintenance automobile.* Thèse de Doctorat. Paris: Université Paris 5.

Anderson, R. J. (1994). Representations and requirements: the value of ethnography in system design. *Human-Computer Interaction, 9*, 151-182.

Aoussat, A. (1990). *La pertinence en innovation: nécessité d'une approche plurielle.* Thèse de doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Aoussat, A. (1996). *Contribution à la modélisation du processus de conception de produits industriels.* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Paris : Arts et Métiers ParisTech.

Aoussat, A., Christofol, H., & Le Coq, M. (2000). The new product design–a transverse approach. *Journal of Engineering Design, 11*(4), 399-417.

Ayres, R. U. (1969). Morphological analysis *Technological forecasting and long-range planning* (pp. 72-93). New York, NY: McGraw-Hill.

Baccino, T., Bellino, C., & Colombi, T. (2004). *Mesure de l'utilisabilité des interfaces*. Paris: Hermès Sciences.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. New York, NY: W.H. Freeman and Company.

Bandura, A. (2006). Guide for constructing self-efficacy scales. In T. Urdan & F. Pajares (Eds.), *Self-efficacy beliefs in adolescents* (pp. 307-337). Greenwich, CT: Information Age Publishing.

Barcenilla, J., & Bastien, J. M. C. (2009). L'acceptabilité de nouvelles technologies: quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité, et l'expérience utilisateur? *Le Travail Humain, 72*(4), 311-331.

Bardini, T., & Horvath, A. T. (1995). The social construction of the Personal Computer user: the rise and fall of the reflexive user. *Journal of communication,* 45(3), 40-65.

Béguin, P. (2007a). Innovation et cadre socio-cognitif des interactions concepteurs-opérateurs: une approche développementale. *Le travail humain, 70*(4), 369-390.

Béguin, P. (2007b). Prendre en compte l'activité de travail pour concevoir. *@ctivités, 4*(2), 107-114.

Béguin, P., & Pastré, P. (2002). Working, learning, and interacting through simulation. In S. Bagnara, S. Pozzi, A. Rizzo & P. Wright (Eds.), *Proceedings of the 11th European Conference on Cognitive Ergonomics: cognition, culture and design* (pp. 5-13).

Béguin, P., & Weill-Fassina, A. (1997). De la simulation des situations de travail à la situation de simulation. In P. Béguin & A. Weill-Fassina (Eds.), *La simulation en ergonomie: connaître, agir, interagir* (pp. 5-25). Toulouse: Octarès.

Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human-Computer Studies, 55*(4), 533-552.

Bevan, N., Kirakowski, J., & Maissel, J. (1991). *What is usability?* in Actes de la conférence 4th international conference on HCI, Stuttgart, Allemagne: Septembre.

Beyer, H., & Holtzblatt, K. (1998). *Contextual design. Defining customer-centered systems*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

Bias, R. G., & Mayhew, D. J. (Eds.). (2005). *Cost-justifying usability: an update for the internet age* (2ème ed.). Boston, MA: Academic Press.

Birolini, A. (2010). *Reliability engineering: theory and practice* (5ème ed.). Londres: Springer.

Bisseret, A., Sébillotte, S., & Falzon, P. (1999). *Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes*. Toulouse: Octarès.

Blomberg, J., Giacomi, J., Mosher, A., & Swenton-Wall, P. (1993). Ethnographic field methods and their relation to design. In D. Schuler & A. Namioka (Eds.), *Participatory design: principles and practices* (pp. 123-156). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Boehm, B. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 11*(4), 14-24.

Boehner, K., Vertesi, J., Sengers, P., & Dourish, P. (2007). *How HCI interprets the probes.* in Actes de la conférence CHI 2007, San José, CA: 28 avril - 3 mai.

Boivie, I., Gulliksen, J., & Göransson, B. (2006). The lonesome cowboy: a study of the usability designer role in systems development. *Interacting with computers, 18*, 601-634.

Bonnardel, N. (2009). Activités de conception et créativité: de l'analyse des facteurs cognitifs à l'assistance aux activités de conception créatives. *Le Travail Humain, 72*(1), 5-22.

Bonnardel, N., & Zenasni, F. (2010). The impact of technology on creativity in design : an enhancement? *Creativity and innovation management, 19*(2), 180-191

Bossard, P., Chanchevrier, P., & Leclair, P. (Eds.). (1997). *Ingénierie concourante: de la technique au social*. Paris: Economica.

Boudokhane, F. (2006). Comprendre le non-usage technique: réflexions théoriques. *Les Enjeux de l'information et de la communication, 7*.

Boy, G. A. (1997). The Group Elicitation Method for participatory design and usability testing. *Interactions, 4*(2), 27-33.

Boztepe, S. (2007). User value: competing theories and models. *International Journal of Design, 1*(2), 55-63.

Brandes, U., & Erlhoff, M. (2009). *Non-intentional design*: Daab.

Brandes, U., Stich, S., & Wender, M. (2009). *Design by use: the everyday metamorphosis of things*. Bâle: Birkhäuser.

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. Valléry & R. Amalberti (Eds.), *L'analyse du travail en perspectives: influences et évolutions* (pp. 143-156). Toulouse: Octarès.

Brangier, E., & Bastien, J. M. C. (2010). L'évolution de l'ergonomie des produits informatiques: accessibilité, utilisabilité, émotionnalité et influençabilité. In G. Valléry, M. C. Le Port & M. Zouinar (Eds.), *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés* (pp. 307-328). Paris: PUF.

Brangier, E., & Robert, J. M. (2010). *Manifeste pour l'ergonomie prospective: anticiper de futures activités humaines en vue de concevoir de nouveaux artefacts.* in Actes de la conférence 22ème conférence francophone sur l'interaction homme-machine, Luxembourg: 20-23 septembre.

Breton, P., & Proulx, S. (2002). *L'explosion de la communication à l'aube du XXIème siècle*. Paris: La Découverte.

Brown, S. A., & Venkatesh, V. (2003). Bringing the non-adopters along: the challenge facing the PC industry. *Communications of the ACM, 46*(4), 76-80.

Bruseberg, A., & McDonagh-Philp, D. (2002). Focus groups to support the industrial/product designer: a review based on current literature and designers' feedback. *Applied ergonomics, 33*(1), 27-38.

Buchenau, M., & Fulton Suri, J. (2000). *Experience prototyping.* in Actes de la conférence 3rd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques, Brooklyn, NY: August 17-19.

Buisine, S. (2005). Conception et évaluation d'agents conversationnels multimodaux bidirectionnels. Thèse de doctorat. Paris : Université Paris 5.

Buisine, S. (2010). Quantitative assessment of collaboration. *International Reports on Socio-Informatics 7*, 32-39.

Buisine, S., & Martin, J. C. (2005). *Conception d'une interface multimodale à partir des comportements utilisateurs: l'utilisation du Magicien d'Oz en conception.* in Actes de la conférence CPI'05 Colloque francophone Conception et Production Intégrées, Casablanca, Maroc: 9-11 Novembre.

Buisine, S., & Roussel, B. (2008). Analyse de l'usage. In B. Yannou, H. Christofol, D. Jolly & N. Troussier (Eds.), *La conception industrielle de produits* (Vol. 3, pp. 43-60). Paris: Hermès Sciences.

Buisine, S., Besacier, G., Aoussat, A., & Vernier, F. (sous presse). How do interactive tabletop systems influence collaboration? *Computers in Human Behavior*.

Burkhardt, J. M., & Lubart, T. (2010). Creativity in the age of emerging technology: Some issues and perspectives in 2010. *Creativity and innovation management, 19*(2), 160-166.

Burns, C., Dishman, E., Verplank, W., & Lassiter, B. (1994). *Actors, hairdos and videotape: informance design.* in Actes de la conférence CHI'94, Boston, MA: 24-28 avril.

Bush, V. (1945). *Science, the endless frontier. A report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development*.

Cahour, B. (2010). Emotions, affects et conforts comme nouveaux déterminants de l'activité et de l'usage. In G. Valléry, M. C. Le Port & M. Zouinar (Eds.), *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés* (pp. 273-305). Paris: PUF.

Camacho, L. M., & Paulus, P. B. (1995). The role of social anxiousness in group brainstorming. *Journal of personality and social psychology, 68*(6), 1071-1080.

Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Carroll, J. M. (1995). *Scenario-based design: envisioning work and technology in system development*. New York, NY: John Wiley.

Carroll, J. M. (2000). *Making use: scenario-based design of human-computer interaction*. Cambridge, MA: MIT Press.

Carroll, J. M., & Rosson, M. B. (1992). Getting around the task-artifact cycle: how to make claims and design by scenario. *ACM Transactions on Information Systems, 10*(2), 181-212.

Castagnos, J.C., & Lesca, H. (2004) Capter les signaux faibles de la veille stratégique : retours d'expérience et recommandations. *E & G, Economia e Gestao* 4(7), 15-34.

Cavallucci, D. (1999). *Contribution à la conception de nouveaux systèmes mécaniques par intégration méthodologique.* Thèse de Doctorat. Strasbourg: Université Louis Pasteur.

Cavallucci, D. (2002). TRIZ, the Alschullerian approach to solving innovation problems. In A. Chakrabarti (Ed.), *Engineering design synthesis: understanding, approaches and tools* (pp. 133-150). London: Springer.

Certeau, M. de (1984). *L'invention du quotidien* (Vol. 1). Paris: Flammarion.

Chitescu, C., Sagot, J. C., & Gomes, S. (2003). *Favoriser l'articulation "ergonomie-conception de produits" à l'aide de mannequins numériques.* in Actes de la conférence 10ème séminaire CONFERE, Belfort, France: 3-4 juillet 2003

Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*. Boston, MA: Harvard University Press.

Clot, Y., & Gori, R. (2003). *Catachrèse: éloge du détournement*. Nancy: PUN.

Cooper, A., Reimann, R., & Cronin, D. (2007). *About face 3: the essentials of interaction design*. Indianapolis, IN: Wiley.

Cosnier, J. (1994). *Psychologie des émotions et des sentiments*. Paris: Retz.

Coyette, A., Kieffer, S., & Vanderdonckt, J. (2007). Multi-fidelity prototyping of user interfaces *Human-Computer Interaction: Interact 2007* (pp. 150-164). Berlin: Springer.

Crabtree, A. (2004). Taking technomethodology seriously: hybrid change in the ethnomethodology-design relationship. *European Journal of Information Systems, 13*(3), 195-209.

Crabtree, A., & Rodden, T. (2004). Domestic routines and design for the home. *Computer Supported Cooperative Work, 13*(2), 191-220.

Cropley, A. (2006). In praise of convergent thinking. *Creativity research journal, 18*(3), 391-404.

Cross, N. (2000). *Engineering design methods* (4ème ed.). Chichester: John Wiley & Sons.

Damodaran, L. (1996). User involvement in the systems design process: a practical guide for users. *Behaviour & Information Technology, 15*(6), 363-377.

Daniellou, F. (1985). *La modélisation ergonomique de l'activité de travail dans la conception industrielle : le cas des industries de processus continu.* Thèse de Doctorat. Paris : CNAM.

Daniellou, F. (1992). *Le statut de la pratique et des connaissances dans l'intervention ergonomique de conception* (2ème ed.). Bordeaux: Editions du LESC de l'Université Victor Segalen Bordeaux 2.

Daniellou, F. (1996). Questions épistémologiques soulevées par l'ergonomie de conception. In F. Daniellou (Ed.), *L'ergonomie en quête de ses principes: débats épistémologiques* (pp. 183-200). Toulouse: Octarès.

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

Daniellou, F. (2005). *How far can future activity be foreseen?* in Actes de la conférence First ISCAR Congress, acting in changing worlds, Universidad de Sevilla and Universidad Pablo Olvidade de Sevilla: 24-25 september.

Daniellou, F. (2007). Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie. *@ctivités, 4*(2), 77-83.

Danneels, E. (2004). Disruptive technology reconsidered: a critique and research agenda. *Journal of Product Innovation Management, 21*(4), 246-258.

Darses, F. (2006). Analyse du processus d'argumentation dans une situation de reconception collective d'outillages. *Le travail humain, 69*(4), 317-347.

Darses, F., & de Montmollin, M. (2006). *L'ergonomie*. Paris: La Découverte.

Darses, F., & Reuzeau, F. (2004). Participation des utilisateurs à la conception de systèmes de travail. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 405-420). Paris: PUF.

Das, T. K., & Teng, B. S. (1999). Cognitive biases and strategic decision processes: an integrative perspective. *Journal of Management Studies, 36*(6), 757-778.

de Bono, E. (1985). *Six thinking hats*. London, UK: Viking.

de Dreu, C. K. W., Nijstad, B. A., & van Knippenberg, D. (2008). Motivated information processing in group judgment and decision making. *Personality and Social Psychology Review, 12*, 22-49.

de Sá, M., & Carriço, L. (2008). *Defining scenarios for mobile design and evaluation.* in Actes de la conférence CHI2008, Florence, Italie: 5-10 avril.

Dejean, P. H., & Naël, M. (2004). Ergonomie du produit. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 463-477). Paris: PUF.

Détienne, F., & Traverso, V. (Eds.). (2008). *Méthodologies d'analyse de situations coopératives de conception: corpus MOSAIC*. Nancy: Presses Universitaires de Nancy.

Diehl, M., & Stroebe, W. (1987). Productivity loss in brainstorming groups: towards the solution of a riddle. *Journal of personality and social psychology, 53*(3), 497-509.

Dillman, D. A. (2007). *Mail and telephone surveys* (2ème ed.). New York, NY: Wiley & Sons.

Dix, A. J., Finlay, J. E., Abowd, G. D., & Beale, R. (1998). *Human-computer interaction*. Londres: Prentice Hall.

Dourish, P. (2006). Implications for design. In *Proceedings of CHI 2006*. Montreal, QC, 22-27 avril.

Dubois, S. (2004). *Contribution à la formulation des problèmes en conception de systèmes techniques: Etude basée sur la TRIZ.* Thèse de Doctorat. Strasbourg: Université Louis Pasteur.

Duchamp, R. (1999). *Méthodes de conception de produits nouveaux*. Paris: Lavoisier Hermès Sciences.

Dugosh, K. L., & Paulus, P. B. (2005). Cognitive and social comparison processes in brainstorming. *Journal of experimental social psychology, 41*, 313-320.

Durand, J. (2007). *Développement de passerelles entre des méthodes de conception et la démarche d'intervention TRIZ* (Mémoire de DRT). Belfort: UTBM.

Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1984). *Protocol analysis: verbal reports as data*. Cambridge, MA: MIT Press.

Falzon, P. (1993). Médecin, pompier, concepteur: l'activité cognitive de l'ergonome. *Performances humaines et techniques, 66*, 35-45.

Falzon, P. (2004). Nature, objectifs et connaissances de l'ergonomie : éléments d'une analyse cognitive de la pratique. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 17-35). Paris: PUF.

Faverge, J. M. (1970). L'Homme, agent d'infiabilité et de fiabilité du processus industriel. *Ergonomics, 13*(3), 301-327.

Férey, N., Nelson, J., Martin, C., Picinali, L., Bouyer, G., Tek, A., et al. (2009). Multisensory VR interaction for Protein-Docking: The CoRSAIRe project. *Virtual Reality, 13*(4), 273-293.

Fischhoff, B. (1975). Hindsight ≠ foresight: The effect of outcome knowledge on judgment under uncertainty. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1*, 288-299.

Flichy, P. (1997). *Une histoire de la communication moderne: espace public et vie privée*. Paris: La Découverte.

Flichy, P. (2003). *L'innovation technique: récents développements en sciences sociales, vers une nouvelle théorie de l'innovation*. Paris: La Découverte.

Flichy, P. (2008). Technique, usages et représentations. *Réseaux, 148-149*, 147-174.

Folcher, V. (2003). Appropriating artifacts as instruments: when design-for-use meets design-in-use. *Interacting with computers, 15*(5), 647-663.

Folcher, V. (2010). *Développement des hommes et des techniques, conception pour et dans l'usage.* Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches. Saint-Denis: Université Paris 8.

Forsythe, D. E. (1999). "It's just a matter of common sense": ethnography as invisible work. *Computer Supported Cooperative Work, 8*, 127-145.

Freeman, C. (1994). The economics of technical change. *Cambridge Journal of Economics, 18*(5), 463-514.

Fulton Suri, J., & IDEO. (2005). *Thoughtless acts: observations on intuitive design*. San Francisco, CA: Chronicle.

Fulton Suri, J., & Marsh, M. (2000). Scenario building as an ergonomics method in consumer product design. *Applied Ergonomics, 31*(2), 151-157.

Gabriel, Y., & Lang, T. (2008). New faces and new masks of today's consumer. *Journal of consumer culture, 8*(3), 321-340.

Gaglio, G. (2008). La dynamique des normes de consommation: le cas de l'avènement de la téléphonie mobile en France. *Revue Française de Socio-économie, 2*(2), 181-198.

Garcia, R., & Calantone, R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. *Journal of product innovation management, 19*(2), 110-132.

Gautier, R. (1995). *Qualité en conception de produits nouveaux: proposition d'une méthode de fiabilisation du processus de management de l'information.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Gaver, B., Dunne, T., & Pacenti, E. (1996). Cultural probes. *Interactions, 6*(1), 21-29.

Geertz, C. (2007). The state of play. In D. Randall, R. Harper & M. Rouncefield (Eds.), *Fieldwork for design: theory and practice* (pp. 15-58). Berlin: Springer.

Gilhooly, K. J., Fioratou, E., Anthony, S. H., & Wynn, V. (2007). Divergent thinking: strategies and executive involvement in generating novel uses for familiar objects. *British Journal of Psychology, 98*(4), 611-625.

Gillan, D. J., & Sapp, M. V. (2005). Out of the box: approaches to good initial interface designs. In R. G. Bias & D. J. Mayhew (Eds.), *Cost-justifying usability: an update for the internet age* (pp. 447-464). Boston, MA: Academic Press.

Go, K., & Carroll, J. M. (2004). Scenario-based task analysis. In D. Diaper & N. A. Stanton (Eds.), *The handbook of task analysis for human-computer interaction* (pp. 117-134). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Godet, M., & Roubelat, F. (1994). Prospective de la prospective d'entreprise. *Revue Française de Gestion 100*, 91-96.

Gomes, S., & Sagot, J. C. (2001). Vers une chaîne XAO intégrée pour une conception centrée sur l'homme: Contribution des documents numériques. *Document numérique, 5*(3-4), 135-154.

Gordon, W. J. J. (1961). *Synectics: the development of creative capacity*. New York, NY: Dutton.

Gould, J. D., & Lewis, C. (1985). Designing for usability: key principles and what designers think. *Communications of the ACM, 28*(3), 300-311.

Gray, W. D., & Salzman, M. C. (1998). Damaged merchandise: a review of experiments that compare usability evaluation methods. *Human Computer Interaction, 13*(3), 203-261.

Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Durrafourg, J., & Kerguelen, A. (1991). *Comprendre le travail pour le transformer: la pratique de l'ergonomie*. Lyon: ANACT.

Guilford, J. P. (1967). *The nature of human intelligence*. New York, NY: McGraw-Hill.

Hacklin, F. (2008). *Management of convergence in innovation: strategies and capabilities for value creation beyond blurring industry boundaries*. Heidelberg: Physica Verlag.

Hackos, J.T., & Redish, J.C. (1998). *User and task analysis for interface design*. New York, NY: John Wiley & Sons.

Hanington, B. (2003). Methods in the making: a perspective on the state of human research in design. *Design issues, 19*(4), 9-18.

Hassenzahl, M. (2001). The effect of perceived hedonic quality on product appealingness. *International Journal of Human-Computer Interaction, 13*(4), 481-499.

Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: understanding the relationship between user and product. In M. Blythe, K. Overbeeke, A. F. Monk & P. C. Wright (Eds.), *Funology* (pp. 31-42). Dortrecht: Kluwer Academic.

Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience - a research agenda. *Behaviour & Information Technology, 25*(2), 91-97.

Hatchuel, A. (2002). Towards design theory and expandable rationality: the unfinished programme of Herbert Simon. *Journal of management and governance, 5*(3-4), 260-273.

Hatchuel, A., Le Masson, P., & Weil, B. (2009). *Design theory and collective creativity: a theoretiocal framework to evaluate KCP processes.* in Actes de la conférence ICED09, Stanford, CA: 24-27 août.

Hatchuel, A., & Weil, B. (1999). *Design-oriented organizations: towards a unified theory of design activities.* in Actes de la conférence 6th international product development management conference, Cambridge, UK: July 5-6.

Hatchuel, A., & Weil, B. (2002). *La théorie C-K: fondements et usages d'une théorie unifiée de la conception.* in Actes de la conférence Colloque "sciences de la conception", Lyon, France: 15-16 Mars.

Hatchuel, A., & Weil, B. (2009). C-K design theory: an advanced formulation. *Research in engineering design, 19*(4), 181-192.

Hawkins, S. R., & Hastie, R. (1990). Hindsight: Biased judgments of past events after the outcomes are known. *Psychological Bulletin, 107*, 311-327.

Haynes, S. R., Purao, S., & Skattebo, A. (2004). Situating evaluation in scenarios of use *Proceedings of the 2004 ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW'04)* (pp. 92-101). New York, NY: ACM.

Heslin, P. A. (2009). Better than brainstorming? potential boundary conditions to brainwriting for idea generation in organizations. *Journal of Occupational and Organizational Psychology, 82*, 129-145.

Hipple, J. (2006). *The use of TRIZ principles in consumer product design.* in Actes de la conférence TRIZCON 2006, Milwaukee, WI:

Hoffmann, J., Roehrich, J., & Mathieu, J. P. (2006). *Le rôle médiateur de l'intention d'usage dans la relation entre l'anticipation des usages et l'intention d'achat d'un produit.* in Actes de la conférence 5th international congress on marketing trends, Venise, Italie: Janvier.

Hornbæk, K. (2006). Current practices in measuring usability: challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies, 64*(2), 79-102.

Howard, S., Carroll, J. M., Murphy, J., Peck, J., & Vetere, F. (2002). Provoking innovation: acting out in contextual scenarios. In X. Faulkner, J. Finlay & F. Détienne (Eds.), *People and computers XVI, Human Computer Interaction conference* (pp. 175-191). London: Springer.

Howard, T. J., Culley, S. J., & Dekonick, E. (2008). Describing the creative design process by the integration of engineering design and cognitive psychology literature. *Design studies, 29*(2), 160-180.

Hughes, J., Randall, D., & Shapiro, D. (1992). From ethnographic record to system design: some experiences from the field. *Computer Supported Cooperative Work, 1*, 123-141.

Isaksen, S. G., & Treffinger, D. J. (2004). Celebrating 50 years of Reflective Practice: Versions of Creative Problem Solving. *Journal of Creative Behavior, 38*(2), 75-101.

ISO (1998) Norme ISO 9241 : Exigences ergonomiques pour travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation (TEV) -- Partie 11: Lignes directrices relatives à l'utilisabilité.

ISO (1999). Norme ISO 13407 : Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs.

Jambon, F., Meillon, B., Perrot, C., & Caelen, J. (2010). *Plateforme d'utilisabilité/usage MultiCom: objectifs, réalisation, usages et retours d'expérience.* in Actes de la conférence ERGOIA 2010, Bidart/Biarritz, France: 12-15 octobre.

Jantsch, E. (1967). *Technological forecasting in perspective*. Paris: OCDE.

Jeantet, A., Tiger, H., Vinck, D., & Tichkiewitch, S. (2002). La coordination par les objets dans les équipes intégrées de conception de produit. In G. de Terssac & E. Friedberg (Eds.), *Coopération et conception* (2ème ed., pp. 87-100). Toulouse: Octarès.

Jeffroy, F. (1987). *Maîtrise de l'utilisation d'un système informatique par des utilisateurs non informaticiens.* Thèse de Doctorat. Paris: CNAM.

Jones, R. (2006). Experience models: where ethnography and design Meet. *EPIC, Ethnographic Praxis in Industry Conference*.

Jordan, P. W. (2000). Designing pleasurable products: An introduction to the new Human Factors: CRC Press.

Kangas, E., Sinisammal, J., & Paihonen, S. (2003). *Diary as a usability testing method.* in Actes de la conférence HCI International 2003 2nd International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, Crete, Greece: June.

Kankainen, A. (2003). UCPCD: user-centered product concept design *Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences (DUX '03)* (pp. 1-13). New York, NY: ACM.

Kantrovich, L. (2004). To innovate or not to innovate? *Interactions, 11*(1), 24-31.

Kaptelinin, V., & Nardi, B.A. (2006). *Acting with technology: activity theory and interaction design*. Cambridge, MA: MIT Press.

Karat, C. M. (2005). A Business Case Approach to Usability Cost Justification for the Web. In R. G. Bias & D. J. Mayhew (Eds.), *Cost-justifying usability: an update for the internet age* (pp. 103-141). Boston, MA: Academic Press.

Karau, S. J., & Williams, K. D. (1993). Social loafing: a meta-analytic review and theoretical integration. *Journal of personality and social psychology, 65*(4), 185-191.

Kerguelen, A. (1995). Description et quantification en analyse ergonomique du travail: le cas de l'observation systématique. In M. Gollac (Ed.), *L'usage des méthodes statistiques dans l'étude du travail* (pp. 131-139). Paris: La Documentation Française.

Kieras, D. (2004). Task analysis and the design of functionality. In A.B. Tucker (Ed.) *Handbook of Computer Science and Engineering* (pp. 1401-1423). Boca Raton, FL : CRC Press.

Koriajnova, E. (2009). *Aide au management de l'activité d'innovation par l'approche des réseaux de problèmes. Application au problème d'intégration des services marketing et R&D.* Thèse de Doctorat en sciences de gestion. Strasbourg: INSA.

Kotler, P. (2001). *Marketing management, millennium edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Kujala, S. (2003). User involvement: a review of the benefits and challenges. *Behaviour & Information Technology, 22*(1), 1-16.

Kujala, S., & Kauppinen, M. (2004). *Identifying and selecting users for user-centered design.* in Actes de la conférence NordiCHI '04 Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction, Oslo, Norvège: 14-18 octobre.

Lahonde, N. (2010). *Optimisation du processus de conception: proposition d'un modèle de sélection des méthodes pour l'aide à la décision.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Lassagne, M. (2004). *Management des risques, stratégies d'entreprise et réglementation: le cas de l'industrie maritime.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Laurel, B. (2003). Design improvisation: ethnography meets theatre. In B. Laurel (Ed.), *Design research: methods and perspectives*. Cambridge, MA: MIT Press.

Laville, A. (2004). Repères pour une Histoire de l'ergonomie francophone. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 37-50). Paris: PUF.

Law, E. L. C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. P. O. S., & Kort, J. (2009). *Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach.* in Actes de la conférence CHI 2009, Boston, MA: 7 avril.

Le Coq, M. (1992). *Approche intégrative en conception de produits.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Le Masson, P., Weil, B., & Hatchuel, A. (2006). *Les processus d'innovation: conception innovante et croissance des entreprises*. Paris: Lavoisier Hermès Sciences.

Leborgne, C. (2001). *Proposition d'une démarche anthropocentrée de conception de produits nouveaux basée sur l'usage et destiné à une meilleure intégration, par l'ergonome, des besoins et des attentes des usagers.* Thèse de doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: a paradox in managing new product development. *Strategic management journal, 13*, 111-125.

Lim, D. (2003). *Modélisation du processus de conception centrée utilisateur, basée sur l'intégration des méthodes et outils de l'ergonomie cognitive: application à la conception d'IHM pour la télévision interactive.* Thèse de doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Lindgaard, G., Dillon, R., Trbovich, P., White, R., Fernandes, G., Lundahl, S., et al. (2006). User needs analysis and requirements engineering: theory and practice. *Interacting with Computers, 18*(1), 47-70.

Lockton, D., Harrison, D., & Stanton, N. A. (2010). The Design with Intent method: a design tool for influencing user behavior. *Applied ergonomics, 41*(3), 382-392.

Loup-Escande, E. (2010). *Vers une conception centrée sur l'utilité: une analyse de la co-construction participative et continue des besoins dans le contexte des technologies émergentes.* Thèse de. Angers: Université d'Angers.

MacKay, R. B., & McKiernan, P. (2004). The role of hindsight in foresight: refining strategic reasoning. *Futures, 36*(2), 161-179.

Maguire, M. (1998). User-centered requirements handbook., *EC Telematics Applications Programme, Project TE 2010 RESPECT (Requirements Engineering and Specication in Telematics).*

Maguire, M. (2001). Context of use within usability activities. *International Journal of Human-Computer Studies, 55*, 453-483.

Mahdjoub, M. (2007). *La réalité virtuelle pour une conception mécanique centrée sur l'utilisateur*. Thèse de Doctorat. Belfort: Université de Technologie de Belfort Montbéliard.

Mahdjoub, M., Tyndiuk, F., Gomes, S., & Sagot, J. C. (2007). *La réalité virtuelle au service de la fonction d'usage des produits.* in Actes de la conférence AFRV 2007, Luminy: 25-26 octobre.

Maline, J. (1994). *Simuler le travail: une aide à la conduite de projet*. Lyon: ANACT.

Mallard, A. (2005). Following the emergence of unpredictable uses? New stakes and tasks for a social scientific understanding of ICT uses. In L. Haddon (Ed.), *Everyday innovators* (pp. 39-53). Berlin: Springer.

Mallein, P. (1997). *La Conception Assistée par l'Usage*.

Mantelet, F. (2006). *Prise en compte de la perception émotionnelle du consommateur dans le processus de conception de produits.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Marlier, J. (2007). *Méthodologie et outils d'analyse des usages pour la co-conception des produits et des usages dans le processus d'innovation.* Mémoire de Master Recherche "Innovation, Conception, Ingénierie". Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1987). *The tree of knowledge*. Boston, MA: Shambala.

Mayhew, D. J. (1999). *The usability engineering lifecycle*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

Mehto, K., Kantola, V., Tiitta, S., & Kankainen, T. (2006). Interacting with user data - theory and examples of drama and dramaturgy as methods of exploration and evaluation in user-centered design. *Interacting with computers, 18*, 977-995.

Midler, C. (1993). *L'auto qui n'existait pas. Management des projets et transformation de l'entreprise*. Paris: Interéditions.

Minel, S. (2003). *Démarche de conception collaborative et proposition d'outils de transfert de données métier: application à un produit mécanique "le siège d'automobile".* Thèse de doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Moehrle, M. G. (2005). How combinations of TRIZ tools are used in companies - results of a cluster analysis. *R&D management, 35*(3), 285-296.

Moggridge, B. (2006). *Designing interactions*. Cambridge, MA: MIT Press.

Mollo, V., & Falzon, P. (2004). Auto-and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied ergonomics, 35*(6), 531-540.

Monk, A. F., Hassenzahl, M., Blythe, M., & Reed, D. (2002). *Funology: designing enjoyment.* in Actes de la conférence CHI 2002: changing the world, changing ourselves, Minneapolis, MN: 20-25 avril.

Moore, G. A. (1999). *Crossing the chasm: marketing and selling technology products to mainstream customers* (2ème ed.). New York, NY: HarperCollins.

Mortureux, Y. (2005). AMDE(C). *Techniques de l'ingénieur* .

Mowery, D., & Rosenberg, N. (1979). The influence of market demand on innovation: a critical review of some recent empirical studies. *Research policy, 8*, 102-153.

Mullen, B., Johnson, C., & Salas, E. (1991). Productivity loss in brainstorming groups: a meta-analytic integration. *Basic and applied social psychology, 12*(1), 3-23.

Negroponte, N. (1995). *Being digital*. London: Coronet.

Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (2009a). Assisting designers in the anticipation of future product use. *Asian International Journal of Science and Technology - Production and Manufacturing Engineering, 2*(3), 24-39.

Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (2009b). *Design in use: Some methodological considerations.* in Actes de la conférence CIRP 2009 International Conference on Manufacturing Systems, Grenoble, France: 3-5 Juin.

Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (2010). *Creativity as a tool for prospective use analysis in the design of innovative products.* in Actes de la conférence Ergo'IA 2010, Bidart-Biarritz: 13-15 Octobre.

Nelson, J., Buisine, S., & Aoussat, A. (sous presse). A methodological proposal to assist prospective ergonomics in projects of innovative design. *Le Travail Humain*.

Nelson, J., Buisine, S., Aoussat, A., & Duchamp, R. (2009c). *Elaboration of innovative safety equipment concepts for infants.* in Actes de la conférence ICED09, Stanford, CA: 24-27 Août.

Nelson, J., Couix, S., Wolff, M., Cabon, P., & Uzan, G. (2006). *Déplacements urbains de personnes non voyantes: apports de la fréquence cardiaque comme indicateur de stress.* in Actes de la conférence ERGOIA 2006, Bidart, Biarritz: 11-13 octobre.

Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood cliffs, NJ: Prentice Hall.

Newell, A. F., Carmichael, A., Morgan, M., & Dickinson, A. (2006). The use of theatre in requirements gathering and usability studies. *Interacting with computers, 18*, 996-1011.

Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. San Diego, CA: Academic Press.

Nielsen, J. (1994). Guerilla HCI: using discount usability engineering to penetrate the intimidation barrier. In R. G. Bias & D. J. Mayhew (Eds.), *Cost-justifying usability* (pp. 245-272). Boston, MA: Academic press.

Nijstad, B. A., & Stroebe, W. (2006). How the group affects the mind: a cognitive model of idea generation in groups. *Personality and social psychology review, 10*(3), 186-213.

Norman, D. A. (1988/2002). *The design of everyday things* (2ème ed.). New York, NY: Basic Books.

Norman, D. A. (2004). *Emotional design: why we love (or hate) everyday things*. New York, NY: Basic books.

Norman, D. A. (2010). Technology first, needs last: the research-product gulf. *Interactions, 17*(2), 38-42.

Norman, D. A., & Draper, S. W. (Eds.). (1986). *User centered system design*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

OCDE. (1997). *Manuel d'Oslo: Principes directeurs proposés pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation technologique* (2ème ed.). Paris: OCDE.

Oddone, I., Re, A., & Briante, G. (1981). *Redécouvrir l'expérience ouvrière. Vers une autre psychologie du travail*. Paris: Editions sociales.

Olsson, E. (2004). What active users and designers contribute in the design process. *Interacting with computers, 16*(2), 377-401.

Osborn, A. F. (1957). *Applied Imagination*. New York, NY: Scribner.

Oulasvirta, A., Kurvinen, E., & Kankainen, T. (2003). Understanding contexts by being there: case studies in bodystorming. *Personal and ubiquitous computing, 7*(2), 125-134.

Oxley, N. L., Dzindolet, M., & Paulus, P. B. (1996). The effects of facilitators on the performance of brainstorming groups. *Journal of social behavior and personality, 11*, 633-646.

Parnes, S. J. (1999). Programs and courses in creativity. In M. A. Runco & S. R. Pritzker (Eds.), *Encyclopaedia of creativity* (Vol. 2, pp. 465-477). San Diego, CA: Academic Press.

Parnes, S. J., & Meadow, A. (1959). Effects of "brainstorming" instructions on creative problem solving by trained and untrained subjects. *Journal of Educational Psychology, 50*(4), 171-176.

Paulus, P. B. (2000). Groups, teams and creativity: the creative potential of idea-generating groups. *Applied psychology, 49*(2), 237-262.

Paulus, P. B., Larey, T. S., Putnam, V. L., Leggett, K. L., & Roland, E. J. (1996). Social influence processes in computer brainstorming. *Basic and applied social psychology, 18*(1), 3-14.

Paulus, P. B., Nakui, T., Putman, V. L., & Brown, V. R. (2006). Effects of task instructions and brief breaks on Brainstorming. *Group dynamics, 10*(3), 206-219.

Paulus, P. B., & Yang, H. C. (2000). Idea generation in groups: A basis for creativity in organizations. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 82*(1), 76-87.

Pheasant, S. (2003). *Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the design of work*. London: Taylor & Francis.

Pinelle, D., & Gutwin, C. (2002). *Groupware walkthrough: adding context to groupware usability evaluation.* in Actes de la conférence SIGCHI conference on human factors in computing systems, Minneapolis, MA: 20-25 avril.

Plos, O. (2011). *Innover par et pour le handicap: méthodologie de conception de produits adaptée aux marchés de niche - application au marché du handicap moteur*. Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Plucker, J. A., & Makel, M. C. (2010). Assessment of creativity. In J. C. Kaufman & R. J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge Handbook of Creativity* (pp. 48-73). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Polson, P., Lewis, C., Rieman, J., & Wharton, C. (1992). Cognitive walkthroughs: a method for theory-based evaluation of user interfaces. *International Journal of Man-Machine Studies, 36*(5), 741-773.

Pomian, J. L., Pradère, T., & Gaillard, I. (1997). *Ingénierie et ergonomie*. Toulouse: Cépaduès.

Proulx, S. (2002). Trajectoires d'usage des technologies de communication : les formes d'appropriation d'une culture numérique comme enjeu d'une société du savoir. *Annals of Telecommunications, 57*(3-4), 180-189.

Proulx, S. (2005). Penser les usages des technologies de l'information et de la communication aujourd'hui: enjeux, modèles, tendances. In L. Viera & N. Pinède-Wojciechowski (Eds.), *Enjeux et usages des TIC: aspects sociaux et culturels* (Vol. 1, pp. 7-20). Bordeaux: Presses universitaires de Bordeaux.

Pruitt, J., & Adlin, T. (2006). *The persona lifecycle: keeping people in mind throughout product design*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

Rabardel, P. (1995). *Les Hommes et les Technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.

Randall, D., Harper, R., & Rouncefield, M. (2007). Ethnography and the role in the design process: "If you *must* work together" in *Fieldwork for design: theory and practice* (pp. 135-168). Berlin: Springer.

Redström, J. (2006). Towards user design? On the shift from object to user as the subject of design. *Design Studies, 27*(2), 123-129.

Rietzschel, E.F., Nijstad, B.A., & Stroebe, W. (2007). Relative accessibility of domain knowledge and creativity. The effects of knowledge activation on the quantity and

originality of generated ideas. *Journal of experimental and social psychology 43*(6), 933-946.

Ritchey, T. (2006). Problem structuring using computer-aided morphological analysis. *Journal of the Operational Research Society, 55*, 792-801.

Robert, J. M., & Brangier, E. (2009). *What Is prospective ergonomics? A reflection and a position on the future of ergonomics.* in Actes de la conférence HCI international 2009, San Diego, CA:

Robertson, S. (2001). Requirements trawling: techniques for discovering requirements. *international Journal of Human-Computer Studies, 55*(4), 405-421.

Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovations* (5ème ed.). Glencoe: Free Press.

Rohrer, C. (2008). When to use which user experience research methods. *Jakob Nielsen's alertbox, October 6th 2008*, from http://www.useit.com/alertbox/user-research-methods.html

Rosson, M. B., & Carroll, J. M. (2002). *Usability engineering: scenario-based development of human-computer interaction*. San Diego, CA: Academic Press.

Roussel, B. (1996). *Ergonomie en conception de produits: proposition d'une méthode centrée sur la formulation de principes de solutions ergonomiques dans le processus de conception interdisciplinaire de conception de produits nouveaux.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Rudd, J., Stern, K., & Isensee, S. (1996). Low vs. high-fidelity prototyping debate. *Interactions, 3*(1), 76-85.

Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology, 55*, 657-687.

Runonen, M., & Mannonen, P. (2009). *Shaping the future with users: futures research methods as tools for user-centered concept development.* in Actes de la conférence HCD 2009, San Diego, CA: 19-24 juillet.

Sagot, J. C., Gouin, V., & Gomes, S. (2003). Ergonomics in product design: safety factor. *Safety science, 41*(2-3), 137-154.

Salovaara, A., & Mannonen, P. (2005). Use of future-oriented information in user-centered product concept ideation. In M. F. Costabile & F. Paterno (Eds.), *Interact 2005* (pp. 727-740). Berlin: Springer.

Samuel, P., & Jablokow, K. (2010). *Psychological inertia and the role of idea generation techniques in the early stages of engineering design.* in Actes de la conférence Fall 2010 Mid-Atlantic ASEE Conference, Villanova University: 15-16 octobre.

Sato, S., & Salvador, T. (1999). Playacting and focus troupes: theatre techniques for creating quick, intensive, immersive and engaging focus group sessions. *Interactions 6*(5), 35-41.

Savransky, S. D. (2000). *Engineering of creativity: introduction to TRIZ methodology of Inventive Problem Solving*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Schmoch, U. (2007). Double-boom cycles and the comeback of science-push and market-pull. *Research policy, 36*(7), 1000-1015.

Schmookler, J. (1966). *Invention and economic growth*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development*. Boston, MA: Harvard University Press.

Scupin, R. (1997). The KJ method: a technique for analyzing data derived from japanese ethnology. *Human Organization, 56*(2), 233-237.

Seffah, A., & Habieb-Mammar, H. (2009). Usability engineering laboratories: limitations and challenges toward a unifying tools/practices environment. *Behaviour & Information Technology, 28*(3), 281-291.

Segonds, F., Nelson, J., & Aoussat, A. (sous presse). PLM and architectural rehabilitation: a framework to improve the eary stages of collaboration. *International Journal of Product Lifecycle Management*.

Selin, C., & Hudson, R. (2010). Envisioning nanotechnology: new media and future-oriented stakeholder dialogue. *Technology in society, 32*(3), 173-182.

Sengers, P., & Gaver, B. (2006). *Staying open to interpretation: engaging multiple meanings in design and evaluation.* in Actes de la conférence 6th conference on Designing Interactive systems, New York, NY: ACM Press

Sharrock, W., & Randall, D. (2004). Ethnography, ethnomethodology and the problem of generalisation in design. *European journal of information systems, 13*, 186-194.

Shneiderman, B., Fischer, G., Czerwinski, M., Resnick, M., Myers, B., Candy, L., *et coll*. (2006). Creativity support tools : Report from a U.S. National Science Foundation sponsored workshop. *International Journal of Human-Computer Interaction, 20*(2), 61-77

Sluis-Tiescheffer, R. J. W., Bekker, T., & Eggen, B. (2009). *Adding user creativity to the UX toolbox: exploring the use of creative UX methods.* in Actes de la conférence 13th local dutch conference on Human-Computer Interaction in Leiden, Leiden, Netherlands:

Sperschneider, W., & Bagger, K. (2003). Ethnographic fieldwork under industrial constraints: toward design-in-context. *International Journal of Human-Computer Interaction, 15*(1), 41-50.

Staudenmaier, J.M. (1985) *Technology's storytellers*. Cambridge, UK: MIT Press.

Sternberg, R. J. (1999). A propulsion model of creative contributions. *Review of general psychology, 3*(83-100).

Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp. 3-15). Cambridge: Cambridge University Press.

Stroebe, W., Nijstad, B. A., & Rietzschel, E. F. (2010). Beyond productivity loss in brainstorming groups: the evolution of a question. *Advances in experimental social psychology, 43*, 157-203.

Suchman, L. A. (1987/2007). *Plans and situated actions* (2ème ed.). New York, NY: Cambridge University Press.

Sy, D. (2007). Adapting usability investigations for agile user-centered design. *Journal of usability studies, 3*(3), 112-132.

Theureau, J. (1992). *Le cours d'action: analyse sémio-logique*. Berne: Peter Lang.

Theureau, J. (2004). L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française. *@ctivités, 1*(2), 11-25.

Theureau, J., & Pinsky, L. (1984). Paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique. In J. Theureau (Ed.), *Léonardo Pinsky: concevoir pour l'action et la communication* (pp. 247-263). Berne: Peter Lang.

Torrance, E. P. (1966). *The Torrance Tests of Creative Thinking*. Princeton, NJ: Personnel Press.

Tractinsky, N., Katz, A. S., & Ikar, D. (2000). What is beautiful is usable. *Interacting with Computers, 13*(2), 127-145.

Trompette, P., & Vinck, D. (2009). Retour sur la notion d'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances 3*(1), 3-25.

Tullis, T., & Albert, W. (2009). *Measuring the user experience*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann.

Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière : vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances,* (1), 51-72.

Vadcard, P. (1996). *Aide à la programmation en conception de produits.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Valentin, A., Lancry, A., & Lemarchand, C. (2010a). La construction des échantillons dans la conception ergonomique de produits logiciels pour le grand public: quel quantitatif pour les études qualitatives? *Le Travail Humain, 73*(3), 261-290.

Valentin, A., Lancry, A., Llorca, J. M., & Lemarchand, C. (2010b). La situation: une base pour la conception ergonomique des postes de travail aux produits grand public. In G. Valléry, M. C. Le Port & M. Zouinar (Eds.), *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés* (pp. 132-156). Paris: PUF.

Vallette, T. (2005). *Recherche d'un cadre conceptuel d'aide à la conception collective innovante par l'usage: proposition de l'outil "Glocal" pour la conception d'outils à main et des équipements de travail.* Thèse de doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

VanGundy, A. B. (2005). *101 activities for teaching creativity and problem solving*. San Francisco, CA: John Wiley & Sons.

Verdoux, V. (2006). *Proposition d'un modèle d'implémentation d'une méthode de management des risques projet: application à deux projets de conception de produits nouveaux.* Thèse de Doctorat. Paris: Arts et Métiers ParisTech.

Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation*. Paris: ESF.

Vermersch, P. (1999). Introspection as practice. *Journal of consciousness studies, 6*(2-3), 17-42.

Vézien, J.-M., Ménélas, B., Nelson, J., Picinali, L., Bourdot, P., Ammi, M., et al. (2009). Multisensory VR exploration for Computer Fluid Dynamics in the CoRSAIRe project. *Virtual Reality, 13*(4), 257-271.

Villemeur, A. (1988). *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Paris: Eyrolles.

Visser, W. (2009). La conception: de la résolution de problèmes à la conception de représentations. *Le Travail Humain, 72*(1), 61-78.

von Hippel, E. (1988). *The sources of innovation*. New York, NY: Oxford University Press.

Voros, J. (2009). Morphological prospection: profiling the shapes of things to come. *Foresight, 11*(6), 4-20.

Wang, K. (2010). *Classification of idea generation techniques.* Thèse de Master en "Creative Studies". Buffalo, NY: State University of New York.

Weber, A. (2008) *Projet Petite Sirène : un système anti-noyade innovant pour les jeunes enfants*. Mémoire de Master Recherche « Innovation, Conception, Ingénierie ». Paris : Arts et Métiers ParisTech.

Weisskopf-Joelson, E., & Eliseo, T. S. (1961). An experimental study of the effectiveness of brainstorming. *Journal of Applied Psychology, 45*(1), 45-49.

Winograd, T., & Flores, F. (1986). *Understanding computers and cognition*. Norwood: Ablex.

Wisner, A. (1995). *Réflexions sur l'ergonomie (1962-1995).* Toulouse: Octarès.

Wolff, M., Burkhardt, J. M., & de la Garza, C. (2005). Analyse exploratoire de " points de vue ": une contribution pour outiller les processus de conception. *Le travail humain, 68*(3), 253-286.

Woolgar, S. (1991). Configuring the user: the case of usability trials. In J. Law (Ed.), *A sociology of monsters: essays on power, technology and domination* (pp. 58-99). London: Routledge.

Zeng, L., Proctor, R. W., & Salvendy, G. (2010). Creativity in ergonomic design: a supplemental value-adding source for product and service development. *Human Factors, 52*(4), 503-525.

Zhou, K. Z., Yim, C. K., & Tse, D. K. (2005). The effects of strategic orientations on technology and market-based breakthrough innovations. *Journal of Marketing, 69*(1), 42-60.

Zlotin, B., Zusman, A., Kaplan, L., Visnepolschi, S., Proseanic, V., & Malkin, S. (2001). TRIZ beyond technology: the theory and practice of applying TRIZ to non-technical areas. *The TRIZ Journal, 6*(1).

Zwicky, F. (1969). *Discovery, Invention, Research - Through the Morphological Approach*. Toronto: the MacMillan Company.

Annexes

Annexe 1 : Exemples de planches de la méthode Dwl

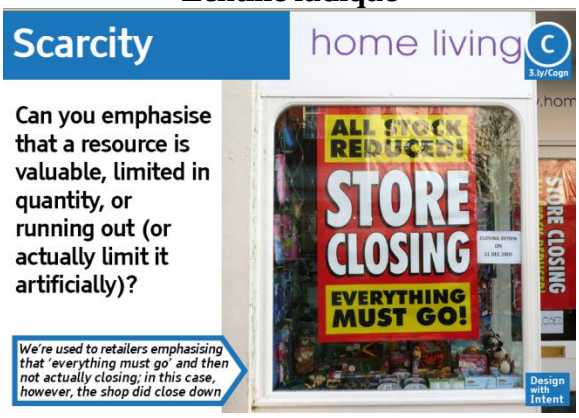
Lentille architecturale

Lentille anti-erreur

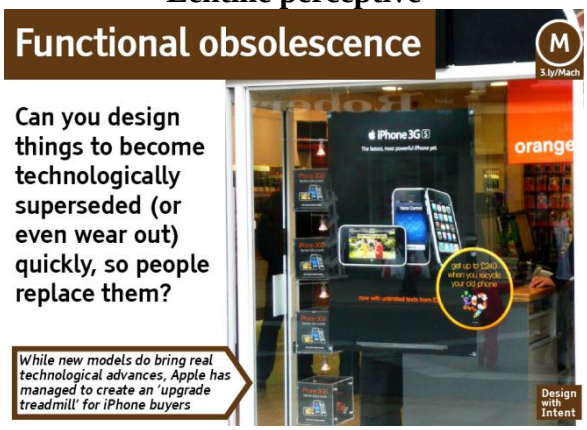
Lentille interactive

Lentille ludique

Lentille perceptive



Lentille cognitive



Lentille machiavélique

Lentille sécuritaire

Annexe 2 : Quelques éléments théoriques

1. Théorie C-K de la conception

Le capitalisme de l'innovation intensive est reconnu comme un élément clé de notre économie actuelle. En effet, une conséquence des évolutions des modes de production industrielle a été l'amélioration du niveau de vie et l'apparition d'une économie de consommation, fondée sur un critère clé : le *choix* accordé au consommateur (Gabriel et Lang, 2008). La conséquence la plus directe est la nécessité d'un renouvellement incessant de l'offre de produits, et la recherche d'une amélioration continue de la valeur d'usage fournie à l'usager (Boztepe, 2007). Les principes de fonctionnement d'une économie de l'innovation intensive sont les suivants (Hatchuel et Weil, 1999; Le Masson *et coll.*, 2006) :

(1) Le processus d'innovation est répété de manière active et intentionnelle ;
(2) Le processus d'innovation a des cibles multiples et variées ;
(3) Le processus d'innovation s'appuie sur les faiblesses des *dominant designs* ;
(4) Le processus d'innovation peut être décrit au travers de lignées ;

L'apparition de cette nouvelle forme de capitalisme a entraîné un intérêt renouvelé de la recherche pour la théorie de la conception, intérêt qui avait été initié par les travaux de Simon, traitant l'activité de conception comme une « résolution de problème mal défini » (voir Visser, 2009 pour une synthèse). Hatchuel (2002) a souligné les faiblesses de cette approche pour qualifier les activités de conception innovante. Son argumentation repose sur le constat que la conception innovante ne repose pas sur un modèle classique de résolution de problème (Newell et Simon, 1972) mais sur des **expansions d'un concept d'origine**[67].

Ce concept initial est matérialisé, dans le projet, par un « **brief design** » : il s'agit d'un objet partiellement défini, qui donne au concepteur « un ensemble incomplet voire ambigu de propriétés attendues pour cet objet » (Hatchuel et Weil, 2009). L'innovation s'appuie sur un processus d'expansion conjointe de deux ensembles :

- Un ensemble de concepts C. Il s'agit d'une proposition relative à ce qui est conçu. ;
- Un ensemble de connaissances K (*Knowledge*) contenant des **propositions** validées par les concepteurs, quelle que soit leur nature : technique, commerciale, sociale, réglementaire, etc.

Dans cette théorie de l'innovation dite théorie C-K, les concepts C n'ont pas de valeur logique dans K : ils sont « indécidables »[68]. Un brief ne va pas donner naissance à un produit « d'entrée de jeu » : au cours du processus de conception innovante, le concept de produit va évoluer en permanence, porté par les connaissances générées par l conception. La conception innovante se caractérise ainsi par une expansion conjointe des ensembles C et K. La genèse de nouvelles propositions dans K a un rôle moteur dans la l'expansion du concept de produit et dans l'avancée de la conception. Inversement, cette expansion, qui correspond à une révision

[67] L'exemple paradigmatique donné par Hatchuel est celui de « concevoir une bonne fête » : « Intuitivement, le nombre de paramètres définissant une « fête » peut être rendu infini (pour peu que nous supposions que la fête comporte des jeux ou des spectacles, l'infini est là-dedans » (Hatchuel, 2002, traduction libre). C'est donc que le concept de fête peut être étendu à l'envi pour créer des réponses nouvelles aux besoins des organisateurs.

[68] « *L'idée de « voiture féminine » est un concept. Cependant, la « pile à combustible sur laquelle travaille un ingénieur est aussi un concept. Un concept ne représente pas une réalité mais un potentiel d'expansion. Il n'est pas possible de juger d'emblée un concept (...). Travailler sur un « concept » consiste précisément à suspendre le jugement et à spécifier ce concept en lui ajoutant des attributs »* (Le Masson et coll., 2006, p. 281).

de l'identité du produit, peut entraîner une démarche de recherche qui génère de nouvelles propositions K (Figure A1).

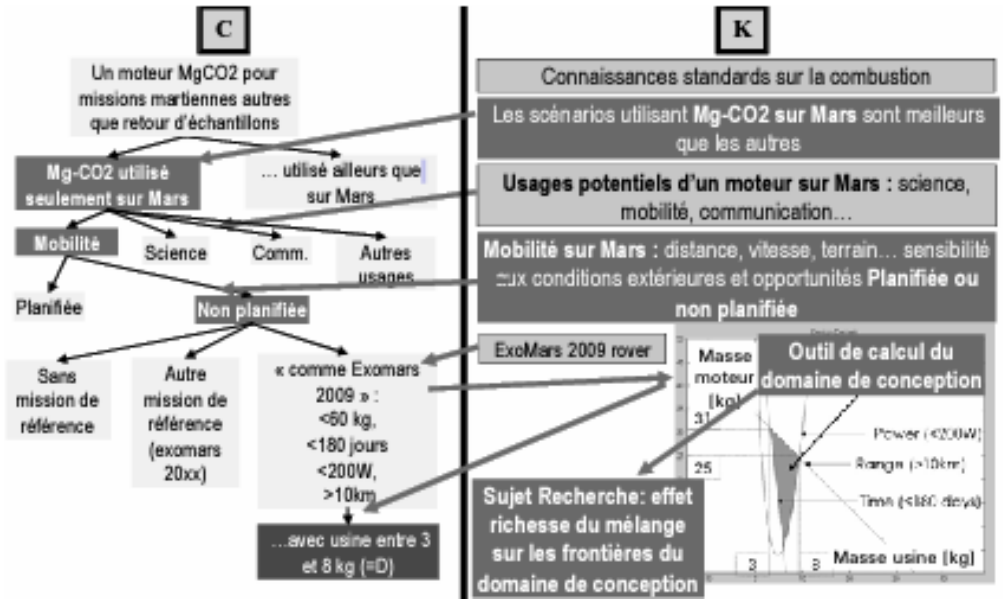


Figure A1 – Un exemple de graphe C-K : la conception d'un moteur pour l'exploration de Mars (Le Masson *et coll.*, 2006). Des scénarios figurent sur ce graphe comme connaissances ayant contribué à l'expansion du concept de produit.

L'analyse des usages, qu'elle soit rétrospective ou prospective, sert de support à une expansion de l'ensemble des connaissances K, elle-même susceptible de faire évoluer le concept de produit. Dans le projet décrit dans la Figure A1, l'examen du concept au regard de tous les scénarios de mission connus de l'équipe montre que ce dernier n'est pas viable (chaque scénario aboutit à une conjonction négative). **C'est l'examen critique d'un produit à la lumière de différents scénarios d'usage** qui va faire évoluer le concept.

On insiste sur les deux points suivants.

- **Les propositions K n'ont pas valeur de prédiction** : leur rôle n'est pas de prédire des situations d'activité future, mais de faire évoluer l'identité du produit dans des directions génératrices de valeur;
- **Dans les phases initiales du processus, les concepts C générés peuvent être très ouverts**, et ne renvoyer par exemple qu'à des domaines applicatifs larges. Nous sommes ici dans le cadre d'un *pilotage de la valeur*, c'est-à-dire du management de l'exploration d'un champ d'innovations correspondant à des expansions du concept de produit d'origine (Le Masson *et coll.*, 2006). En d'autres termes, l'analyse prospective a deux finalités distinctes en termes d'intégration de connaissances sur l'usage dans l'expansion d'un concept de produit :
    - Préparer le terrain pour l'analyse rétrospective en faisant avancer la spécification du concept de produit ;
    - Appréhender des situations difficilement accessibles / inaccessibles à l'analyse rétrospective et accroître « l'imagination requise » du concepteur.

2. La créativité et ses liens avec la conception

La créativité est définie comme « *la capacité à générer une idée, une solution ou une production qui soit à la fois nouvelle et adaptée à la situation et, dans certains cas, considérée comme ayant une certaine utilité ou valeur* » (Bonnardel, 2009). Si l'intérêt pour les activités créatives remonte à l'Antiquité, ce n'est qu'autour des années 1950 qu'elle a suscité un début d'intérêt comme objet de recherche scientifique à part entière (Runco, 2004). Certains auteurs notent qu'au-delà de cet intérêt scientifique, de nombreuses méthodes visant à développer la créativité pour aider à la réalisation de diverses tâches se sont développées suivant une approche très pragmatique, en particulier à partir du milieu du XXème siècle (Sternberg et Lubart, 1999). C'est dans cette lignée que s'inscrivent les paradigmes TRIZ et CPS qui font l'objet des parties ci-dessous.

3. TRIZ : une théorie systématique de la résolution de problèmes d'innovation

Dans sa thèse de doctorat, Cavallucci (1999) distingue TRIZ du paradigme CPS (voir partie suivante) en notant une faiblesse de ce dernier : tandis que le CPS s'appuie sur les capacités créatrices intrinsèques à – et donc différentes pour – chaque individu, et sur un cheminement aléatoire du problème vers la solution, TRIZ propose une approche systématique de la résolution de problèmes d'innovation. L'objectif est de « vaincre le syndrome de la page blanche en orientant le concepteur dans **une direction restreinte de prospective** » (Cavallucci, 1999, p. 80, gras ajoutés par nous).

Les sources utilisées par Altshuller pour construire cette méthodologie sont variées : brevets d'invention, documents permettant l'étude du comportement psychologique des inventeurs, littérature scientifique et technique, et littérature sur les outils et méthodes existants pour la résolution de problèmes techniques. L'hypothèse sous-jacente est celle d'une communauté des mécanismes de résolution de problème dans l'histoire de la conception des systèmes techniques. Ces systèmes techniques obéissent à ce qu'Altshuller appelle des **lois d'évolution**. Un mécanisme fondamental qu'assistent les outils TRIZ est donc le **raisonnement par analogie**, qui permet de réutiliser des principes de solutions de conception en rapprochant le problème à résoudre d'un modèle de problème canonique (Figure A2).

Pour Altshuller, les réalités industrielles sont telles que les solutions choisies à la plupart des problèmes de conception ne sont guère innovantes. Elles s'appliquent avant tout à trouver un compromis entre un grand nombre de contraintes. Pour sortir de cette forme de raisonnement, TRIZ propose au concepteur d'envisager son activité comme une tension vers un **Résultat Idéal Final** (RIF). La définition du RIF est minimaliste : le RIF n'a pas de coût, pas de volume, ni de surface ; mais est néanmoins capable de maximiser ses fonctionnalités.

Si l'atteinte du RIF est un objectif utopique, c'est parce que la résolution du problème sous un angle donné, *i.e.* l'optimisation d'un paramètre, entraîne une dégradation d'un autre paramètre, phénomène appelé **contradiction**. L'application des outils TRIZ permet ainsi de mettre en évidence les contradictions sous-jacentes à un problème technique et d'appliquer des principes génériques en vue de les résoudre.

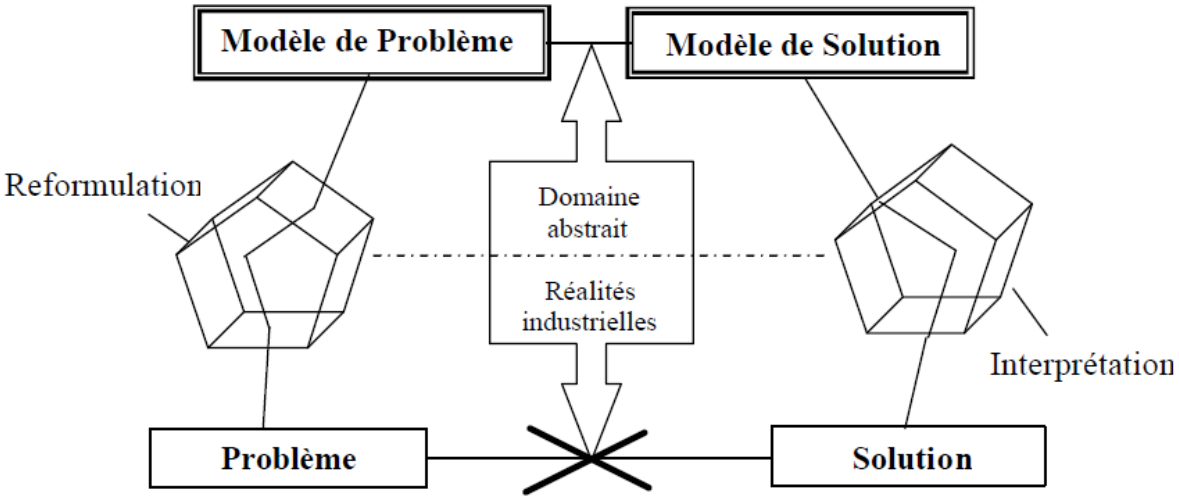


Figure A2 – Le raisonnement par analogie, mécanisme au coeur de TRIZ (Cavallucci, 1999)

La difficulté rencontrée par le concepteur à identifier le chemin problème-solution revient, pour les auteurs TRIZ, à un phénomène connu sous le nom d'**inertie psychologique** (Altshuller, 1984; Savransky, 2000; Samuel et Jablokow, 2010). Ce terme synthétise un ensemble de biais cognitifs présents chez le concepteur et émanant de son intelligence, de son expertise, de son état émotionnel et de ses croyances, de son style cognitif, etc. Ainsi les mêmes mécanismes qui permettent au concepteur de trouver des solutions à des problèmes de conception et construisent son savoir-faire, sont ceux qui l'empêchent de trouver des solutions innovantes.

Samuel et Jablokow ont synthétisé de nombreux travaux en sciences de l'ingénieur. Ils notent que de nombreux outils de créativité – issus de TRIZ ou non – permettent d'alléger l'inertie psychologique en intervenant à deux niveaux :

- en étendant le **niveau cognitif** du concepteur, constitué de l'ensemble de son potentiel créatif. Par exemple, il est possible de trouver de nouvelles solutions à un problème en absorbant de nouvelles connaissances ;
- en altérant son **style cognitif**, c'est-à-dire les stratégies qu'il utilise pour appréhender et résoudre un problème.

Les outils TRIZ permettent de jouer sur les deux dimensions. Samuel et Jablokow en proposent une typologie qui s'appuie sur les deux variables :

- le niveau d'expertise requis pour maîtriser la méthode (appréciation subjective des auteurs, notée de 1 à 5 par ordre de difficulté croissant) ;
- le style cognitif, noté sur un continuum de 5 points entre adaptif (génération d'idées se conformant à la structure d'un système donné) et innovant (génération d'idées recadrant le problème de nouvelles manières), toujours sur un critère d'appréciation subjective des auteurs.

Samuel et Jablokow ont appliqué cette typologie pour classer de nombreux outils, issus des paradigmes CPS, TRIZ, et d'autres, utilisées tant pour les phases de divergence que de convergence (Figure A3).

Niveau de maîtrise	Style cognitif adaptatif ⟷				Style cognitif innovant
5	ARIZ ; 76 solutions standard ; Simulation Monte Carlo		QFD		Abstraction, analogie
4	*Analyse substance-champ*				
3	Analyse Fonctionnelle Matrice de découvertes		*Méthode des 9 écrans*		
2	*40 principes de résolution des contradictions*	Méthode SCAMPER *Hommes miniatures*		*RIF* Méthode des 6 chapeaux (autres couleurs)	
1		Brainwriting	Méthode des 6 chapeaux (chapeau vert)	Méthode KJ	Brainstorming

Figure A3 - Méthodes de divergence (en bleu) et de convergence (en rouge) des paradigmes CPS et TRIZ (en italiques), extraites de la typologie de Samuel et Jablokow (2010)

Les outils TRIZ peuvent être décomposés en deux classes (Durand, 2007). La première classe comprend un ensemble d'outils de résolution des modèles de problèmes, tels que les 40 principes de résolution des contradictions techniques et la matrice associée, les 11 principes de résolution des contradictions physiques, les 76 standards de résolution des problèmes techniques, et la base d'effets physiques, chimiques et géométriques. Ces outils permettent d'orienter la réflexion du concepteur vers des formes de raisonnement canoniques.

On peut citer par exemple, la **matrice de résolution des contradictions**. Celle-ci, à partir d'une combinaison entre une caractéristique à améliorer et une à préserver dans le système futur, oriente le concepteur vers des principes de solutions dont l'efficacité été constatée dans des projets antérieurs (Figure A4). Si cette approche peut être utilisée pour résoudre des problèmes engageant l'usage du produit, on note cependant qu'elle reste ciblée sur l'artefact technique.

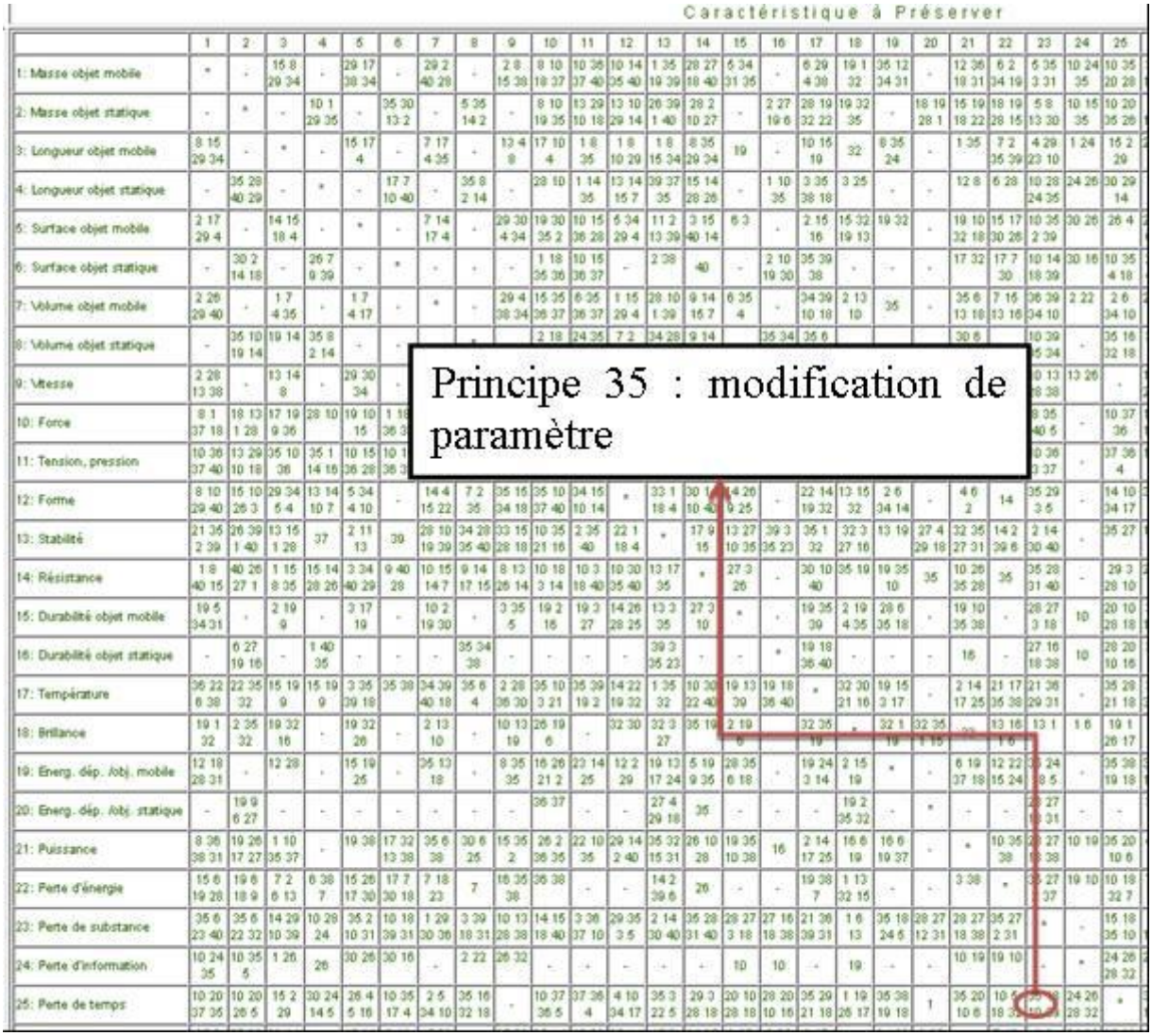


Figure A4 - Matrice des contradictions techniques (extrait)

Prenons un exemple[69] : l'usage d'un bac à glaçons (Figure A5) comporte une difficulté bien connue au quotidien : une fois libérés des alvéoles, les glaçons sont difficiles à immobiliser, de sorte qu'ils finissent souvent « au fond de l'évier ».

Figure A5 – Usage courant d'un bac à glaçons

[69] Il est issu d'une session de formation TRIZ animée au LCPI par Claude Gazo, que nous remercions de nous avoir autorisés à le citer dans ce travail de thèse.

Cette problématique d'usage peut être reformulée en termes techniques[70] : c'est l'optimisation de la *capacité du bac à contenir de l'eau liquide* (*i.e.* l'existence des parois des alvéoles) elle-même, qui dégrade la facilité de libération du glaçon. Le RIF indique donc qu'il faudrait à la fois que les alvéoles existent et qu'elles n'existent pas. Un principe de résolution de cette contradiction, entouré en rouge sur la Figure A4, est la modification de l'état physique d'un objet. Ce principe découle de l'analyse des stratégies de résolution de problèmes d'innovation antérieurs, pouvant concerner des domaines industriels tout à fait différents, mais être réutilisés par un mécanisme d'**analogie**. Une solution dérivée de ce principe est par exemple d'imaginer un bac à glaçons *à changement de phase*, dont les alvéoles gèleraient avec un léger retard par rapport à l'eau. C'est ce changement de phase qui entraînerait une rupture des liaisons hydrogène entre la paroi du bac et le glaçon, facilitant la libération de ce dernier.

Si ces outils rencontrent un vif succès dans certains secteurs de l'industrie (Moehrle, 2005), et si l'approche générale présente un intérêt éventuel pour l'analyse prospective des usages, notre position est que ces outils s'adapteraient difficilement a priori à c. En effet, comme le montre la Figure A6, ces méthodes se sont appuyées sur un travail titanesque de veille dans divers domaines réalisé par Altshuller.

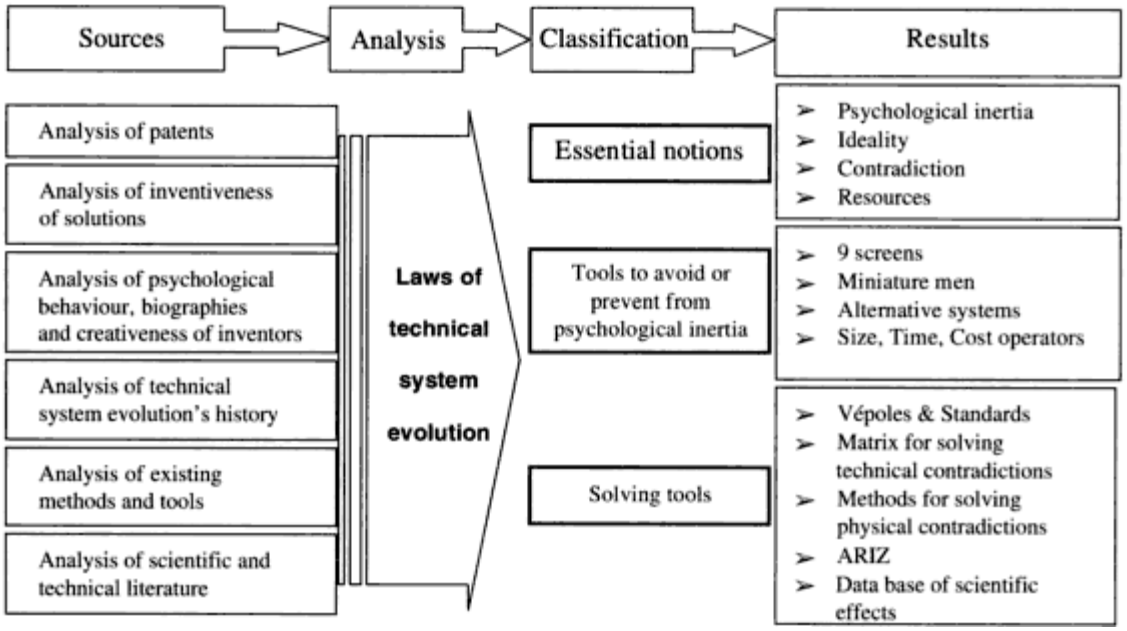


Figure A6 - Schéma de synthèse de l'œuvre d'Altschuller (Cavallucci, 2002)

Pourtant, de nombreux auteurs ont tenté d'adapter des outils TRIZ pour assister des activités créatives dans divers domaines tels que le domaine artistique, la sécurité, ou encore la finance (Zlotin *et coll.*, 2001). Ces auteurs justifient ces expansions par le caractère très générique de la démarche d'Altshuller, dont ils retiennent, entre autres, les caractéristiques suivantes :

- la constitution d'une banque de données contenant de nombreuses solutions créatives ;
- l'identification de différents « niveaux » de solutions créatives et la priorisation, au sein de cette banque de données, des solutions jugées les plus créatives ;
- l'identification de patterns pouvant aider le concepteur à identifier des solutions créatives de différents niveaux ;
- le développement d'algorithmes pour atteindre ces solutions ;
- l'identification de problèmes typiques rencontrés dans tel ou tel domaine.

[70] Pour de nombreux autres exemples de cette approche, voir Hipple (2006).

4. La résolution créative de problèmes et le brainstorming

Dans la lignée des travaux de Guilford[71], les premières recherches sur la créativité au milieu du XXème siècle ont largement mis en valeur la **pensée divergente** comme composante principale de la créativité. Très rapidement s'est développée à partir de là, une problématique de mesure de cette divergence par des tests standardisés. Par exemple, le *Alternate Uses Task*[72] (Guilford, 1967; Gilhooly *et coll.*, 2007) invite les participants à imaginer, en un temps limité, le plus d'usages possibles pour un objet domestique courant – par exemple, un presse-papiers, un trombone ou un journal. Les performances des participants sont classiquement évaluées à partir notamment des critères suivants (Plucker et Makel, 2010):

- La fluence : la fluidité, évaluée par le nombre de réponses produites ;
- L'originalité : évaluée par rapport au caractère « unique » de la réponse (comparé à un ensemble de référence) ;
- L'élaboration : évaluée par l'addition de détails ;
- La flexibilité : évaluée par les changements dans les types de réponse (la « variance »).

Très tôt se pose donc la question de définir le concept de performance créative. Sur le plan industriel, le but est évidemment d'optimiser cette performance. Cette question est d'actualité avec les problématiques des Nouvelles Technologies pour la Créativité (Burkhardt et Lubart, 2010). Mais les tentatives d'instaurer des cadres de travail favorisant la genèse d'idées sont beaucoup plus anciennes. Les pères de ces travaux sont sans doute A.F. Osborn et S.J. Parnes qui, depuis les années 1950 ont développé des programmes de formation à la « pensée créative » selon les principes suivants (Parnes, 1999) :

(1) Le **développement délibéré** de la créativité ;
(2) L'identification de **facteurs de blocage** de la créativité et la proposition de solutions destinées à aider le formé à les surmonter ;
(3) Un processus **d'étirement de la pensée** habituelle.

Le modèle de **résolution créative de problèmes** (*Creative Problem Solving* ou CPS) proposé initialement par Osborn en 1952, a subi de nombreuses évolutions dans sa structure (Isaksen et Treffinger, 2004). Par souci de simplicité, mais aussi de cohérence d'ensemble, nous présentons le modèle décrit par Osborn dans son ouvrage *Applied Imagination* (Osborn, 1957) que Isaksen et Treffinger appellent « *CPS v.1.1* ». Ce modèle se présente sous la forme d'une succession linéaire de trois étapes :

(1) une étape de définition du problème et de préparation du terrain (*fact-finding*) ;
(2) une étape de génération d'idées divergentes (*idea-finding*) ;
(3) une étape de sélection des idées pertinentes (*solution-finding*).

Ce modèle met donc en valeur deux éléments. Premièrement, l'importance de la préparation et de la formulation du « bon » problème. Deuxièmement, **l'importance conjointe de la pensée divergente et de la pensée convergente** dans la créativité. Ce constat est aussi présent dans une critique courante de l'approche de Guilford : il ne suffit pas de produire des idées en grand nombre pour trouver solution à un problème. Pour que cette variabilité des réponses soit exploitable il faut aussi générer de l'orthodoxie. Le Tableau A1 synthétise les principales différences entre les deux composantes de la créativité.

[71] Joy P. Guilford (1897-1987), ancien président de l'*American Psychological Association*. Son allocution inaugurale, bien connue (*the Guilford address*) plaide pour une re-focalisation de la recherche en psychologie sur les dimensions créatives de l'intelligence.
[72] Tâche d'usages alternatifs.

Type de pensée	Divergente	Convergente
Processus caractéristiques	Etre non-conventionnel	être logique
	Voir les éléments connus sous un jour nouveau	Reconnaître des éléments familiers
	Combiner des éléments disparates	Combiner ce qui « va ensemble »
	Produire des réponses multiples	Se focaliser sur la meilleure réponse
	Changer de perspective	Réappliquer des techniques connues
	Transformer ce qui est connu	Préserver ce qui est déjà connu
	Voir de nouvelles possibilités	Tirer des conclusions précises et exactes
	Prendre des risques	Jouer la carte de la prudence
	Récupérer un large ensemble de connaissances existantes	S'appuyer sur un ensemble restreint d'informations manifestement pertinentes
	Associer des idées entre domaines disparates	Faire des associations seulement entre domaines adjacents
Résultats typiques pour l'individu	Solutions alternatives ou multiples	Une meilleure connaissance de ce qui existe déjà
	Déviations par rapport à l'habituel	Une meilleure maîtrise des faits
	Une réponse surprenante	Une réponse rapide et « exacte »
	Développement de nouvelles voies d'attaque ou manières de faire	Développement d'un degré élevé de compétence
	Ouverture de possibilités excitantes ou risquées	Clôture du problème
	Sentiment d'incertitude et d'excitation	Sentiment de sécurité et de sûreté

Tableau A1 – Comparaison des caractéristiques principales des pensées convergente et divergente (Cropley, 2006)

L'association de la pensée divergente et de la pensée convergente a pour objet **de générer et d'explorer la variabilité** (Cropley, 2006).

Divers outils ont été proposés pour faciliter ces phases de divergence et de convergence créatives. Le champ est encore aujourd'hui dominé par une approche très pragmatique, et de nombreuses méthodes ont vu le jour pour assister l'une et l'autre de ces phases, ainsi que des tentatives d'établir des typologies. Les méthodes de pensée divergente sont beaucoup plus nombreuses et diverses que celles de pensée convergente (VanGundy, 2005). Wang (2010) a réalisé une méta-analyse des typologies de méthodes de divergence (Tableau A2). Cette typologie est établie à partir de trois distinctions :

- Usage par un individu seul *vs.* par un collectif ;
- Génération d'idées par des associations libres *vs.* imposées ;
- Pour les techniques collectives, génération d'idées de manière orale *vs.* écrite et silencieuse.

Catégorie	Définition	Exemple	Principe
1. techniques individuelles	Utilisées par un individu seul		
1.1 techniques analytiques systématiques	Décomposition et analyse d'un problème par composantes	Analyse morphologique (Zwicky, 1969)	Les sujets identifient des attributs utiles à la résolution du problème. Puis ils les combinent en vue de formuler de nouvelles solutions
1.2 Associations forcées	Association forcée entre différents objets en vue de créer de nouvelles perspectives		
1.2.1 changement de perspective	Les sujets abordent le problème suivant des points de vue différents et inhabituels	Technique des six chapeaux (de Bono, 1985)	Les sujets, travaillant individuellement ou en groupe, portent tour à tour différents « chapeaux métaphoriques ». Chaque chapeau a une couleur différente et dénote un état d'esprit différent. Par exemple, le chapeau blanc est caractérisé par un raisonnement factuel, tandis que le rouge renvoie à un raisonnement très émotionnel.
1.2.2 changement de problème	Les sujets transforment le problème posé ou attaquent un autre problème	Technique d'inversion (VanGundy, 2005)	Certains termes du problème sont volontairement transformés ou inversés pour faire l'objet d'une production créative, avant de revenir au problème initial. Par exemple, pour concevoir une *nouvelle canette de bière*, on peut commencer par réfléchir à la conception d'une vieille cannette de bière, d'une nouvelle bouteille de bière, ou encore d'une nouvelle cannette de soda.
1.2.3 Checklist	Les sujets utilisent une liste de questions ou d'actions pour générer des idées	Checklist SCAMPER (Osborn, 1957)	La checklist s'appuie sur une liste ordonnée de 6 transformations applicables à des produits existants pour générer des concepts de produits innovants : Substitution, Combinaison, Adaptation, Modification, usage alternatif (*Put to another use*), Elimination et Inversion (*Reverse*)
1.2.4 Connexions forcées	Les idées sont stimulées par l'identification de similitudes ou de connexions	*Chain alike* (VanGundy, 2005)	Les sujets décomposent le problème en attributs et sous-attributs. Puis pour chaque attribut, les termes sont remplacés par des analogies. Ceci est répété pendant plusieurs cycles, avant de se servir des analogies générées pour trouver un concept de produit.
1.2.5 Base de données d'innovations	Une base de données a été constituée à partir de l'analyse d'innovations passées	TRIZ (Altshuller, 1984)	A partir de nombreux travaux portant sur l'analyse de brevets d'invention, des comportements psychologiques des inventeurs, de méthodes et outils existants de divergence créative, de la littérature scientifique et technique de l'époque, Altshuller a formalisé un ensemble de lois d'évolutions des systèmes techniques, qui ont permis, à leur tour : (1) de définir des concepts clé de la théorie, (2) de proposer des outils pour prévenir l'inertie psychologique, et (3) de proposer des outils de résolution de problèmes. Voir aussi Annexe 2.3.
1.2.6 Provocation	L'objectif de ces techniques est de briser les idées préconçues sur un problème donné	*Turn around* (VanGundy, 2005)	Les sujets sont invités à décrire le problème et à répertorier toutes les idées préconçues sur le problème. Par exemple la conception d'un service bancaire innovant pourrait partir des suppositions suivantes : les clients potentiels ont de l'argent, le placement d'argent satisfait un besoin de sécurité financière, le prêt permet aux banques de gagner de l'argent, etc. Les contre-propositions sont listées et servent d'amorce à la génération de concepts.

Catégorie	**Définition**	**Exemple**	**Principe**
1.3 Libre association (*freewheeling*)	Ces techniques reposent sur la génération d'idées par libre association		
1.3.1 Techniques intuitives	Ces techniques visent à stimuler l'imaginaire et l'inconscient	Le *fairy tale time* (VanGundy, 2005)	Un animateur lit à voix haute un résumé libre d'un conte de fées. Les participants écrivent les principaux éléments de l'histoire (personnages, actions, dialogue, intrigue, moralités, principaux événements) et s'en servent comme amorce pour produire des idées qu'ils écrivent sur des post-it.
1.3.2 Libre association régulière	Ces techniques ne s'appuient pas spécifiquement sur la stimulation de l'inconscient et de l'imaginaire	Le *Brain mapping* (VanGundy, 2005)	A partir d'une thématique centrale, inviter les sujets à produire des idées et à les organiser en branches et en sous-branches.
1.4 Organisation et affichage	Méthodes stimulant la production d'idées en les affichant et les organisant de manière visuelle	Diagramme des affinités ou Méthode KJ (Scupin, 1997)	Le groupe est invité à participer à un brainstorming sur un problème, en écrivant leurs réponses sur des post-its. Les réponses sont groupées dans l'espace et chaque groupe est nommé. Les groupes sont regroupés à leur tour et ainsi de suite de manière à constituer un graphique. L'explication de la structure du graphique peut aussi servir d'amorce à la génération de nouvelles idées.
2. Techniques collectives	La dynamique de groupe joue un rôle crucial dans la génération d'idées		
2.1. Techniques silencieuses	Dans ces techniques, la génération d'idées se fait de manière muette, par écrit ou en dessinant		
2.1.1 Techniques silencieuses à association forcée	Il s'agit de « coincer ensemble » des idées, des objets, ou imposer des perspectives pour créer de nouvelles idées	Le *brain sketching* (VanGundy, 2005)	Les membres du groupe dessinent sur des post-its des esquisses de réponses au problème posé. Au bout de 5 minutes les esquisses sont échangées avec le voisin de droite. La tâche consiste à évaluer l'esquisse, à l'amender de commentaires, à la modifier, à créer de nouvelles esquisses. L'ensemble des esquisses sert alors de base à un brainstorming.
2.1.2 Techniques silencieuses d'association libre	Le groupe opère par association d'idées libres sur des stimulis qu'eux-mêmes choisissent	Pool d'idées (VanGundy, 2005)	Chaque membre de l'équipe écrit 4 idées en réponse au problème posé et les place au centre de la table. Ces feuilles sont échangées et les idées sont amendées (ou de nouvelles idées sont ajoutées) sur les feuilles, et ainsi de suite.
2.2. Techniques verbales	Ces techniques reposent s'appuient sur l'expression orale.		

Catégorie	Définition	Exemple	Principe
2.2.1 techniques verbales d'association forcée	Il s'agit de « coincer ensemble » des idées, des objets, ou imposer des perspectives pour créer de nouvelles idées	La synectique (Gordon, 1961)	Après une réunion préparatoire avec les stakeholders, l'animateur formule un problème à résoudre, de la forme « si seulement …» ou « comment faire pour … ». Le groupe produit ensuite un ensemble de « templins » (*springboards*) suivant un raisonnement expansif et sans contrainte, puis en sélectionne un. Une seconde passe de divergence est réalisée pour mettre en œuvre le tremplin de manière concrète. Certaines idées sont sélectionnées (convergence) puis paraphrasées pour s'assurer de leur bonne compréhension. On détaille alors toutes les caractéristiques positives possibles de la solution, ainsi qu'un seul obstacle ç l'implémentation de la solution. La solution est exprimée sous la forme « Voici quoi faire : …». Plusieurs idées sont ainsi explorées de manière itérative jusqu'à identification d'une solution satisfaisante.
2.2.2 Techniques verbales d'association libre	Ces techniques orales s'appuient sur un libre choix des stimuli et des modes d'association	Le brainstorming de groupe (Osborn, 1957)	Cf. partie 3.2.2.1.

Tableau A2 - Typologie des méthodes de divergence créative, issue de la méta-analyse de Wang (2010).
La catégorisation est l'œuvre de l'auteur ; les exemples ont été rédigés par nos soins

La méthode du brainstorming occupe une place centrale dans les travaux de recherche sur la génération d'idées en groupe. C'est la richesse du débat scientifique et des évolutions méthodologiques auxquelles il a donné lieu, qui nous pousse à intégrer à notre démarche méthodologique, un outil dérivé : le brainwriting.

Les propositions d'Osborn ont rencontré un vif succès dans le monde professionnel, mais les postulats de base du brainstorming ont fait l'objet de nombreux efforts de recherche visant à objectiver ses revendications sur les effets positifs de sa méthode[73]. Plusieurs études ont ainsi montré l'utilité des règles d'Osborn dans les tâches de production d'idées. Parnes et Meadow (1959), montrent que le suivi des règles de brainstorming permet de générer davantage d'idées jugées « bonnes »[74], et que la qualité des idées produites est corrélée au nombre total d'idées produites. Weisskopf-Joelson et Eliseo (1961), quant à eux, se sont intéressés aux apports de la règle de « critique interdite » dans la méthode d'Osborn : les sujets appliquant cette règle produisaient davantage d'idées que ceux qui ne s'astreignaient pas à le faire. L'impact positif des règles fondatrices d'Osborn sur la quantité et la qualité de la production créative est généralement défendu en faisant référence à ces travaux.

C'est le rôle stimulant du collectif sur la production d'idées – illustré par la maxime d'Osborn, *Many heads are better than one* – qui a suscité le plus grand débat. Osborn accorde en effet une place centrale aux collectifs de travail dans son œuvre : en s'appuyant sur les idées les uns des autres, les participants d'un groupe de brainstorming seraient plus performants (en termes de fluence, c'est-à-dire de nombre d'idées produites) et capables de produire un ensemble de réponses plus varié. C'est l'enjeu de la quatrième règle d'Osborn, les autres (quantité, idées farfelues, report de jugement) étant censées catalyser ce phénomène.

Contrairement à cette affirmation d'Osborn, les groupes de sujets réalisant une tâche de brainstorming produisent moins d'idées, et moins de bonnes idées, que des sujets réalisant un brainstorming individuel sur la même question, dont les idées seraient ensuite rassemblées. Ce phénomène est connu sous le nom de **perte de production** (Mullen *et coll.*, 1991). De nombreux travaux ont visé à identifier clairement les causes de cette perte de production. Ils se concentrent généralement sur trois phénomènes principaux (Stroebe *et coll.*, 2010) :

- **Le *social loafing***, ou « paresse sociale » (Karau et Williams, 1993) : il s'agit de la propension à faire moins d'efforts pour produire des idées en groupe *vs.* individuellement. Trois facteurs impliqués dans ce phénomène sont (1) le coût des contributions individuelles ; (2) la capacité perçue à identifier les auteurs des contributions ; et (3) la perception que la contribution individuelle n'est pas indispensable ;
- **L'inhibition sociale** : il s'agit d'une diminution des contributions par crainte du jugement (explicite ou implicite) des autres. Cet effet est parfois connu sous le nom d'*evaluation apprehension* (Camacho et Paulus, 1995) ;
- **Le blocage de production** : cet effet provient de la nécessité pour les participants au brainstorming de présenter leurs idées tour à tour : ils peuvent oublier leurs idées avant que leur tour n'arrive, ou bien décider que ces idées ne sont plus pertinentes (Diehl et Stroebe, 1987).

[73] L'œuvre d'Osborn est ainsi constellée de phrases vantant les mérites du CPS en général et du brainstorming en particulier. L'argument qui a fait le plus débat est sans conteste le suivant : « l'individu moyen peut fabriquer deux fois plus d'idées en travaillant en groupe plutôt que seul » (Osborn, op. cit., p.229).

[74] La qualité des idées produites dans l'expérience de Parnes et Meadow était mesurée par un score numérique donné par un évaluateur externe, et synthétisait 2 critères : le caractère *unique* des idées produites et la *valeur* – sociale, économique, esthétique, etc. – donnée à l'idée.

Cette remise en question des affirmations d'Osborn, parfois formulée de manière assez sévère, a été à l'origine de nombreuses propositions méthodologiques pour optimiser la production d'idées en groupe. La méthode du brainwriting, que nous avons choisi d'intégrer dans notre démarche, fait partie de cette tendance.

5. La fiabilité industrielle

La fiabilité est définie comme « l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données pour une période de temps donnée » (Commission Electrotechnique Internationale, citée par Villemeur, 1988). L'ingénierie de la fiabilité (*reliability engineering*) désigne un ensemble de méthodes et outils dont l'objet est « d'évaluer et de démontrer la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sûreté de composants, d'équipements et de systèmes. » (Birolini, 2010, p. 1). Les méthodes de fiabilité peuvent porter sur différents objets, depuis les systèmes industriels aux produits de consommation en passant par les projets de conception eux-mêmes (Geutier, 1995 ; Verdoux, 2006).

Comme le souligne Lassagne (2004, pp. 20-43), l'objectif premier de ces outils est « de systématiser la collecte d'information sur les risques et de procéder à leur quantification ». L'auteur note que ces méthodes se sont développées dans un premier temps en France sous le nom de Sûreté de Fonctionnement (SdF), laquelle comporte deux composantes renvoyant à des techniques aux finalités différentes : la fiabilité des systèmes, dont l'objet est d'optimiser la disponibilité des systèmes ; et **l'analyse des risques**, dont l'objet est de « diminuer la probabilité d'occurrence ou les conséquences d'un événement indésirable, susceptible d'avoir un impact négatif sur les installations, l'environnement ou les individus ».

En ce qui concerne ce second volet, le processus d'analyse de risque présente quatre grandes étapes :

Etape	**Exemples d'outils**
Analyse du système	Analyse Fonctionnelle (AF)
Identification des risques	APR Analyse HAZOP (*Hazards and Operations*) AMDEC
Modélisation qualitative des risques	Arbres de défaillances Arbres d'événements
Quantification des risques	Arbres de défaillances et arbres d'événements Chaines de Markov, réseaux de Pétri, analyse Monte Carlo

Tableau 1- Quelques exemples de méthodes d'analyse des risques (cités par Lassagne, 2004)

Lassagne note que l'analyse des risques a un double usage, celui d'aide à la décision et celui, d'autre part, de **légitimation de décisions** relatives au système à différentes étapes de son cycle de vie (conception, fonctionnement, etc.) Si l'on fait abstraction des détournements possibles de cette logique d'indicateurs – simplification abusive du problème ou rationalisation *a posteriori* d'accidents par exemple – on peut insister sur le rôle de ces méthodes comme **vecteurs d'apprentissage mutuel** entre différents acteurs du processus de conception. Cette évolution a été à l'origine de l'intégration du facteur humain dans l'analyse des risques, qui recentre l'analyse, non sur le fonctionnement du système technique, mais sur les tâches réalisées par un opérateur/ usager humain. Ces analyses s'appuient sur les outils d'analyse des usages évoqués dans notre état de l'art.

Annexe 3 : Extrait du corpus des verbalisations recueillies dans l'expérimentation 1

N°	Loc.	Paroles
52	C	Donc on va le laisser comme ça. Donc je regarde en dessous, la table interactive Digitable c'est quoi, j'ai une surface sur laquelle je projette une image. C'est ça, et je partage de l'information et de l'interaction sur cette image par une zone de contact. Et tout ça c'est piloté par un système d'information
53	Fr	Voilà par le logiciel.
54	C	OK je vais me dire donc voilà, la Digitable c'est donc j'ai une notion de partage d'une information action, j'avais interaction, une information, c'est une image. L'interaction, c'est 4 personnes, j'ai 4 chaises, c'est ça ?
55	Fr	Oui c'est ça aujourd'hui, vu la taille on l'a limitée à 4.
56	C	interaction entre 4 personnes. Donc ...
57	V	Tu peux faire autant que tu veux.
58	F	Après c'est plus ... Est ce que c'est utile d'être à 20 autour d'une table à bosser ensemble ...
59	C	Le SI comme système d'information c'est mon calculateur le système de pilotage. Ca vous va, ça vous suffit pour l'instant ? Et j'ai en gros j'ai des chaises. Ca va ça ? OK. Si vous aviez à définir un supersystème de ce truc là ce serait quoi ? Non, le supersystème. Ce truc là dans quoi ça s'intègre aujourd'hui?
60	J	Bah aujourd'hui ça s'intègre dans un groupe de concepteurs qui utilisent la table pour faire une séance de créativité.
61	F	c'est un outil pluridisciplinaire.
62	J	C'est l'application qu'on a utilisée. C'est ce qui a été choisi en termes d'usage.
63	F	C'est pas facile ... Tu parles de supersystème en tant qu'objet.
64	C	Ouais en tant qu'objet, c'est quoi ? C'est l'environnement de travail d'un groupe de concepteurs ?
65	F	C'est un outil collaboratif.
66	Fr	C'est un objet collaboratif interactif
67	C	C'est un outil collaboratif interactif. Et ils en ont d'autres que la table ?
68	V	Ah ben oui ! Justement
69	F	des post its
70	V	Tout ce qui se fait sur tableau, fiches idée, etc.
71	C	OK, donc un outil collaboratif interactif. Donc l'ensemble
72	M	Est ce que t'as prévu de parler du lieu physique ?

Annexe 4 : Supports de travail pour les expérimentations 2 et 3

Fiche idée « usage »

Fiche idée « usage »

Nom de l'usage

Questionnaire d'évaluation subjective de l'activité

Ce questionnaire a pour objectif de recueillir quelques-unes de vos impressions sur le travail que vous venez de réaliser.

Partie 1 :
Tout d'abord je vais vous demander de vous remémorer le travail que vous avez fait sur le projet

- table interactive
- collier-bouée

L'efficacité du travail de votre groupe

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- Votre capacité à anticiper tous les usages possibles du produit ? (0-100). Pourquoi ?

- Votre capacité à venir en aide aux concepteurs de ce produit ? (0-100) Pourquoi ?

- Votre capacité à concevoir un produit sûr ? (0-100) Pourquoi ?

- Votre capacité à concevoir un produit intéressant ? (0-100) Pourquoi ?

La facilité de l'exercice d'anticipation des usages

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- La facilité de l'exercice qui vous a été demandé ? (0-100) Pourquoi ?

- La facilité de mise en œuvre des outils qui vous ont été proposés ? (0-100) Pourquoi ?

Le travail collaboratif

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- Le caractère enrichissant du travail en groupe ? (0-100) Pourquoi ?

- La convivialité de l'ambiance de travail ? (0-100) Pourquoi ?

Partie 2 :
Maintenant, je vais vous demander de vous remémorer le travail que vous avez effectué en utilisant le brainwriting et les matrices d'usages sur le projet

- collier-bouée

- table interactive

L'efficacité du travail de votre groupe

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- Votre capacité à anticiper tous les usages possibles du produit ? (0-100). Pourquoi ?

- Votre capacité à venir en aide aux concepteurs de ce produit ? (0-100) Pourquoi ?

- Votre capacité à concevoir un produit sûr ? (0-100) Pourquoi ?

- Votre capacité à concevoir un produit intéressant ? (0-100) Pourquoi ?

La facilité de l'exercice d'anticipation des usages

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- La facilité de l'exercice qui vous a été demandé ? (0-100) Pourquoi ?

- La facilité de mise en œuvre des outils qui vous ont été proposés ? (0-100) Pourquoi ?

Le travail collaboratif

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- Le caractère enrichissant du travail en groupe ? (0-100) Pourquoi ?

- La convivialité de l'ambiance de travail ? (0-100) Pourquoi ?

Partie 3 :
Je vais vous demander de vous remémorer le travail que vous avez fait avec les fiches idées et les tableaux d'usages sur le projet

- table interactive
- collier-bouée

L'efficacité du travail de votre groupe

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- Votre capacité à anticiper tous les usages possibles du produit ? (0-100). Pourquoi ?

- Votre capacité à venir en aide aux concepteurs de ce produit ? (0-100) Pourquoi ?

  Votre capacité à concevoir un produit sûr ? (0-100) Pourquoi ?

- Votre capacité à concevoir un produit intéressant ? (0-100) Pourquoi ?

La facilité de l'exercice d'anticipation des usages

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- La facilité de l'exercice qui vous a été demandé ? (0-100) Pourquoi ?

- La facilité de mise en œuvre des outils qui vous ont été proposés ? (0-100) Pourquoi ?

Le travail collaboratif

De 0 à 100, comment noteriez-vous :

- Le caractère enrichissant du travail en groupe ? (0-100) Pourquoi ?

- La convivialité de l'ambiance de travail ? (0-100) Pourquoi ?

Tableau des usages dangereux

Usages dangereux

N°	Description de l'usage	En quoi cet/ces usage(s) est/sont-il(s) dangereux ?	A quel point estimez-vous que cet usage est dangereux ? (1=pas dangereux, 5= très dangereux)

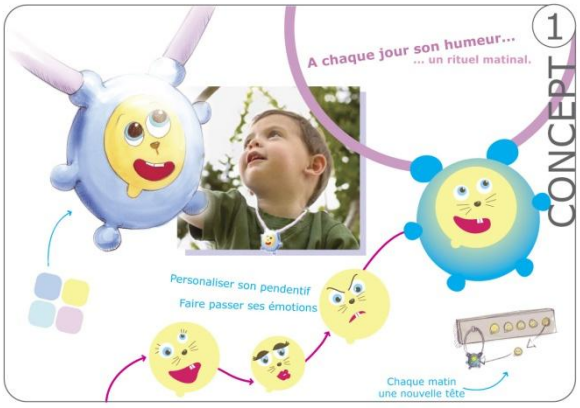
Tableau des usages intéressants

Usages intéressants

N°	Description de l'usage	Quel est/sont le(s) intérêt(s) de cet usage ?	A quel point estimez-vous que cet usage est intéressant ? (1=pas intéressant, 5= très intéressant)

Annexe 5 : concepts de produits dans le projet PETITE SIRENE

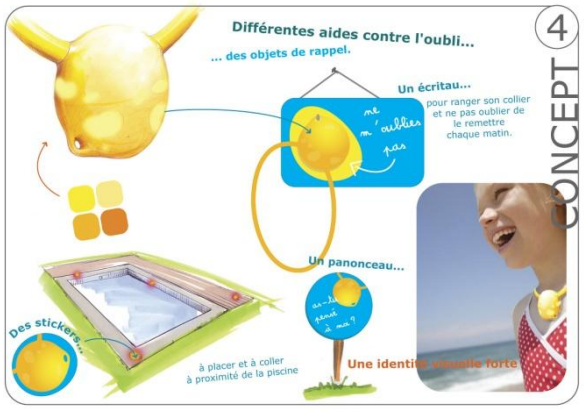
En dessous de chaque planche de concept figure le pôle du modèle ternaire (Figure 4–2) sur lequel se sont le plus appuyés les concepteurs pour imaginer le concept.



Personnalisation suivant l'humeur du jour (enfant/produit)

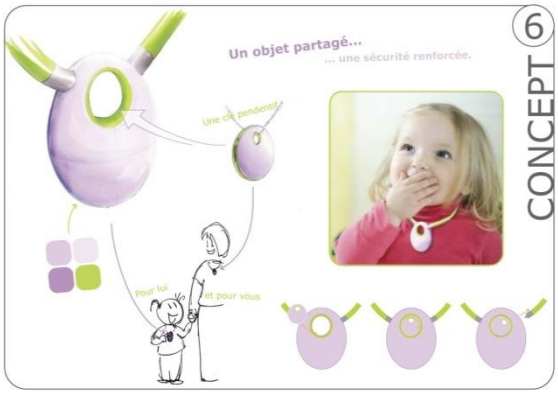
Personnalisation par une gamme de couleurs et de motifs (enfant/produit)

Personnalisation par un « totem » animal (enfant/produit)



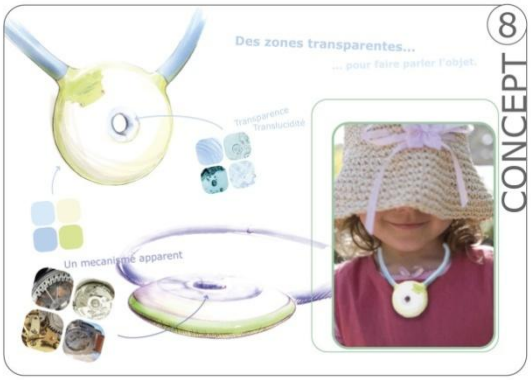
Aides au rappel (enfant/produit, parent/produit)

Pendentif « doudou » (enfant/produit)



Objet partagé (parent/enfant)

Support pédagogique
(enfant/produit, parent/enfant)



Mécanisme apparent
(parent/produit)

Annexe 6 : Liste des thèmes fédérateurs mis en evidence dans l'expérimentation 2

Les tableaux ci-dessous recensent les items à TE élevé (>4 occurrences dans l'ensemble du corpus). En particulier, ils comparent la fréquence d'évocation des thèmes dans les 4 groupes travaillant en condition native vs ceux travaillant en condition créative, afin de montrer plus précisément les effets des méthodes de créativité sur :

- Quels thèmes apparaissent en condition créative qui n'étaient pas évoqués en condition native ;
- Quels thèmes évoqués sur les post-it sont développés davantage dans les fiches-idée.

Lieux

DIGITABLE			PETITE SIRENE		
Thème	Nb groupes Natif (FI)	Nb groupes Créatif (PI/FI)	Thème	Nb groupes Natif	Nb groupes Créatif
Bureau	0	3/3	Autour d'une piscine	4	4/4
Commerces	1	2/2	En balade	1	1/1
Ecole	1	3/1	point d'eau	3	3/3
Exposition	0	2/2	maison	1	1/3[75]
Maison	0	4/4	maison de retraite	0	2/1
Milieu hospitalier	0	3/1	Piscine individuelle	1	2/3[76]
Musée	1	3/1	Plage	1	2/2
Salle de réunion	1	3/3			
Salon (maison)	0	2/1			
Dans un train	0	2/2			
En visioconférence	2	3/2			

TF en condition native : salle de réunion, au travail / en extérieur, mer, piscine

[75] Dans ce cas précis, bien que la thématique de la sécurité de l'enfant dans la maison n'ait pas été souvent évoquée lors de la génération des post-its, deux groupes l'ont évoquée par la suite (*de novo*) lors du remplissage de la matrice de découvertes. Notre interprétation est que, au-delà de l'exploitation d'idées intermédiaires, les méthodes de créativité facilitent l'analyse prospective en permettant aux concepteurs de raisonner par abstraction sur les usages.

[76] Cf. la note précédente.

Usagers

DIGITABLE			PETITE SIRENE		
Thème	Nb groupes Natif (FI)	Nb groupes Créatif (PI/FI)	Thème	Nb groupes Natif (FI)	Nb groupes Créatif (PI/FI)
Groupes d'amis	0	3/2	Bébé	0	1/1
Classe d'école	0	2/1	Enfant	3	4/4
Commerçants	0	1/1	Groupe d'enfants	2	3/3
Concepteurs	1	4/2	Handicapés	0	3/3
Groupes d'enfants	3	4/3	Parents	3	4/4
Famille	0	2/2	Personnes ivres	1	0/1
Informaticiens	0	1/1	Personnes âgées	0	2/2
Professeur	0	2/2			
Service de communication	0	1/1			
Travailleurs à distance	0	1/1			

TF en condition native : chacun, grands groupes, professionnels

Annexe 7 : production scientifique issue des travaux de thèse

1. **Nelson, J.**, Weber, A., Buisine, S., Aoussat, A. & Duchamp, R. (2008) L'analyse des besoins pour la conception de produits destinés aux jeunes enfants : le cas des équipements de protection individuelle. In *Actes du Congrès ErgoIA 2008*. Bidart, France
2. **Nelson, J.** Buisine, S. & Aoussat, A. (2008) Prescriptions et innovations dans l'usage : Vers un modèle collaboratif des interactions concepteurs-usagers. *Actes du congrès CONFERE 2008.* Angers, France, 3-5 July.
3. **Nelson, J.**, Buisine, S. & Aoussat, A. (2009). Design in use: some methodological considerations. *42nd CIRP Conference on Manufacturing Systems. Grenoble*, France : 3-5 June.
4. **Nelson, J.**, Buisine, S., Aoussat, A. & Duchamp, R. (2009). Elaboration of innovative safety equipment concepts for infants. *International Conference in Engineering Design*. Stanford, CA: 24-27 August
5. **Nelson, J.**, Buisine, S. & Aoussat, A. (2009) Assisting designers in the anticipation of future product use. *Asian International Journal of Science and Technology - Production and Manufacturing Engineering* 2, pp. 25-39
6. Buisine, S., Fouladi, K., **Nelson, J.**, Turner, W. (2010). Optimiser le processus d'innovation grâce aux traces informatiques d'usages. IC'2010 Journées francophones d'Ingénierie des Connaissances, pp. 145-156
7. **Nelson, J.**, Buisine, S. & Aoussat, A. (2010) Creativity as a tool for prospective use analysis in the design of innovative products. Actes du congrès ErgoIA 2010. Bidart, France (octobre)
8. **Nelson, J.**, Buisine, S. & Aoussat, A. (soumis à publication). Fostering creativity in the definition of future product use: a framework to assist user centered design and innovation. *Applied Ergonomics*
9. **Nelson, J.,** Buisine, S., & Aoussat, A. (sous presse). A methodological proposal to assist prospective ergonomics in projects of innovative design. *Le Travail Humain*
10. **Nelson, J.,** Buisine, S., & Aoussat, A. (soumis à publication) Generating scenarios of future use in User-Centered Product Concept Design: a creativity-based approach. *Journal of Engineering Design*.
11. Segonds, F., **Nelson, J.**, & Aoussat, A. (sous presse) PLM and architectural collaboration: a framework to improve collaboration in the early stages. *International Journal of Product Lifecycle Management*.

CONTRIBUTION À L'ANALYSE PROSPECTIVE DES USAGES DANS LES PROJETS D'INNOVATION

RESUME : Les usages occupent une place importante dans le discours du concepteur souhaitant mettre au point des produits innovants, sources de valeur pour l'usager. L'examen des pratiques d'analyse des usages montre qu'elles impliquent des décisions préalables, concernant quelles activités analyser pour la conception. Ceci pose problème dans certains projets d'innovation, e.g. visant la valorisation de technologies émergentes, ou intégrant des problématiques d'usage comme la sécurité. Comment anticiper les usages d'un produit n'existant pas encore, dans les phases initiales du processus? Quel statut donner à ces anticipations ? Nous tentons de répondre par le concept d'analyse prospective des usages. A l'aide d'expérimentations simulant des réunions de conception pour anticiper les usages futurs de produits, nous examinons les apports d'outils, issus de la créativité et de la fiabilité industrielle, à la production de scénarii d'usage pour guider le processus de conception innovante.

Mots clés : Analyse des usages, conception innovante, prospection, résolution créative de problèmes, TRIZ, fiabilité industrielle, ergonomie

A CONTRIBUTION TO PROSPECTIVE USE ANALYSIS IN PROJECTS OF INNOVATIVE DESIGN

ABSTRACT: Product use has gained increasing importance in innovative design. A close examination of use analysis practices, however, shows that many tools used in this capacity rely on prior decisions regarding which users and which activities design should target. This is an issue in innovation projects where product use is subject to great uncertainty, e.g. when generating new product concepts based on emerging technologies, or when validating concepts addressing specific use-related stakes, such as safety. How can one anticipate the uses of a product which does not yet exist? What status should one give such anticipation in the design project? We attempt to answer by using the concept of prospective use analysis. Through experimental simulations of design meetings focused on anticipating future use, we examine the benefits of tools from creativity and reliability engineering, to help designers produce prospective scenarios of future use, in order to guide the innovative design process.

Keywords : use analysis, innovative design, prospection, Creative Problem Solving, TRIZ, reliability engineering, ergonomics

ARTS ET MÉTIERS ParisTech

ParisTech INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY