La conception à l'ère de l'Internet des Objets : modèles et principes pour le design de produits aux fonctions augmentées par des applications.

Pierrick Thebault

▶ **To cite this version:**

Pierrick Thebault. La conception à l'ère de l'Internet des Objets : modèles et principes pour le design de produits aux fonctions augmentées par des applications.. Autre. Arts et Métiers ParisTech, 2013. Français. NNT : 2013ENAM0014 . pastel-00869385v1

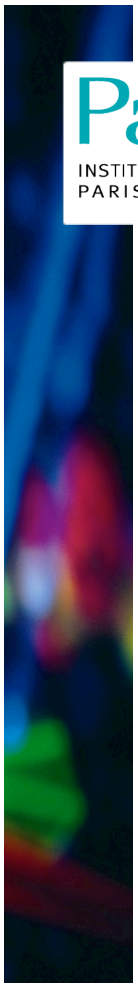
HAL Id: pastel-00869385

https://pastel.hal.science/pastel-00869385v1

Submitted on 3 Oct 2013 (v1), last revised 14 Oct 2013 (v2)

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.



ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ARTS ET MÉTIERS ParisTech

2013-ENAM-0014

École doctorale n° 421 : Science 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 " Informatique – Traitement du signal "

présentée et soutenue publiquement par

Pierrick THEBAULT

le 31 mai 2013

La conception à l'ère de l'Internet des Objets : modèles et principes pour le design de produits aux fonctions augmentées par des applications.

Directeur de thèse : **Simon RICHIR**
Co-encadrement de la thèse : **Henri SAMIER, David BIHANIC, Frédérique PAIN**

Jury

M. Vincent BOLY, Professeur, Ecole Nationale Supérieure en Génie des Systèmes Industriels	Président
Mme. Nadine COUTURE, Professeur, Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées	Rapporteur
M. Gilles COPPIN, Professeur, Télécom Bretagne	Rapporteur
M. Nicolas NOVA, Professeur, Haute Ecole d'Art et de Design Genève	Examinateur
M. Simon RICHIR, Professeur, Arts et Métiers ParisTech	Examinateur
M. Henri SAMIER, Maître de Conférences, École d'Ingénieurs de l'Université d'Angers	Examinateur
M. David BIHANIC, Maître de Conférences, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis	Examinateur
Mme. Frédérique PAIN, Chercheuse, Alcatel-Lucent Bell Labs France	Invitée

T H È S E

Arts et Métiers ParisTech - Centre d'Angers
LAMPA

Aux chercheurs de l'Application Studio
des Bell Labs qui m'ont accompagné
pendant ces trois années.

REMERCIEMENTS

Mes premiers remerciements vont à Simon Richir et Frédérique Pain pour leur accueil au sein du laboratoire des Arts et Métiers Paristech d'Angers et des Bell Labs d'Alcatel-Lucent, ainsi que pour la confiance qu'ils m'ont accordée. Je remercie également Vincent Boly d'avoir présidé le jury de cette thèse, Nadine Couture et Gilles Coppin d'avoir accepté d'être rapporteurs de ce travail, ainsi que Nicolas Nova pour sa participation en tant qu'examinateur. J'exprime également ma reconnaissance à l''Association Nationale de la Recherche et de la Technologie, qui, au travers du dispositif CIFRE, a contribué au financement de mon travail, ainsi qu'à Bruno Aidan et Jean-Luc Beylat pour m'avoir donné l'opportunité de collaborer avec les chercheurs des Bell Labs. Je tiens plus particulièrement à remercier Henri Samier et David Bihanic pour leurs conseils et relectures; Cédric Mivielle, Camille Lefer et Robert Huynh pour leurs productions durant leurs stages; Mathieu Boussard, Lieven Trappeniers, Yann Gasté et Patrick Legrand pour l'accueil qu'ils m'ont réservé au sein de leurs départements ; Fabrice Poussière et Vincent Hiribarren pour avoir insufflé le prototypage rapide dans notre équipe; Fahim Kawsar, Natalie (Ebenreuter) Lehoux et Jean-Baptiste Labrune pour m'avoir guidé dans le milieu de la recherche académique; Florentin Rodio, Arnaud Gonguet et Alexis Eve pour leur aide dans la conduite de mes expérimentations; Fabienne Labrosse et Rose-Lys Thia-Nam pour leur disponibilité et leur réactivité ; Olivier Christmann et Grégoire Cliquet pour leurs encouragements ; ainsi que ma famille et mes proches pour leur patience et leur soutien.

TABLE DES MATIERES

PARTIE I. AVANT-PROPOS 15

1. La rencontre des produits et des services du Web 16

2. L'émergence des applications orientées produits 18

3. Contexte de la recherche et plan du mémoire 19

PARTIE II. LA CONCEPTION DE PRODUITS A L'ERE DE L'INTERNET DES OBJETS..... 21

Chapitre 1: L'Informatique Ubiquitaire, une vision fondatrice de l'Internet des Objets..... 23

1. La vision de l'Informatique Ubiquitaire de Mark Weiser 23

2. Un domaine de recherche à l'origine de nombreux courants..... 27

3. De nombreux verrous technologiques, méthodologiques et socio-économiques à lever 33

4. L'informatique Ubiquitaire: entre imaginaire et réalité 38

Chapitre 2: L'Internet des Objets, la rencontre de l'Informatique Ubiquitaire et des produits 45

1. Une première tentative pour donner forme à l'UbiComp..... 45

2. Un nouvel imaginaire des produits..... 51

3. Un nouvel écosystème de produits 55

Chapitre 3: La conception traditionnelle de produits électroniques..... 63

1. Approches philosophiques pour le design de produits..... 63

2. Comprendre les interactions avec les produits 67

3. De la définition des produits à des processus de conception 73

Chapitre 4: Les produits augmentés, une nouvelle génération de produits à concevoir..... 83

1. Définition et caractéristiques des produits augmentés..... 83

2. L'information : un nouveau matériau permettant la création d'applications 88

3. Enjeux pour le design de produits augmentés 92

PARTIE III. PROBLEMATIQUE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE..... 99

Chapitre 1: La prise en compte des applications dans la conception de produits. 101

1. Définition du cadre problématique..... 101

2. Elaboration des hypothèses..... 106

Chapitre 2: Une démarche de recherche pragmatique en design..... 109

1. Les spécificités de la recherche en design..... 109

2. Méthodologies employées..... 116

3. Conduite de la recherche 121

PARTIE IV. EXPERIMENTATIONS VISANT A ETUDIER LA PERCEPTION DES APPLICATIONS PAR LES UTILISATEURS 129

Chapitre 1 : La perception des interconnections sous-jacentes aux applications. 131

1. Création d'outils de conception d'applications 131
2. Protocole expérimental 135
3. Mesures des productions des utilisateurs 136
4. Résultats 138
5. Analyse 145
6. Retour d'experience 148

Chapitre 2 : La perception des mécanismes sous-jacents aux applications. 149

1. Création d'outils permettant l'étude de transcriptions figurales 149
2. Protocole expérimental 154
3. Mesures des schémas produits par les utilisateurs 156
4. Résultats 158
5. Analyse 168
6. Retour d'expérience 172

Chapitre 3 : La perception des types d'applications. 175

1. Création d'un outil de médiation permettant d'interagir avec des applications 175
2. Protocole expérimental 182
3. Mesures de l'utilisabilité de l'outil développé 185
4. Résultats 187
5. Analyse 191
6. Retour d'expérience 195

Chapitre 4 : Bilan des expérimentations et validation de la première hypothèse. 197

PARTIE V. PROPOSITION D'UN MODELE ET DE PRINCIPES POUR LE DESIGN DE PRODUITS AUGMENTES 199

Chapitre 1 : Proposition d'un modèle descriptif des applications orientées produit. 201

1. Description des mécanismes sous-jacents aux applications 201
2. Taxonomie des applications 204
3. Modèle articulant les applications par rapport aux lieux 207
4. D'un modèle général des applications à un modèle conceptuel des produits augmentés 212

Chapitre 2 : Proposition de principes pour la conception de produits augmentés par des applications 213

1. Des applications aux produits augmentés 213
2. La nécessité de rendre les applications visibles 217
3. Principes pour le design de produits augmentés 221

PARTIE VI. OPERATIONNALISATION DU MODELE ET DES PRINCIPES PROPOSES 225

Chapitre 1 : Application du modèle et des principes à la conception d'un produit augmenté .. 227

1. Choix d'un produit à augmenter 227
2. Création des applications qui augmentent le produit 228
3. Création des trois prototypes de produit 229
4. Prototypage et développement logiciel 233

Chapitre 2 : Expérimentation visant à évaluer la perception des produits augmentés par les utilisateurs. 235

1. Création de questionnaires permettant l'évaluation des prototypes produits 235
2. Protocole expérimental 237
3. Mesure de l'utilisabilité des prototypes 240
4. Résultats 241
5. Analyse 247

Chapitre 3 : Bilan de l'expérimentation et validation de la seconde hypothèse. 253

Chapitre 4 : Compléments aux principes de conception proposés. 255

1. Analyse rétrospective des choix effectués lors de la conception de produits augmentés 255
2. Dimensions complémentaires à développer 258
3. Limites des principes proposés 261

PARTIE VII. DISCUSSION ET PERSPECTIVES SUR LE FUTUR DES PRODUITS 263

Chapitre 1: Des produits à augmenter aux produits à composer 265

1. Vers une structure dynamique des produits 265
2. Fonctionnement des produits à composer 268
3. Illustrations possibles des produits à composer 270

Chapitre 2: Conclusion et perspectives 281

PARTIE VIII. PUBLICATIONS REALISEES DANS LE CADRE DE LA THESE 285

PARTIE IX. BIBLIOGRAPHIE 287

INDEX DES FIGURES

Figure 1. Facteurs déclencheurs de l'Internet des Objets. 15
Figure 2. Les transformations des produits au cours du temps. 17
Figure 3. La vision des applications orientées produit. 18
Figure 4. Futurs possibles des produits. 19
Figure 5. Mark Weiser à Xerox Parc. 24
Figure 6. Le ParcTab, ParcPad et LiveBoard de Xerox. 25
Figure 7. Evolutions de l'informatique et des interfaces utilisateur. 26
Figure 8. Exemples de produits commercialisés comme des « information appliances ». 50
Figure 9. Les deux approches pour le design de produits, adapté de Djajadiningrat. 64
Figure 10. La "Roller Radio" de Philips, dont le design reflète une approche sémantique. 66
Figure 11. L'appareil Photo de Frens, issu d'une approche directe. 67
Figure 12. Le cycle de l'action, adapté de Norman. 68
Figure 13. La construction des modèles conceptuels, adapté de Norman. 71
Figure 14. Trois exemples d'alignements d'une plaque de cuisson. 72
Figure 15. Définition des produits électroniques, adapté de Frens. 74
Figure 16. Modèle exploratoire, adapté de Frens. 75
Figure 17. Le modèle "Fonctions-comportement-structure", adapté de Gero. 77
Figure 18. Les dimensions des produits, adapté de Roozenburg. 79
Figure 19. Le modèle de conception de Pahl et Beitz, repris par Roozenburg. 80
Figure 20. Les quatre types de produits augmentés. 86
Figure 21. Architecture SOA des produits, adapté de Atzori et al. 90
Figure 22. Modèle décrivant deux aspects de l'augmentation, adapté de Chi et al. 93
Figure 23. La rencontre des mondes physique et numérique. 102
Figure 24. La rencontre des acteurs de l'Internet des Objets. 102
Figure 25. Illustration des objectifs de la recherche. 104
Figure 26. Le cadre conceptuel de Fallman. 111
Figure 27. Le modèle de recherche de Mackay et Fayard. 114
Figure 28. Le modèle de recherche de Zimmerman. 115
Figure 29. Les quatre phases de notre processus de recherche. 121
Figure 30. Conduite de la phase d'expérimentation. 122
Figure 31. Conduite de la phase de modélisation. 124
Figure 32. Conduite de la phase d'opérationnalisation. 125
Figure 33. Conduite de la phase de projection. 127
Figure 34. Utilisation du jeu de cartes lors de la séance de créativité. 132
Figure 35. Utilisation de la fiche « idée » lors de la séance de créativité. 134
Figure 36. Nuage de mots-clés des cartes les plus utilisées par les utilisateurs. 139
Figure 37. Analyse des résultats de l'expérimentation 1. 145
Figure 38. Fiche décrivant l'écosystème. 154
Figure 39. Production et évaluation des schémas par les utilisateurs. 156

Figure 40. Schémas produits par le groupe 1. 159
Figure 41. Schémas produits par le groupe 2. 160
Figure 42. Schémas produits par le groupe 3 (1/2). 161
Figure 43. Schémas produits par le groupe 3 (2/2). 162
Figure 44. Analyse des résultats de l'expérimentation 2. 168
Figure 45. Présentation des lieux sous la forme d'une liste et d'une carte. 179
Figure 46. Exemples d'applications délivrées par des lieux. 180
Figure 47. Utilisation de l'outil de médiation. 184
Figure 48. Efficacité par tâches. 187
Figure 49. Efficience par tâches. 188
Figure 50. Répartitions des scores du SUS. 188
Figure 51. Analyse des résultats de l'expérimentation 3. 192
Figure 52. Types d'interconnexions entre les ressources. 201
Figure 53. Types de mécanismes applicables aux interconnexions. 202
Figure 54. Types d'applications. 205
Figure 55. Ancrage des applications dans le lieu. 208
Figure 56. Spatialisation des applications dans le lieu. 209
Figure 57. Notre vision des lieux et produits augmentés. 211
Figure 58. Des produits traditionnels aux produits augmentés. 214
Figure 59. Modélisation d'une application visant à augmenter les fonctions d'un produit. 215
Figure 60. Impact des applications sur les dimensions du produit. 216
Figure 61. Critères d'intelligibilité à satisfaire. 217
Figure 62. Point de tension pour le design de produits augmentés. 222
Figure 63. Stratégies pour le design de la forme et des interactions des produits. 223
Figure 64. Modalités d'interaction propres à chaque produit. 230
Figure 65. Produit 1. 231
Figure 66. Produit 2. 232
Figure 67. Produit 3. 232
Figure 68. Notice remise aux utilisateurs et détaillant les applications. 239
Figure 69. Efficacité par tâches. 242
Figure 70. Efficience par tâches. 243
Figure 71. Analyse des résultats de l'expérimentation 3. 248
Figure 72. Dimensions développées au travers des produits 2 et 3. 256
Figure 73. Analyse des choix effectués au regard de l'utilisation courante d'un produit augmenté. 257
Figure 74. Analyse des choix effectués au regard de l'administration d'un produit augmenté. 258
Figure 75. Dimensions complémentaires à prendre en compte dans l'aménagement formel. 259
Figure 76. Evaluation des produits 2 et 3 au regard des six dimensions identifiées. 261
Figure 77. Spécificités des produits à composer. 266
Figure 78. Des produits à augmenter aux produits à composer. 267
Figure 79. Changements d'états des produits. 268
Figure 80. Evénements déclencheurs du changement de forme. 269
Figure 81. Modalités d'interactions offertes par les structures dynamiques. 269
Figure 82. Modèle décrivant les changements de structure possibles, adapté de Rasmussen et al. 270

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1. Les sept questions guidant le travail de conception selon Norman..... 97
Tableau 2. Les cinq questions guidant le travail de conception selon Bellotti et al. 97
Tableau 3. Présentation des expérimentations menées pour étudier la perception des applications. 124
Tableau 4. Liste des produits et sources d'information utilisées pour le jeu de cartes. 133
Tableau 5. Configurations d'interconnexions observées. 137
Tableau 6. Analyse des applications en fonction des types d'interconnexion. 140
Tableau 7. Récapitulatif des idées d'applications considérées comme valides. 143
Tableau 8. Récapitulatif des idées d'applications considérées comme non recevables. 144
Tableau 9. Liste des ressources utilisées pour créer l'écosystème. 150
Tableau 10. Découpage de l'écosystème par action et type d'interconnexion. 151
Tableau 11. Description de l'écosystème. 153
Tableau 12. Stratégies de transcription et de catégorisation observées à travers les schémas. 164
Tableau 13. Scores correspondant à l'évaluation des schémas par les utilisateurs. 167
Tableau 14. Variations des scores entre les groupes. 168
Tableau 15. Récapitulatif des applications déployées dans les différents lieux. 177
Tableau 16. Spécificités des applications représentant l'ambiance des lieux. 178
Tableau 17. Tâches soumises aux utilisateurs sous la forme de questions. 181
Tableau 18. Questionnaire de satisfaction. 182
Tableau 19. Ordre des questions selon les groupes. 184
Tableau 20. Problématiques liées à une utilisation courante des applications. 220
Tableau 21. Problématiques liées à l'administration des applications. 221
Tableau 22. Récapitulatif des applications imaginées. 229
Tableau 23. Récapitulatif des produits. 230
Tableau 24. Composants matériels et logiciels utilisés pour chaque produit. 234
Tableau 25. Questionnaire de tâches. 236
Tableau 26. Questionnaire de satisfaction. 237
Tableau 27. Ordre selon lequel les utilisateurs ont expérimenté les produits. 240

TERMINOLOGIE EMPLOYEE

Terme	Définition
Objet	Toute chose concrète, perceptible par la vue, le toucher.
Artéfact	Tout objet ayant subi une transformation, même minime, par l'homme, et qui se distingue de ceux provoqués par un phénomène naturel.
Appareil	Dispositif électrique, électronique, mécanique, formé d'un assemblage de pièces destinées à fonctionner ensemble.
Système	Appareillage formé de divers éléments et assurant une fonction déterminée.
Produit	Objet, artéfact, appareil ou système proposé sur le marché par une entreprise.
Service	Prestation consistant à fournir un travail directement utile pour l'usager, sans transformation de matière.
Service Web	Logiciel permettant l'échange de données entre des applications et des systèmes hétérogènes ou distribués.
Application	Logiciel s’appuyant souvent sur un service Web pour permettre la réalisation d'une activité particulière au travers d’un support donné.

PARTIE I. AVANT-PROPOS

Entre 2008 et 2009, et pour la première fois de l'histoire, le nombre d'appareils capables de se connecter à Internet a dépassé le nombre d'habitants[1]. Pour les analystes, l'adoption massive des téléphones de nouvelle génération et des tablettes tactiles, commercialisées à partir de 2007, marque ainsi la naissance de l' « Internet des Objets ». Dans les foyers disposant d'un accès à Internet, on dénombre désormais plus de six produits « connectés » par habitant. Si cette moyenne englobe les nombreux ordinateurs et terminaux mobiles qui permettent aux internautes d'accéder aux services du World Wide Web, elle prend également en compte la pléthore de produits du quotidien qui intègrent aujourd'hui des capacités de traitement de l'information et de communication.

Jusqu'à présent isolés du monde numérique, les électroniques « bruns », tels que les téléviseurs, lecteurs et décodeurs multimédia ou consoles de jeux, mais également « blancs », tels que les réfrigérateurs, les machines à laver, les pèse-personnes ou les brosses à dents électriques, peuvent, grâce à leur interconnexion à Internet, tirer parti des ressources du Web. L'émergence de cet « Internet des Objets », qui tend à brouiller les frontières entre l'ordinateur et les produits du quotidien, s'explique par deux facteurs majeurs : la banalisation des ressources informatiques et l'adoption des services Web par les utilisateurs.

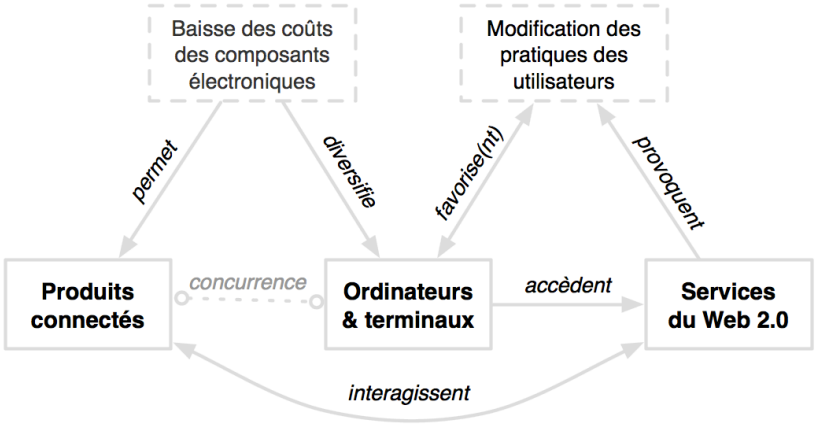


Figure 1. Facteurs déclencheurs de l'Internet des Objets.

1 D'après un calcul réalisé par Cisco (Evans, 2011) et basé sur des données fournies par l'institut de sondage Forrester, 12,5 milliards d'appareils connectés étaient en circulation dans le monde en 2010, contre 500 millions en 2003. Le nombre moyen d'appareils par individu, réparti sur la population mondiale, est ainsi passé de 0,08 à 1,84.

1. LA RENCONTRE DES PRODUITS ET DES SERVICES DU WEB

L'invention du microprocesseur, permettant l'intégration de milliers de transistors au sein d'un même composant, a joué un rôle crucial dans le développement de l'informatique. Dans un article retraçant les progrès technologiques réalisés au cours du 20ème siècle, Nordhaus (Nordhaus, 2001) met ainsi en exergue la baisse continue du coût de la puissance de calcul, définie par le nombre d'instructions pouvant être traitées une seconde. Outre la démocratisation de l'ordinateur, cette hausse des performances, prédite par Moore (Moore, 1995), a marqué une nouvelle étape dans l'évolution des produits. L'intégration de microcontrôleurs combinant tous les composants nécessaires au traitement de l'information, a en effet permis, dans les années 1980, la création de produits « électroniques », succédant aux produits « électriques » ou « électromécaniques ». Dotés de capacités de calcul limitées, du fait du coût encore important des composants, ces produits n'ont cependant jamais atteint celles des ordinateurs. La fracture entre le monde informatique et celui des produits tend cependant à se réduire. Pour Greenfield (Greenfield, 2007), nous sommes en effet parvenus à un point où la puissance de calcul peut être dévolue à des tâches du quotidien jusqu'à présent considérées « triviales ». Les premiers produits « connectés », reflètent ainsi la banalisation des ressources informatiques, et l'opportunité offerte aux concepteurs d'interconnecter les produits à Internet.

La transition du Web, d'une collection de pages statiques à un écosystème de « services » a eu un impact considérable sur le développement d'Internet et contribué à modifier la société. Le « Web 2.0 » décrit par O'Reilly et al. (OReilly et al., 2009; OReilly, 2007) marque en effet un changement de paradigme important : l'information est délivrée ou générée de manière dynamique au travers de multiples applications s'appuyant sur une architecture logicielle commune. Pour les sociologues Beer et Burrows (Beer et al., 2007), les nombreux services communautaires[2] mis en ligne à partir de 2004 ont bouleversé la production et la consommation de contenus, provoqué l'exposition de la vie privée dans le domaine public, et favorisé l'émergence d'une nouvelle « rhétorique de la démocratisation ». Cette culture de la participation, de la collaboration et de l'ouverture qui caractérise aujourd'hui le Web, et a mené à une nouvelle « économie de la gratuité » (Hoegg et al., 2006), a profondément accéléré l'adoption des nouveaux services. Ces derniers ont, à mesure qu'ils fédèrent de larges communautés, un impact sur les pratiques des utilisateurs : ils tendent à modifier les manières de consommer (Riegner, 2007) et de gérer les connaissances dans des lieux tels que la bibliothèque (Miller, 2005) et l'entreprise (Tredinnick, 2006) ou des secteurs tels que la médecine (Giustini, 2006), l'éducation (Alexander, 2006) et la politique (Osimo, 2008). En

[2] La création de Wikipedia (2001), Delicious (2003), LinkedIn (2003), FlickR (2004), MySpace (2004), Digg (2004), Facebook (2004), YouTube (2005) ou Twitter (2006) a marqué un virage dans l'histoire du Web.

faisant converger les savoirs et les contenus, les services Web sont devenus des outils « nécessaires » à la société.

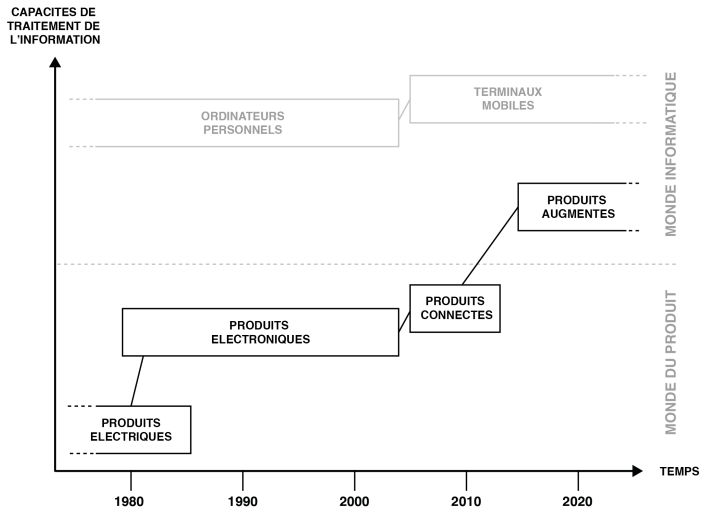


Figure 2. Les transformations des produits au cours du temps.

La diffusion et la diversification des ordinateurs et des terminaux mobiles, dont les écrans souvent tactiles permettent à la fois d'accéder et d'interagir avec les services Web, témoignent du désir des utilisateurs de rester connectés à ce monde numérique. En 2010, une étude française[3] a révélé que cette « connexion aux écrans » est jugée « nécessaire », presque « vitale » à tout individu voulant rester « socialement relié ». Elle est considérée comme une forme d' « addiction assumée, une résultante naturelle des nouvelles propositions technologiques ». Ce nouveau rapport conduit inévitablement les fabricants de produits, dont beaucoup souffrent de la concurrence avec les terminaux mobiles, à considérer l'opportunité de tirer parti des services du Web pour compléter, améliorer ou enrichir les fonctions qu'ils délivrent. Si elle est aujourd'hui encore peu exploitée, l'interconnexion des produits à Internet préfigure la création d'une nouvelle expérience utilisateur.

En utilisant les capacités de traitement de l'information comme un matériau pour le design, comme le suggère Kuniavsky (Kuniavsky, 2010), les concepteurs sont en mesure de créer des produits « augmentés », renouvelant à la fois la manière dont nous accédons à l'information et dont nous interagissons dans le monde physique. Ces derniers constituent selon nous une nouvelle étape dans l'histoire des produits, illustrée par la Figure 2, et rapprochent le monde informatique de celui des produits. De la même manière que l'intégration des

[3] L'étude « Screen360 » de l'institut de sondage « Mediametrie » a permis de comprendre les usages des nombreux écrans (téléviseurs, ordinateurs, téléphones mobiles et tablettes tactiles) utilisés dans l'habitat. Plus d'informations : http://www.mediametrie.fr/comportements/solutions/screen360.php?id=89.

microcontrôleurs dans les produits électroniques a soulevé de nombreux enjeux pour les métiers de la conception, leur rencontre avec les services Web suscite de nouveaux défis.

2. L'EMERGENCE DES APPLICATIONS ORIENTEES PRODUITS

Le couplage des produits et des services amène en effet, selon les principes de développement du Web 2.0, à envisager la création de nouveaux types d'applications s' « appuyant » sur les caractéristiques ou les fonctions des produits. Permettant l'interopérabilité des services Web avec les produits, ces dernières constituent une forme d' « augmentation » dont la valeur et les implications sur l'architecture, le design et les usages, restent à explorer. En l'absence d'un terme établi, et afin de les distinguer des applications conçues pour un navigateur Web ou un terminal mobile, nous proposons de s'y référer comme des applications « orientées produit »[4]. Le développement de telles applications se place selon nous au cœur de l'Internet des Objets. Pour les éditeurs de services, il amène à l'extension du Web dans le monde réel. Pour les concepteurs de produits, il permet d'élargir l'offre fonctionnelle de ces derniers, mais aussi de développer une nouvelle forme d' « intelligence ».

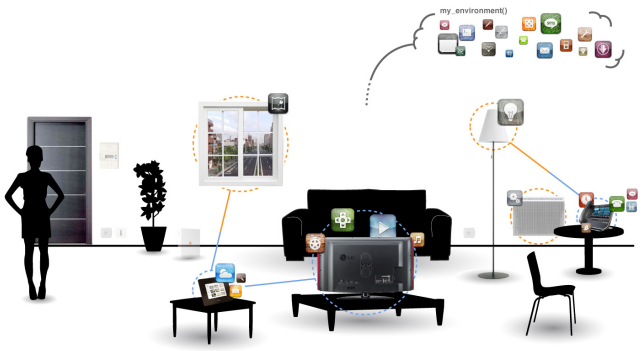


Figure 3. La vision des applications orientées produit.

Au travers de cette recherche, nous proposons plus particulièrement d'étudier l'impact des applications orientées produit sur l'activité de conception. Ces dernières ont, de par les changements qu'elles induisent, des conséquences sur la définition des produits, le design de leur forme et des interactions, et sur la manière dont ils sont utilisés. Elles nécessitent de réexaminer les pratiques de conception au regard de nouvelles potentialités. Notre recherche se place ainsi au croisement de plusieurs disciplines : l'informatique dite « ubiquitaire », les sciences de la conception et le design des interactions homme-machine. Elle témoigne d'une démarche de recherche en design, permettant, par la pratique, de contribuer à la « formulation » ou au « cadrage » des problèmes suscités par l'Internet des Objets et d'apporter des solutions

[4] En anglais, *product-oriented applications*.

pragmatiques aux concepteurs de produits. Notre recherche interroge plus largement, au travers de l'émergence des applications, le futur des produits. Elle vise à explorer la possibilité de renforcer le rôle de ces derniers dans la vie quotidienne, et à proposer des alternatives à leur « disparition » au profit de surfaces ou d'écrans tactiles. Nous suggérons qu'il incombe en effet aux concepteurs de produits « augmentés » d'identifier et d'évaluer les stratégies possibles quant à leur forme et aux interactions qu'ils délivrent. La Figure 4 illustre par exemple l'opportunité d'utiliser les produits en conjonction de terminaux mobiles, de les hybrider avec ces derniers, ou de les « réinventer ».

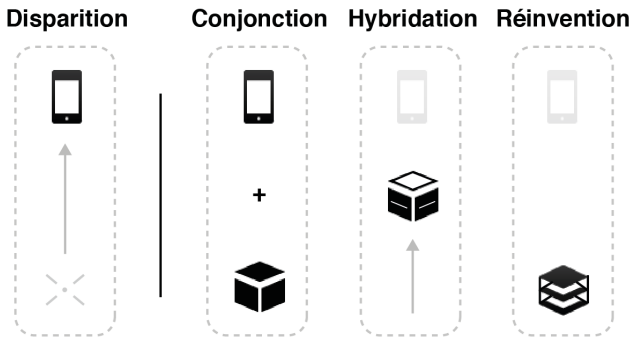


Figure 4. Futurs possibles des produits.

3. CONTEXTE DE LA RECHERCHE ET PLAN DU MEMOIRE

Si notre recherche vise à élaborer des modèles et des principes pour le design des produits augmentés, elle s'est construite autour de travaux portant sur le développement d'infrastructures logicielles permettant la création des applications orientées produit. Elle a été conduite de 2009 à 2012 au sein du domaine « applications » des laboratoires Bell[5], appartenant au groupe Alcatel-Lucent. Elle reflète également la démarche développée au sein de l'équipe pluridisciplinaire « Application Studio », qui vise à prendre en compte les enjeux liés au design de l'expérience utilisateur dans le développement des technologies de télécommunications. Les nombreux projets de recherche sur l'Internet des Objets menés au sein des Bell Labs, ou avec des partenaires académiques ou industriels, ont nourri notre réflexion et permis la conduite de plusieurs expérimentations cruciales pour notre travail.

Ce mémoire présente les résultats de cette collaboration et les apports de notre recherche. Les différentes parties qui le composent reflètent la construction de notre démarche. Dans la Partie II, nous revenons sur la rencontre de l'Informatique Ubiquitaire, dont la vision est à l'origine de l'Internet des Objets, avec les produits. Notre état de l'art s'appuie sur les travaux réalisés en informatique, en science de la conception et en interaction homme-machine. Il nous

[5] Nous emploierons dans la suite le nom anglais, *Bell Labs*.

amène à expliquer les nombreux concepts et notions indispensables au travail des concepteurs et à décrire les enjeux que suscitent les applications orientées produit sur la relation fonctions<>utilisateurs[6]. La problématique et l'approche méthodologique sont ensuite présentées dans la Partie III. Nous y précisons l'articulation de notre démarche, retracée dans les Parties IV, V, VI. Ces dernières correspondent respectivement à des phases d'expérimentation, de modélisation et d'opérationnalisation. Elles nous conduisent, dans la Partie VII à ouvrir la discussion sur le futur des produits et à faire le bilan de notre travail. Les Parties VIII et IX listent enfin les publications réalisées et mobilisées au cours de notre recherche.

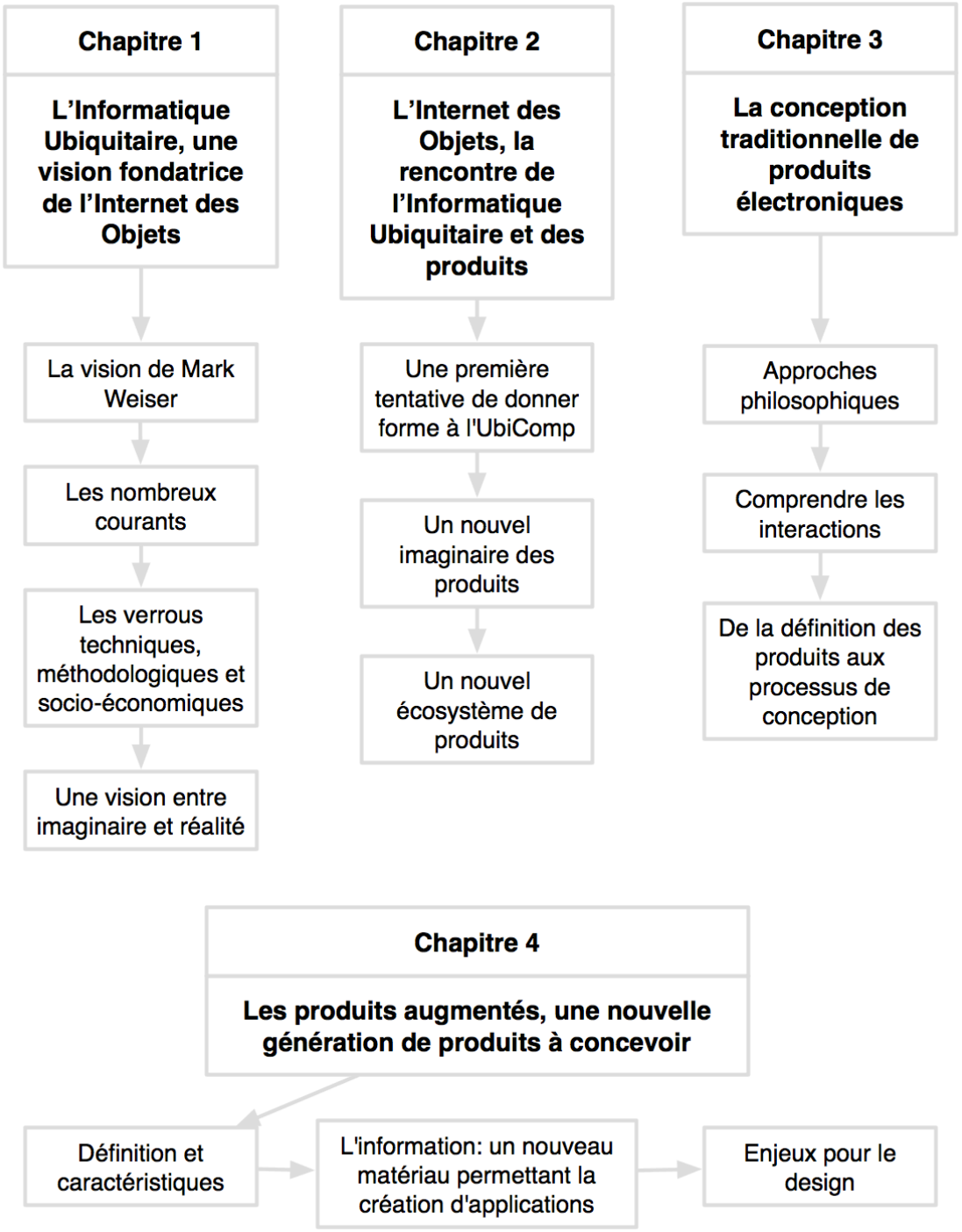
L'articulation et la structure des chapitres de chacune des parties sont illustrées par un schéma. Une note, telle que celle présentée ci-dessous, précise également le vocabulaire employé.

Nota Bene : une version numérique des principales figures présentées dans ce document, ainsi que des ressources complémentaires (photos, vidéos, présentations), sont mises à la disposition du lecteur à l'adresse suivante : http://www.wothings.com/phd.

La partie suivante présente le contexte de notre recherche.

[6] Afin de limiter le champ de notre étude, nous nous focaliserons sur la dimension fonctionnelle des produits, sur laquelle les applications ont le plus d'impact. Les dimensions esthétiques ou émotionnelles ne seront donc pas traitées ou explorées.

PARTIE II. LA CONCEPTION DE PRODUITS A L'ERE DE L'INTERNET DES OBJETS



Nota Bene : Dans cette partie, nous emploierons le vocabulaire utilisé par les chercheurs dans la littérature. Les *systèmes* développés par ces derniers combinent des technologies hétérogènes et souvent distribuées. Ils sont susceptibles de s'appuyer sur des *artéfacts*, *objets*, *produits* et *appareils* et de mener à la création d'*applications*, c'est-à-dire de logiciels permettant d'assurer une fonction spécifique. Les terminaux mobiles constituent également des *supports* ou des *outils de médiation*. Nous évoquerons également de manière générale les *produits augmentés*, dont nous tâcherons de décrire les spécificités.

Chapitre 1: L'Informatique Ubiquitaire, une vision fondatrice de l'Internet des Objets

La promesse d'un ordinateur « invisible », « distribué » et « intégré » dans le monde réel a, pendant plus de 20 ans, fédéré une large communauté de chercheurs issus de disciplines différentes. Initialement formulée par Mark Weiser, cette vision d'une informatique « ubiquitaire », partout et sans cesse disponible, a conduit à la création d'innombrables prototypes de terminaux, d'ordinateurs portatifs, d'interfaces tangibles ou d'artéfacts connectés à de nouvelles infrastructures réseaux et logicielles. Ancrés dans différents courants, ces derniers partagent une caractéristique commune : proposer des modalités d'interaction à l'information alternatives à celles proposées par l'ordinateur personnel. Ils permettent également le développement de nouveaux types d'applications, tirant parti des interconnexions entre les systèmes pour mieux satisfaire les besoins suscités par les activités du quotidien. L'Informatique Ubiquitaire constitue ainsi un véritable « agenda intellectuel » (Abowd, 2012) décrivant de multiples enjeux techniques, méthodologiques et socio-économiques, et oscillant entre imaginaire et réalité. Dans ce chapitre, nous proposons de revenir sur son histoire, sur les courants dont elle a permis la construction, sur les discussions qu'elle a soulevées et sur sa diffusion dans la société.

1. LA VISION DE L'INFORMATIQUE UBIQUITAIRE DE MARK WEISER

En 1988, les travaux menés au sein du Xerox Palo Alto Research Center (PARC) amènent des chercheurs à se désintéresser des caractéristiques techniques de l'ordinateur pour envisager les situations dans lesquelles les technologies sont utilisées (Weiser et al., 1999). Inspiré par le projet de « murs informatiques » mené sous la direction de Bob Sprague et de Richard Bruce, ainsi que par les études ethnographiques conduites par Lucy Suchman et son équipe, Mark Weiser, alors directeur du « Computer Science Laboratory » (CSL), a l'idée de créer un ordinateur invisible, distribué dans l'environnement. En créant le programme « Informatique Ubiquitaire »[7], il souhaite explorer l'opportunité de créer de nouveaux types d'appareils, permettant de pointer directement l'information, et d'investir l'environnement physique des utilisateurs pour mieux supporter leurs besoins. L'UbiComp peut ainsi être envisagée comme une réponse nécessaire aux problèmes de l'ordinateur, une évolution incontournable et un nouveau paradigme informatique.

[7] Dans la suite du document, nous emploierons le terme d' « UbiComp », faisant référence au terme anglais, *Ubiquitous Computing*.

1.1. Une réponse nécessaire aux problèmes de l'ordinateur personnel

Dans un article fondateur, publié en 1991 dans le « Scientific American » (Weiser, 1991), Weiser développe sa vision de l' « ordinateur pour le 21ème siècle ». Il y présente une alternative radicale à l'informatique personnelle jugée « inadaptée », dans laquelle les ordinateurs personnels « disparaissent dans l'arrière plan ». Jugés trop complexes et envahissants, ces derniers, de part le niveau d'attention qu'ils nécessitent, isolent les utilisateurs de leur contexte. En réponse à ces problèmes, il propose de « prendre en compte l'environnement naturel des hommes » pour concevoir un nouvel ordinateur « ubiquitaire ». Dans cette vision, le PC est remplacé par une multitude d'appareils distribués et interconnectés, s'intégrant de manière « transparente » dans le monde physique au point qu'on ne puisse plus les en distinguer.

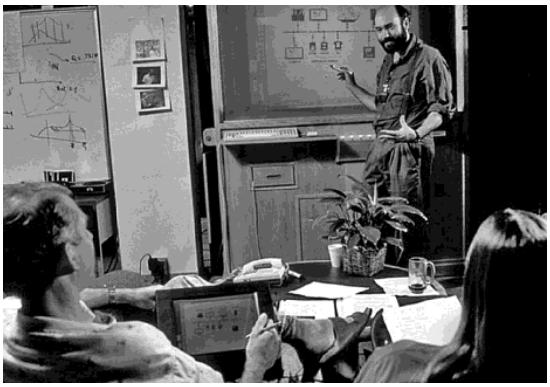


Figure 5. Mark Weiser à Xerox Parc.

Weiser et ses collaborateurs présentent l'UbiComp comme une réponse nécessaire aux problèmes du PC. Ils remettent non seulement en cause ses propriétés physiques (sa composition, sa forme, son poids), mais surtout le contexte dans lequel il est utilisé (sa position dans l'environnement, la posture qu'il induit). Ce n'est pas l'interface graphique du PC qui est en cause, mais la manière même de le concevoir. En replaçant l'informatique dans le contexte de l'environnement, les chercheurs du CSL cherchent moins à améliorer les interactions « homme-machine » qu'à créer des interfaces reliant les hommes. Avec l'UbiComp, ils proposent donc de redéfinir l'ensemble des relations entre l'homme, les pratiques et la technologie, préfigurant l'entrée dans une nouvelle « ère ». Si cette dernière n'offrira rien de « fondamentalement nouveau », elle « transformera ce qu'il est possible de faire », en rendant tout « plus rapide et facile à faire » (Weiser et al., 1999).

1.2. Une évolution incontournable de l'informatique

L'UbiComp apparaît également comme inévitable, car déjà « en route ». Dans son article, Weiser mentionne la loi de Moore[8] pour extrapoler les tendances à venir. Il prédit notamment, de manière assez exacte, l'augmentation des capacités de calcul, de stockage et de connectivité au travers d'un scénario « futuriste » dans lequel le quotidien de Sal, une mère de famille californienne, est imprégné par les technologies. Il rapporte également l'avancée des travaux effectués par son équipe pour renforcer le caractère immédiat de sa vision. Il présente ainsi les systèmes développés entre 1988 et 1992 au sein du CSL, qui s'articulent autour de trois appareils de la taille d'un post-it, d'un cahier et d'un tableau blanc. Conçus pour des tâches différentes, ces derniers, illustrés dans la Figure 6, sont voués à se démultiplier pour réellement « habiter » l'environnement.

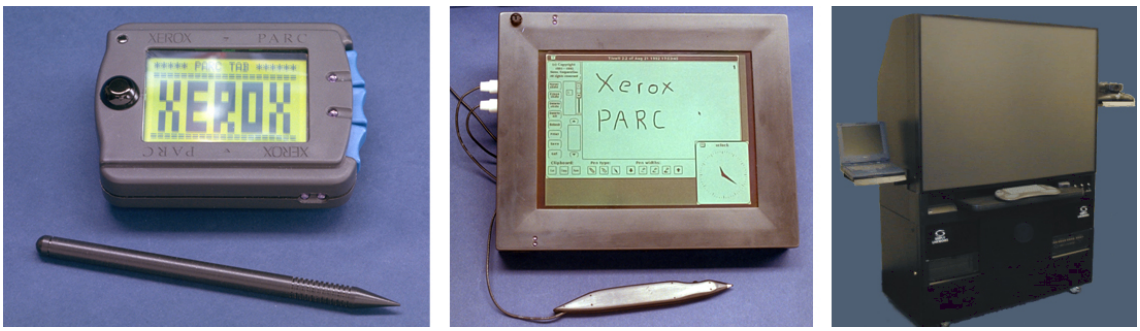


Figure 6. Le ParcTab, ParcPad et LiveBoard de Xerox.

Le *ParcTab*, conçu par Roy Want et son équipe constitue la plus petite unité de l'écosystème imaginé par Weiser. Il se compose d'un petit écran tenant dans la paume de la main avec lequel il est possible d'interagir via quelques boutons et un stylet. Intégrant un système d'identification basé sur des ondes infrarouges, similaire au système de badges actifs initialement développé au « Olivetti Research Laboratory » (ORL), il permet de reconnaître non seulement le nom de l'appareil (et par extension celui de son propriétaire), mais sa position dans l'espace et la situation dans laquelle il est utilisé. Il facilite la gestion des e-mails, calendrier, mémos et carnet d'adresse en situation de mobilité.

Le *ParcPad*, conçu par Bob Krivacic, Chris Kantarjiev et Al Demers, est une tablette dont l'écran réagit également aux pressions d'un stylet. Comparé à une simple feuille de papier laissée à disposition des utilisateurs dans l'environnement, il est considéré comme une extension « anonyme » ou « sans importance » de l'écran du PC. Grâce à un protocole de communication basé sur des radio-fréquences, il peut être mobilisé de manière sporadique pour

[8] En 1965, Gordon Moore, co-créateur d'Intel énonce une théorie, devenue aujourd'hui la « loi de Moore », selon laquelle le nombre de transistors double sur une puce tous les deux ans environ.

déporter les fenêtres des logiciels opérés par le PC sur un support mobile qui peut être posé à même le bureau, à l'instar d'un livre. Il permet également d'interagir avec le *LiveBoard*.

Conçu par Scott Elrod et Richard Bruce, ce dernier prend la forme d'un écran rétro-projeté de la taille d'un tableau, couplé à un stylet pouvant être utilisé par contact ou à distance. Il facilite la diffusion d'information et le travail collaboratif grâce à des applications permettant de partager textes et images, même depuis deux lieux différents.

1.3. Un nouveau paradigme informatique à explorer

En 1994, les trois types d'appareils, et l'infrastructure qui permet leur interconnexion, sont déployés dans les locaux du CSL. Les chercheurs commencent ainsi à expérimenter les systèmes qu'ils ont eux même conçus et à comprendre les enjeux d'un monde où les lieux sont « augmentés ».[9] Les premières applications développées se basent principalement sur des mécanismes d'identification des utilisateurs permettant l'automatisation de certaines tâches (gestion des accès, transfert d'appel, réservation de salles, génération des notes de réunion) et la personnalisation de l'expérience (transfert de paramètres ou de préférences).

Pour Dourish et Bell (Dourish et al., 2011, p.9), l'article de Weiser est à la fois un manifeste et un rapport d'avancée. Il dépeint un troisième paradigme informatique, où l'utilisateur interagit avec des applications au travers d'appareils distribués dans l'environnement. Le premier paradigme a été imaginé autour d'une utilisation partagée d'un ordinateur central, proposant des interfaces en ligne de commandes. Le second est marqué par l'appropriation de l'ordinateur par les individus et le développement des interfaces graphiques. La troisième promet à ces derniers d'interagir avec un ordinateur omniprésent via des interfaces « naturelles ». La Figure 7 illustre ces évolutions.

Figure 7. Evolutions de l'informatique et des interfaces utilisateur.

[9] La même méthodologie avait été utilisée par les équipes du Xerox Parc ayant travaillé à la création de l'ordinateur personnel.

L'article pose également les bases d'un programme de recherche suscitant de nombreux enjeux, tant sur le point de vue de l'ingénierie logicielle que matérielle. L'UbiComp n'est alors pas considérée comme un sujet en tant que tel, mais comme une nouvelle approche applicable à un grand nombre de domaines de recherche, qui influencera de nombreux laboratoires.

2. UN DOMAINE DE RECHERCHE A L'ORIGINE DE NOMBREUX COURANTS

La communauté de chercheurs travaillant sur l'UbiComp est considérée comme « éclectique » (Abowd, 2012) et « inhabituelle » (Bell et al., 2007) dans la discipline de l'informatique. Elle rassemble en effet des domaines tels que les systèmes embarqués, la capture de signaux, la reconnaissance d'activité, les interactions homme-machine, le design industriel et fait intervenir des chercheurs en application, en science sociale ou en vie privée. L'UbiComp peut être vue comme une « plateforme » permettant une « conversation plus large » entre l'informatique, l'anthropologie, la sociologie, les sciences de l'information et la communication (Dourish et al., 2011, p.14). C'est donc une recherche multidisciplinaire, qui « appelle à faire des choses dans le monde réel » (Abowd, 2012). Les nombreux projets lancés par les centres de recherche industriels ou académiques font ainsi l'objet de prototypes, d'environnements de tests et d'expérimentation, à petite ou moyenne échelle. Dans cette section, nous revenons sur les spécifiés de plusieurs courants hérités de la vision de Weiser : l'informatique sensible au contexte, l'Informatique Pervasive, l'Intelligence Ambiante, l'Internet des Objets, l'Informatique Portative et les interfaces tangibles.

2.1. L'informatique sensible au contexte

L'UbiComp repose sur l'hypothèse que les systèmes puissent déterminer la finalité des situations dans lesquelles ils sont utilisés pour « réagir » aux changements de l'environnement ou s' « adapter » aux besoins des utilisateurs. Les premières applications développées par les chercheurs du Xerox Parc pour le ParcTab, telles que « Forwarding Call » et « Active Map »,[10] illustrent ainsi les capacités de leur infrastructure à capter et utiliser des données liées au contexte d'utilisation. Elles sont considérées par Schilit et al. (Schilit et al., 1994) comme les premiers exemples d'une informatique « sensible au contexte »[11], dont la définition et la catégorisation feront l'objet de plusieurs discussions par des chercheurs tels que Dey (Dey, 2001) et Abowd (Abowd et al., 1999). D'autres applications tirant parti de nouveaux

[10] Ces applications permettent respectivement de transférer de manière automatique un appel dans la salle où se trouve la personne à joindre et de créer une carte dynamique des bureaux et salles des réunions mettant en perspective la position des individus.

[11] En anglais *context-aware computing*.

mécanismes de présentation de l'information, d'automatisation des tâches et de sauvegarde automatique de données relatives au contexte d'utilisation, sont développées dans les années 2000.

Parmi les nombreux projets dont Chen et Kotz (Chen et al., 2000) retracent la création, « Classroom 2000 » (Abowd, 1999) et « Aware Home » (Abowd et al., 2002), réalisés au sein de Georgia Tech aux Etats-Unis, incarnent le mieux la vision de l'UbiComp. Tous deux mobilisent des systèmes et des procédés permettant d'enregistrer les actions des utilisateurs dans différents contextes : la salle de cours et l'habitat. Si le premier vise à capturer les connaissances transmises durant les cours via des médias auto-référencés, dans lesquels il sera plus facile pour les étudiants de naviguer, le second s'attache à mesurer les mouvements et les activités des habitants d'une maison « intelligente ». Le projet « Guide » (Cheverst et al., 2000), mené par l'Université de Lancaster en Angleterre, est quant à lui déployé à l'échelle de la ville. Il vise à délivrer des informations touristiques en lien avec les lieux visités par les utilisateurs, et à leur proposer des parcours susceptibles de les intéresser. Il préfigure la démocratisation de « services basés sur la géolocalisation »[12], tels que les « annuaires » Yelp ou Foursquare[13], qui agrègent de nombreuses informations facilitant la prise de décision dans la ville. Accessibles depuis un téléphone mobile, ces derniers tirent parti de l'intégration du GPS dans les terminaux afin de mettre en place des systèmes de localisation ou de recommandation (Rao et al., 2003).

2.2. L'informatique Pervasive et l'Intelligence Ambiante

IBM est la première entreprise à explorer les opportunités commerciales de l'UbiComp en créant une unité dédiée à l' « Informatique Pervasive » (Schechter, 2000). Si les chercheurs ne font aujourd'hui plus de distinction entre informatique « ubiquitaire » et « pervasive », considérant que les deux visions ont chacune nourri l'autre[14], l'approche originelle d'IBM met moins l'accent sur l' « invisibilité » de l'ordinateur que sur la « réactivité » des systèmes distribués. Elle se focalise en effet sur l'intégration des réseaux sans-fils et des appareils mobiles tels que le téléphone portable ou les assistants personnels, dont l'offre se démocratise au début des années 2000 (Satyanarayanan, 2001). Pour les chercheurs qui se rallient à cette vision « immédiate » et « pragmatique » de l'UbiComp, l'enjeu consiste à créer une infrastructure permettant aux utilisateurs d'accéder à la même information « n'importe où, n'importe quand ». Au-delà des solutions développées par IBM dans le domaine du « e-

[12] En anglais, *location-based services*, LBS.

[13] http://www.foursquare.com et http://www.yelp.com.

[14] En 2013, les deux plus grandes conférences internationales, « Ubicomp » et « Pervasive » ont d'ailleurs fusionné pour former l' « International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing ».

business »[15], la vision de l'Informatique Pervasive amène les chercheurs académiques à envisager des environnements « sensibles », « adaptatifs » et « réactifs », également capables d'être « proactifs » (Saha et al., 2003). Les applications sont alors disponibles « partout, tout le temps », pour supporter les activités des utilisateurs.

On retrouve également cette forme d' « attentivité », dans la vision de l' « Intelligence Ambiante » (Denning, 2002, p.235) développée par Philips. Sous l'impulsion des projets « Vision of the Future » et « Casa Prossima Futura » menés par le département design du groupe, un vaste programme est initié en 1998 par le comité de direction pour envisager le futur de l'habitat. Il vise à créer des environnements capables de reconnaître les individus et d'anticiper leurs besoins ou attentes de manière « transparente », « discrète » et souvent « *invisible* ». Très proche de l'UbiComp, l'Intelligence Ambiante met cependant l'accent sur l'intégration des technologies, et en particulier celles permettant de développer de nouvelles modalités d'interaction plus « conviviales », dans les produits et l'environnement du quotidien. Elle revêt donc un caractère plus « tangible » que l'Informatique Pervasive, en encourageant l'exploration de nouveaux types de matériaux et de dispositifs d'affichage ou d'éclairage. Adoptée en 2000 par l' « Information Society and Technology Advisory Group » (ISTAG) de la communauté Européenne (Ducatel et al., 2001), elle fait l'objet d'une partie du programme de recherche européen FP6[16] et de plusieurs ouvrages (Marzano, 2003; Weber et al., 2005). Pour les chercheurs, l'intelligence ambiante permet d'introduire des concepts issus de l'intelligence artificielle. Ils travaillent notamment à l'élaboration d'agents capables d'assister l'utilisateur dans ses activités ou de prendre des décisions à sa place, pour son confort ou son bien-être.

2.3. L'informatique portative et les interfaces tangibles

Bien que la vision de l'UbiComp suggère l'intégration des technologies dans l'environnement, des chercheurs du MIT aux Etats-Unis, tels que Starner (Starner, 1996) et Mann (Mann, 1997), proposent de les faire converger vers l'utilisateur. Leur vision d'une « Informatique Portative » s'articule ainsi autour de la création d'ordinateurs suffisamment « discrets » pour être intégrés à des vêtements ou des accessoires. Considérés comme une « extension naturelle » du corps, ces équipements spécialisés permettent selon eux des interactions « continues » et « sans effort » pour l'utilisateur.

---

[15] La collaboration entre IBM Zurich et Swiss Air en 1999, considérée comme le premier déploiement commercial d'un système pervasif, amène par exemple les passagers de la compagnie aérienne de s'enregistrer grâce à un service accessible via des téléphones mobiles. Ces derniers peuvent également accéder aux informations relatives à leur billet (horaires, place, porte d'embarquement, etc.).

[16] Pour « Sixth Framework Programme ». Se référer au site du service communautaire d'information sur la recherche et le développement pour plus de détails: http://cordis.europa.eu/.

Les dispositifs d'affichage dits « tête haute », prototypés par Mann (Mann, 1997) et intégrés à des casques ou de lunettes, sont donc par conséquent sans cesse « actifs ». Ils contribuent, à l'instar des systèmes de « réalité augmentée » (Feiner et al., 1997; Milgram et al., 1994) à enrichir la perception de ceux qui les portent en superposant une couche d'information au réel. Si les premières lunettes informatives ont été développées dans le contexte militaire et la maintenance industrielle, elles sont susceptibles de devenir, sous l'impulsion du projet « Glass » de Google[17], des outils du quotidien au même titre que les téléphones mobiles. D'autres dispositifs, permettant, quant à eux, des modalités d'entrée, sont également développés par les chercheurs. Le projet « Twiddler » de Lyons et al. (Lyons et al., 2004), et « SixthSense » de Mistry et al. (Mistry, Maes, et al., 2009b; Mistry et Maes, 2009a) permettent respectivement la saisie de texte grâce à un nouveau type de clavier et des interactions gestuelles.

Un autre courant inspiré de la vision de l'UbiComp se développe également dans les laboratoires du MIT aux Etats-Unis. Les concepts d'interfaces utilisateur « saisissables » de Fitzmaurice et al. (Fitzmaurice et al., 1995), puis « tangibles » d'Ishii (Ishii, 2008) et d'Ullmer (Ullmer et al., 2000), conduisent ainsi à la création d'objets physiques, d'instruments, de surfaces ou d'environnements permettant de nouvelles modalités d'interactions avec l'information. A l'instar du boulier chinois, qui permet à la fois la représentation des valeurs numériques et la manipulation des artéfacts qui les matérialisent, les interfaces qu'ils envisagent permettent de donner une forme physique à des informations numériques habituellement communiquées au travers d'interfaces utilisateurs graphiques[18]. A l'inverse de ces dernières, les interfaces tangibles « intègrent » ou « couplent » donc l'information avec des représentations physiques permettant des « manipulations directes »[19]. Ishii et Ullmer (Ishii, 2008) font ainsi l'analogie entre les éléments des interfaces graphiques, tels que la fenêtre, l'icône, le menu, la poignée ou le « widget »[20] , avec des représentations iconiques ou symboliques en trois dimensions, qu'ils nomment « lentille », « phycône »[21], « plateau », « poignée » et « instrument ». D'autres taxonomies, telles que celles de Holmquist et al. (Holmquist et al.,

[17] http://www.google.com/glass

[18] Les interfaces utilisateurs graphiques amènent une distinction des modalités ou des périphériques d'entrée permettant le *contrôle*, comme le clavier ou la souris, des modalités ou des périphériques de sortie facilitant la *représentation*, tels que les écrans ou les visiocasques.

[19] Ullmer (Ullmer, 2002) considère que le principe de « manipulation directe » de Shneiderman (Shneiderman, 1993) peut être appliqué aux interfaces tangibles dans la mesure où elles permettent « une représentation continue de l'objet d'intérêt », des « actions physiques ou des boutons légendés plutôt qu'une syntaxe complexe » et des « opérations rapides et incrémentales sur un objet ».

[20] Contraction des mots anglais *windows* et *gadget*, le terme désigne les éléments visuels d'une interface graphique permettant d'interagir avec une information ou une fonction.

[21] Ou « icônes physiques ».

1999), sont présentées par Shaer et Hornecker (Shaer et al., 2009) dans un article retraçant le développement des interfaces tangibles.

Selon Ullmer et al. (Ullmer et al., 2005), trois approches majeures ont été explorées par les chercheurs. Nous les présentons succinctement au travers d'exemples. Le projet d'« Urp » (Underkoffler et al., 1999) utilise ainsi une « surface interactive » pour projeter des informations telles que les ombres ou la circulation des vents sur des maquettes de bâtiments. Le projet « Block Jam » (Newton-Dunn et al., 2003), permet quant à lui d'« assembler » des modules, dans un ordre ou une orientation particulière, pour construire un morceau musical. Le répondeur téléphonique « Marble[22] », réalisé par Durrell Bishop lors de ses études au « Royal College of Art » en Angleterre, est enfin basé sur un système de « jetons » manipulés dans des espaces contraints. Dans ce concept de produit, les messages vocaux laissés par les correspondants sont matérialisés par des billes roulant le long d'une glissière. L'utilisateur peut alors les « saisir » une à une et les déposer sur une zone déclenchant la lecture audio. Si peu de produits intégrant des interfaces tangibles sont disponibles sur le marché, le développement des technologies « reacTIVision » et du protocole « TUIO »[23] ont permis la démocratisation de nombreuses tables interactives et la création d'applications musicales, de travail collaboratif ou de visualisation de l'information.

2.4. L'Internet des Objets et le Web des Objets

Dans l'ouvrage « When things start to think » (Gershenfeld, 2000), dont le nom fait écho à un consortium lancé en 1995 par le MIT, Neil Gershenfeld envisage un futur où les « choses » du monde physique communiquent de manière invisible les unes avec les autres. Sa vision de l'« Internet des Objets », qu'il évoque également comme l' « Internet_0 » (Gershenfeld et al., 2004), vise ainsi à permettre aux produits ou objets du quotidien de s'interopérer avec la pléthore de systèmes utilisant Internet. Reprise dans les programmes de recherche européens (Sundmaeker et al., 2010) et chinois (Ning et al., 2010), elle provoque la rencontre de chercheurs issus de nombreux domaines tels que les infrastructures réseaux, les techniques d'identification, la sémantique ou la création de systèmes embarqués. Si les définitions de l'Internet des Objets englobent souvent tous ces aspects[24] deux d'entre eux nous paraissent

[22] Une vidéo illustrant le produit est disponible à cette adresse : http://vimeo.com/19930744.

[23] Les nombreux composants logiciels ont été développés sous l'impulsion du projet de recherche « Reactable » (Jordà et al., 2007). Plus d'informations : http://reactivision.sourceforge.net/ et http://www.tuio.org/.

[24] Le site Postscapes dresse une liste exhaustive des définitions employées par les chercheurs et les institutions : http://postscapes.com/internet-of-things-definition.

fondamentaux: l'intégration des technologies de communication et de captation dans les produits et l'extension d'Internet, et plus particulièrement du Web, à ces derniers.

Les programmes « T-Engines » (Krikke, 2005), initiés à l'Université de Tokyo au Japon, et « Smart-Its » (Holmquist et al., 2001), nés de la collaboration de nombreuses universités européennes[25], ont ainsi permis de développer des plateformes matérielles et logicielles favorisant la conception de produits « connectés » ou « augmentés ». Ils permettent notamment la mise en place d'interactions dites « machine à machine », qui peuvent être employées pour faciliter la télétransmission de données issues de capteurs et l'automatisation de systèmes complexes (Chaouchi, 2013). Les travaux menés par le laboratoire Auto-ID du MIT autour des technologies RFID[26] ont, quant à eux, permis le développement d'un système d'identification électronique des objets (Brock, 2001; Sarma et al., 2001), destiné à remplacer les codes à barres traditionnellement utilisés dans la chaîne d'approvisionnement. Want et al. (Want et al., 1999) sont les premiers à évoquer l'opportunité d'utiliser ce type d'étiquettes électroniques pour « combler le fossé entre les mondes physiques et virtuels ». Ils mettent notamment en évidence l'intérêt d'« augmenter » des documents (livres, feuilles, cartes de visite) par une version numérique, ou de les « relier » à des informations et des services complémentaires (avis d'utilisateurs, outils de traduction, etc.).

Kinderberg et al. ont joué un rôle important dans la notion de « présence » des artéfacts physiques sur le Web. Le projet « Cooltown » (Barton et al., 2001), mené dans les laboratoires HP, illustre ainsi la possibilité de créer une page Web dédiée aux objets et produits d'un lieu donné. De nouveaux « services » sont alors développés pour permettre à l'utilisateur de visualiser et de contrôler, par le biais du navigateur Web d'un terminal mobile[27], les fonctions des produits auxquels ils sont confrontés. Newman et al. (Newman et al., 2002) poursuivent cette approche en créant une application générique permettant de « naviguer » (*browse*) d'un produit à un autre et de les interconnecter pour permettre de nouveaux comportements.

En traitant les artéfacts physiques comme des ressources du Web, accessibles grâce aux mécanismes standards d'adressage et de requête, les chercheurs s'appuient donc sur une infrastructure existante pour créer un « Web des objets »[28]. Ils empruntent ainsi les modèles de

---

[25] L'Université technique de Karlsruhe en Allemagne, l'Ecole Polytechnique Fédérale (ETH) de Zurich en Suisse, l'Université de Lancaster en Angleterre, l'Institut Victoria en Suède, l'Institut d'Interaction en Suède et le Centre de Recherche Technique de Finlande (VTT).

[26] Pour « radio frequency identification ». Ce sigle désigne les méthodes de radio-identification permettant de mémoriser et récupérer des données à distance.

[27] L'adresse URL permettant d'accéder à la page du produit est souvent encodée dans un marqueur visuel ou électronique, détecté et reconnu par le terminal de l'utilisateur.

[28] Le terme a pour la première fois été utilisé à Sun Microsystems par Traversat et al. (Traversat et al., 2003).

développement de services prédominant, tels que REST[29] (Wilde, 2007; Stirbu, 2008) pour permettre aux produits « connectés » de s'intégrer au Web. Cette vision de l'Internet des Objets permet ainsi le développement rapide de réseaux de capteurs (Grosky et al., 2007) et la création de « mashups »[30] (Guinard, Trifa, et al., 2009b; Guinard et Trifa, 2009a) entre des produits et des services Web. Boussard et al. (Boussard et al., 2011; Boussard et al., 2010) ont également joué un rôle important dans la création d'une architecture logicielle orientée service, permettant d'augmenter les fonctions des produits par des applications[31].

3. DE NOMBREUX VERROUS TECHNOLOGIQUES, METHODOLOGIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES A LEVER

De nombreux articles, tels ceux de Meyer et Rakotonirainy (S. Meyer et al., 2003), Cook et Das (Cook et al., 2007) ou Friedwald et al. (Friedewald et al., 2005), et ouvrages, tels ceux dirigés par Krumm (Krumm, 2009) ou Poslad (Poslad et al., 2009), présentent les enjeux que suscitent la vision de Weiser. Ils permettent de retracer la manière dont les travaux de recherche ont été menés et d'identifier les verrous que les chercheurs cherchent encore à lever. Si la plupart des problématiques évoquées concernent les développements matériels et logiciels nécessaires à la création de systèmes distribués, d'autres se rapportent aux interactions homme-machine ou à l'adoption des technologies. Si pour Weiser (Weiser, 1993), les applications constituent le cœur de l'UbiComp, les enjeux sociétaux, méthodologique ou économique que suscite leur conception sont rarement évoqués. Pour Greenfield (Greenfield, 2007), la littérature scientifique est en effet très « descriptive ». Les chercheurs se contentent selon lui de détailler le fonctionnement des systèmes qu'ils développent, sans formuler de « critique, recommandation ou opinion sur ce qui devrait se produire » (p.231). Nous proposons dans cette section de revenir sur quatre « débats » ayant marqué la communauté de chercheurs en UbiComp : l'intégration des technologies dans l'habitat, leur évaluation, leur conséquences socio-économiques et leur appropriation par les utilisateurs.

3.1. Intégrer les technologies de l'UbiComp dans l'habitat

Pour Abowd et Mynatt (Abowd et al., 2000), la recherche en UbiComp s'est structurée au travers de trois thèmes récurrents: les interfaces dites « naturelles », aux modalités d'entrée et de sorties nouvelles, les applications tirant parti du contexte, dont le comportement peut évoluer

[29] Pour *Representational State Transfer*.

[30] Dans le développement Web, ce terme désigne la création d'une application combinant des données issues de différents services Web et s'appuyant sur des interfaces de programmation.

[31] Nous revenons de manière plus précise sur cette architecture dans le Chapitre 4.

pour s'adapter aux situations, et la capture automatisée des « expériences de vie », accessibles à posteriori. Dans un article discutant de la manière dont les chercheurs ont jusqu'à alors conduit leurs travaux, ils démontrent que ces derniers sont constamment confrontés à un enjeu de « mise à l'échelle ». La distribution des technologies dépend en effet des contraintes de l'espace physique, l'acceptation des applications de leur adéquation aux besoins des utilisateurs et les modalités d'interactions du temps dont ces derniers disposent. Pour Abowd et Mynatt, les systèmes ne doivent pas seulement supporter des activités liées à la sphère professionnelle, comme les chercheurs l'envisagent souvent, mais couvrir toutes les activités du quotidien. Par le terme d' « informatique de tous les jours », ils invitent ainsi ces derniers à investir l'habitat.

Sous l'impulsion de cette nouvelle direction, Edwards et Grinter (Edwards et al., 2001) identifient plusieurs enjeux pour la conception de l'habitat intelligent. Ils se rapportent principalement à des questions techniques, telles que l'interopérabilité, la gestion et la fiabilité des systèmes, mais reflètent également des préoccupations sociales et les enjeux pour le design. Pour Edwards et Grinter, la transition vers l'habitat intelligent ne sera pas immédiate, mais « accidentelle »[32] : elle se produira à mesure de l'intégration graduelle des technologies, au travers de plusieurs « mises à niveau ».

Pour Bill Gaver, le mouvement des technologies du lieu de travail vers le lieu de vie est « dangereux », dans la mesure où des valeurs telles que l'efficacité et la productivité risquent de devenir « proéminentes » (Gaver, 2001). Pour créer des systèmes en phase avec ce nouveau milieu, Edwards et Grinter soulignent ainsi l'importance d'étudier les « routines subtiles, complexes et mal articulées » de la vie quotidienne afin d' « ancrer » la recherche dans une « réalité » permettant de « minimiser, ou au moins prédire » les effets des technologies employées. D'autres chercheurs, tels que Crabtree et al. (Crabtree et al., 2003; Crabtree et al., 2004) ou Rodden et Benford (Rodden et al., 2003), recommandent également d'étudier le rôle potentiel des technologies au regard des activités menées par les utilisateurs. C'est en cherchant à comprendre les caractéristiques de la sphère domestique qu'il sera possible de travailler au design de cette « intelligence » qui modifiera progressivement l'expérience de l'habitat.

3.2. Une complexité qui contraint les techniques d'évaluation

Plusieurs chercheurs, tels que Convolvo (Consolvo et al., 2002), Scholtz (Scholtz et al., 2004) ou Carter et Mankoff (Carter et al., 2004) témoignent de leurs difficultés pour évaluer les applications s'appuyant sur des systèmes ubiquitaires. Ils postulent que les techniques utilisées dans l'informatique « traditionnelle » sont difficilement applicables à leurs travaux. A l'inverse

[32] Par opposition à une approche holistique, visant à intégrer les technologies au moment de la construction de l'habitat.

des applications dites de « bureau », matérialisées par le biais d'interfaces graphiques, celles de l'Ubicomp dépassent le cadre de l'écran d'ordinateur et développent de nouvelles modalités d'interaction. Scholtz et Consolvo (Scholtz et al., 2004) établissent ainsi 24 nouvelles métriques regroupées sous sept catégories : l'attention, l'adoption, la confiance, l'interaction, l'invisibilité et l'impact. Elles visent à garantir l'utilité et l'utilisabilité des nouvelles applications, mais également à faciliter le partage des résultats des évaluations dans la communauté scientifique. Pour Carter et Mankoff (Carter et al., 2004), il est cependant difficile d'appliquer l'intégralité de ces critères, dont la pertinence dépend des situations « couvertes » par les applications. En étudiant les techniques d'évaluation pouvant être employées lors des phases préliminaires de la conception, et ainsi favoriser des processus itératifs, ils identifient quatre enjeux majeurs rencontrés par les chercheurs.

Carter et Mankoff (Carter et al., 2004) mettent d'abord en évidence la question de l'« échelle » des systèmes. La complexité de ces derniers, et les efforts nécessaires pour les déployer et les maintenir, conduit en effet souvent les chercheurs à limiter le nombre d'utilisateurs participant à l'évaluation. Les nombreuses erreurs ou problèmes techniques causés par les systèmes de captation sous-jacents aux applications compliquent également la mesure de l'utilisabilité. La « discrétion » des systèmes, c'est-à-dire leur capacité à s'intégrer dans la vie des utilisateurs, dont ils ne mobilisent que la périphérie de l'attention, ne peut enfin être correctement évaluée dans un contexte contrôlé. Ce sont pourtant dans leurs laboratoires que les chercheurs sont contraints de conduire leur expérimentation. Face aux obstacles soulevés par le déploiement des technologies dans des environnements réels, ces derniers tendent ainsi à créer de nouveaux lieux d'expérimentation simulant ceux de la vie quotidienne.

Les « laboratoires vivants »[33] permettent ainsi d'immerger les utilisateurs dans des contextes réalistes, pendant des périodes plus longues. Construites afin de supporter le travail des chercheurs, les maisons « « Aware Home » (Kidd et al., 1999)de Georgia Tech, le « PlaceLab » (Intille et al., 2005) du MIT ou le « HomeLab » (Ruyer, 2003) de Philips, intègrent les technologies soumises à évaluation, mais aussi des capteurs permettant d'observer la manière dont ils sont utilisés par les « habitants ». Pour Kidd et al. (Kidd et al., 1999), ces environnements de tests sont cruciaux pour comprendre la valeur ajoutée des technologies pour les utilisateurs. Ils permettent de vérifier si les applications imaginées par les chercheurs supportent réellement les activités du quotidien. Pour Intille (Intille et al., 2005; Intille et al., 2006), c'est par l'étude des comportements humains que les chercheurs pourront vérifier si les technologies contribuent au développement de nouveaux usages.

Malgré l'effort et le temps important qu'elles nécessitent, les études « in situ », réalisées pendant plusieurs semaines ou mois dans la « nature », permettent selon Rogers (Rogers et al.,

[33] En anglais, *living labs*.

2007) une meilleure compréhension de l'appropriation des technologies par les utilisateurs que les évaluations en laboratoire. L'étude qu'elle a réalisée avec des étudiants dans le cadre du projet « Lilly ARBOR » a, selon elle, permis d'observer des comportements que des experts n'auraient jamais pu prévoir. Les méthodes ethnographiques favorisent ainsi l'identification de problèmes nouveaux, qui permettent souvent d'améliorer le design de l'expérience utilisateur.

3.3. De nombreuses considérations socio-économiques à prendre en compte

Les situations de la vie quotidienne représentent un défi pour le concepteur dans la mesure où une grande partie de ce qui les compose est tacite. Il est en effet particulièrement difficile de décrire la multiplicité des activités des utilisateurs, dont la durée, la fréquence et le rythme évoluent au cours du temps. Si de plus en plus de projets de recherche intègrent des évaluations ethnographiques de l'utilisation des technologies, telles que l'automatisation de l'habitat (Davidoff et al., 2006; Takayama et al., 2012), Galloway (Galloway, 2004) considère que les aspects « non-techniques » ne sont pas assez explorés et représentés dans le processus de conception. Elle recommande ainsi les chercheurs à étudier l'UbiComp selon les perspectives sociale, spatiale et temporelle qui structurent les théories issues des sciences humaines. Araya (Araya, 1995) est sans doute le premier à violemment critiquer la « pensée technique » qui oriente les développements des technologies de l'UbiComp. En analysant les hypothèses et les arguments sous-jacents aux travaux des chercheurs, il dénonce leurs effets potentiels sur la relation philosophique entre l'homme et le monde, bouleversée par des représentations numériques de « substitution ». Il craint notamment la transformation des produits qui nous entourent en « objets de surveillance ».

Les technologies de l'UbiComp peuvent en effet mener à la création d'un réseau de surveillance invisible, couvrant de manière sans précédent la vie privée et publique des utilisateurs. Elles suscitent donc de nouvelles questions éthiques, qui nécessitent d'identifier les « frontières personnelles » à ne pas franchir (Marx, 1998). Langheinrich (Langheinrich, 2001) et Lederer (Lederer et al., 2004) développent ainsi des principes pour le développement de systèmes « respectueux » de la vie privée. Pour Bohn et al. (Bohn et al., 2004), la gestion des données personnelles n'est qu'un des nombreux aspects à prendre en compte pour garantir l'acception sociale des technologies par les utilisateurs. Les concepteurs doivent selon eux s'assurer de la fiabilité, l'accessibilité et la transparence des systèmes. S'ils reconnaissent qu'il sera difficile d' « échapper » à une certaine forme de dépendance technologique, ils mettent en garde ces derniers sur les conséquences des systèmes sur l'économie.

Bohn et al. (Bohn et al., 2004) discutent ainsi des nouveaux modèles de rentabilité tirant parti des capacités de captation ou d' « introspection » des technologies. Ils prédisent notamment le développement du « commerce silencieux », par lequel les produits du quotidien opèrent des transactions automatiques, du « paiement à l'acte », qui bouleverse la notion de

propriété, et de la « tarification basée sur le risque », similaire à celles des compagnies d'assurance. Si ces modèles présentent des avantages[34], ils provoquent cependant une accélération et une autonomisation de l'économie, jugées dangereuses[35]. Pour Lucky (Lucky, 1999), ils reflètent l'incapacité des concepteurs à donner du sens aux nouvelles interconnexions des produits, ou, selon l'expression de Thackara (Thackara, 2001), l' « autisme industriel » qui caractérise nos sociétés.

3.4. Vers une prise en compte des besoins des utilisateurs

Malgré les efforts des chercheurs pour ancrer leurs travaux dans des contextes d'utilisation réels, les technologies qu'ils développent apparaissent étonnamment complexes au regard de la valeur ajoutée qu'ils apportent. L'UbiComp est souvent présentée comme une opportunité technique, et rarement comme la réponse à des besoins. Pour Greenfield (Greenfield, 2007), les « histoires sophistiquées » racontées par les chercheurs, parfois à la limite du « cliché »[36], sont en rupture avec les attentes des « vrais » utilisateurs (p.192). Pour Rogers (Rogers, 2006), les chercheurs poursuivent ainsi une vision trop ambitieuse, entravée par des problèmes techniques et éthiques qui ne peuvent être résolus. Elle remet en cause le caractère proactif des systèmes, souvent conçus pour se substituer aux utilisateurs alors qu'ils devraient renforcer les actions de ces derniers. Il faut selon elle les « engager » de manière plus active dans leurs activités, leur permettre de faire ce qu'ils ont envie.

Pour Greenfield et Rogers, la vision de la maison intelligente que développent les chercheurs est trop éloignée des préoccupations pragmatiques des utilisateurs. C'est en aidant ces derniers à réaliser « la » ou l' « une » de leurs tâches qu'ils porteront un intérêt aux technologies (Greenfield, 2007, p.192). Plutôt que créer de larges systèmes intégrés dans l'environnement, Rogers propose ainsi de déployer des « ensembles » ou des « écologies » de produits répondant à des besoins spécifiques dans des lieux donnés. Ces derniers doivent selon elle permettre une utilisation « constructive » et « créative », permettant aux individus de « prendre le contrôle sur leurs interactions avec le monde » (Rogers, 2006). Elle invite donc les

---

[34] Parmi les « promesses » des concepteurs, on évoque souvent l'opportunité d'optimiser les processus de fabrication et de distribution, de faciliter l'accès aux produits en baissant leur coût, d'allonger leur durée de vie en facilitant leur maintenance ou encore de réduire leurs dépenses énergétiques.

[35] Le projet de recherche « AddictedProducts », mené à l'université technologique de Delft aux Pays-Bas, illustre de manière décalée les comportements « égoïstes » que pourraient développer les produits du quotidien tels que le grille-pain. Il est présenté à l'adresse suivante : http://www.addictedproducts.com/.

[36] Becker (Becker, 2005) dénonce avec humour la « trame » récurrente utilisée par les chercheurs pour élaborer des scénarios d'usage. Celle-ci décrit systématiquement l'arrivée d'un utilisateur dans un lieu capable de le reconnaître et de réaliser une opération à partir de ses préférences.

chercheurs, designers, mais aussi les utilisateurs, à participer à la création d'un nouveau type d'expérience utilisateur.

L'émergence de nouvelles plateformes de développement électronique, telles que Arduino (Mellis et al., 2007) ou Gadgeteer (Hodges et al., 2013), a joué un rôle important dans la démocratisation de nouvelles approches de recherche centrée sur l'utilisateur. Ces plateformes permettent en effet aux chercheurs de rapidement co-concevoir et co-créer des prototypes de produits avec des utilisateurs « pilotes »[37]. Pour Hrikernik et al. (Hribernik et al., 2011), l'intervention de ces derniers dans les phases préliminaires du processus de recherche permet non seulement d'identifier les idées ou concepts les plus prometteurs, mais également de les concrétiser. La possibilité d'expérimenter les systèmes renforce selon eux la motivation et la créativité des participants.

Une approche similaire conduit des chercheurs tels que Michahelles (Michahelles, 2009), Kawsar (Kawsar, 2009) ou Kortuem (Kortuem et al. 2010a) à « donner le pouvoir » aux utilisateurs et à développer les principes du « fais le toi-même »[38]. Elle s'appuie sur les travaux de Von Hippel et Katz (Hippel et al., 2002), pour qui il est possible de « transférer » une partie de l'activité de conception à ces derniers. L'enjeu consiste alors à fournir des « boîtes à outils » permettant aux utilisateurs de créer par eux-mêmes des solutions adaptées à leurs problèmes. Les travaux menés par Trappeniers et Roelands (Trappeniers et al., 2009; Roelands et al., 2010) invitent ainsi à « instrumenter » l'environnement avec des capteurs pour ensuite créer les applications tirant parti des informations collectées. Le développement logiciel est alors réalisé par les utilisateurs, qui revêtent alors un rôle crucial dans la démocratisation et la diversification des technologies.

4. L'INFORMATIQUE UBIQUITAIRE: ENTRE IMAGINAIRE ET REALITE

L'UbiComp peut être envisagée comme une « utopie technologique »[39], décrivant les usages virtuels ou potentiels des possibilités ouvertes par de nouveaux développements techniques. La vision décrite par Weiser suscite en effet un nouvel imaginaire, souvent repris et entretenu par les chercheurs. Pour Pierre Musso, cet imaginaire résulte d'une « fiction associée à, ou accompagnatrice de, la technique (qui l'éclaire et la complète) » (Musso, 2009). Plusieurs récits ou « mythes », tels ceux définis par Moles (Moles, 1990), construisent et constituent ainsi l'imaginaire de l'UbiComp. Ce dernier fait ainsi évidemment appel au mythe de l' « ubiquité »,

[37] Ou « lead users », selon Von Hippel (Hippel, 1986). Le terme désigne les utilisateurs capables d'exprimer avant les autres des besoins pour lesquels il n'existe pas encore de solution.

[38] En anglais, *do-it-yourself*.

[39] Selon le terme de Raymond Ruyer (Ruyer, 1950).

mais également à celui du « Golem », de « l'usine sans ouvriers et de la société de loisirs », ou encore de « Babel »[40]. A l'inverse d'autres imaginaires techniques, celui de l'UbiComp n'a pas évolué depuis les années 1990 : il s'articule du même discours et des mêmes promesses. Si ces dernières ont suscité l'enthousiasme des chercheurs, elles sont aujourd'hui vivement critiquées. Plusieurs d'entre eux regrettent la stabilité inhabituelle de l'imaginaire de l'UbiComp, qui aurait dû évoluer à mesure que les technologies de l'information et de la communication se sont intégrées et développées dans la société. Dans cette section, nous discutons des récents débats qui animent la communauté de chercheur et qui amènent certains d'entre eux à réfuter certains aspects de l'imaginaire de l'UbiComp et à le ré-ajuster.

4.1. Un imaginaire perpétué par les chercheurs

Certains chercheurs comme Geneviève Bell, Paul Dourish (Dourish et al., 2011) ou Gregory Abowd (Abowd, 2012) considèrent que les technologies de l'UbiComp se sont insérées dans la société sans que leurs collègues concepteurs ne s'en soient rendus compte, ou n'acceptent de reconnaître qu'elles aient pris une forme différente de celle qu'ils imaginaient. Ils défendent ainsi l'idée que la vision de Weiser s'est « réalisée ». Bien que les ressources informatiques et communicationnelles disponibles au quotidien ne soient pas aussi « omniprésentes » que les chercheurs ne l'avait envisagé, elles se révèlent en effet extrêmement « denses ». Le réseau de téléphonie mobile actuel, à la couverture très large, offre aujourd'hui un accès quasi-continu à Internet. Plusieurs modèles d'appareils connectés, aux dimensions variables, permettent ainsi d'accéder à la pléthore de services, souvent gratuits, qui se sont développés sur le Web. Si les téléphones portables et les tablettes que nous connaissons ne revêtent pas le caractère impersonnel décrit par Weiser, ils se sont largement démocratisés. Pour Bell, Dourish et Abdowd, les prédictions de Weiser se sont donc pour la plupart révélées exactes, et de nombreux aspects de la vision originale de l'UbiComp sont à présent des « lieux communs » que l'on ne « remarque plus » (Dourish et al., 2011, p.21).

Malgré l'ubiquité des technologies actuelles, les chercheurs continuent pourtant d'évoquer la vision originale de Weiser, comme si le futur qu'elle dépeint était resté hors d'atteinte. Dourish et Bell (Dourish et al., 2011, p.22) démontrent notamment l'importance que l'imaginaire de l'UbiComp occupe encore aujourd'hui dans la littérature scientifique[41]. Ils s'étonnent de la manière dont les chercheurs évoquent toujours l' « émergence » de nouvelles

[40] Ces mythes consistent respectivement à être partout à la fois, à créer des êtres artificiels tels que les agents intelligents, à libérer l'homme de l'activité de production par la prolifération des machines ou à créer des bibliothèques universelles et facilement accessibles.

[41] Sur les 108 articles publiés entre 2001 et 2008 dans la conférence annuelle « *Ubiquitous Computing* », 40% d'entre eux citent un des articles de Weiser.

technologies et l' « entrée » dans une nouvelle « période » ou « ère ». Ils défendent ainsi l'idée que le cadre établi par les chercheurs pour développer leurs travaux n'est jamais ancré dans le présent. Le « futur proche » décrit par les chercheurs les conduit ainsi à se tourner vers un avenir qui n'est jamais le nôtre, mais celui de 1989[42].

Cette posture rend par conséquent la pratique contemporaine « hors de propos, ou déjà dépassée » (Dourish et al., 2011, p.22). Elle place sans cesse sa réussite « hors d'atteinte » et « aveugle » les chercheurs. Ces derniers peuvent ainsi se « décharger des responsabilités du présent ». Les questions liées à l'implémentation, l'ergonomie, la régulation ou l'adoption des systèmes sont éludées, comme si elles étaient vouées à être réglées par les prochaines générations. Pour Gene Becker[43] (Becker, 2005), les problèmes suscités par l'UbiComp sont « trop difficiles » pour être traités en seulement dix ans. Il ne faudra selon lui pas moins d'une centaine d'années pour satisfaire les attentes que se sont eux-mêmes fixés les chercheurs. S'il ne remet pas en cause le bien fondé de l'imaginaire de l'UbiComp, d'autres chercheurs énoncent de vives critiques à son encontre.

4.2. Une vision jugée trompeuse

Dourish et Bell considèrent que la vision d'un monde interconnecté, telle qu'elle est souvent relayée par les chercheurs, est « au mieux trompeuse, au pire dangereuse ». L'idée que l'intégration de l'ordinateur dans l'environnement devienne « imperceptible » aux yeux des utilisateurs a en effet longtemps fait débat. En utilisant le terme de « sans couture »[44], Weiser suggère dans son article que la pléthore de produits hétérogènes et distribués forme de manière collective un outil « littéralement visible, effectivement invisible » (Weiser, 1991). Cette phrase a ainsi conduit de nombreux chercheurs à considérer l'invisibilité comme une condition nécessaire à l'UbiComp (Chalmers et al., 2003). En cherchant à tout à prix à gommer les coutures, c'est-à-dire les « connexions, interstices, superpositions et décalages » résultant de l'intégration des systèmes (Rudström et al., 2005), ils risquent ainsi de « tout concevoir de la même manière ».

Pour Chalmers et McColl (Chalmers et al., 2003), la réduction des systèmes au « plus petit dénominateur commun » revient alors à sacrifier la richesse de chaque produit pour obtenir une compatibilité jugée « fade ». Pour Greenfield, les tentatives des chercheurs pour fournir à l'utilisateur une expérience uniforme et continue sont « malhonnêtes » (Greenfield, 2007,

[42] Ils désignent ce futur paradoxal comme les « lendemains d'hier » (Bell et al., 2007).

[43] Spécialiste de l'Internet des Objets et ancien chercheur à HP, où il a travaillé sur le projet CoolTown.

[44] En anglais, *seamless*.

p.138). L'hétérogénéité des systèmes et leurs limitations techniques[45] conduisent selon lui inévitablement le concepteur à « déguiser la réalité ». En faisant le choix du « sans couture », c'est-à-dire en « combattant » les incertitudes ou ambiguïtés causées par la complexité du système, les concepteurs adoptent donc une conduite « paternaliste » (p.138). L'utilisateur ne peut en effet en aucune manière participer aux décisions qui affectent l'expérience qu'il vit.

Conscient de l'amalgame suscité par l'emploi du terme « sans-couture », qu'il considère « trompeur » et « erroné », Weiser recommande plutôt aux chercheurs de créer des systèmes aux nombreuses coutures[46], en veillant à ce que celles qu'ils présentent soient « belles ». Chalmers et McColl défendent également l'idée qu'il faut laisser les systèmes de l'UbiComp être « eux-mêmes » (Chalmers et al., 2003). Il est nécessaire d'« accepter toutes leurs caractéristiques physiques et numériques, qu'elles puissent être considérées comme des forces ou des faiblesses » (Chalmers et al., 2003). Plutôt que d'adopter une attitude « pessimiste » ou « optimiste », conduisant respectivement à filtrer toutes les informations erronées, ou au contraire à les présenter comme exactes à l'utilisateur, ils recommandent d' « exposer la complexité et l'incertitude ». Il incombe alors aux utilisateurs de choisir *comment* utiliser les informations, même inexactes, qui lui sont communiquées, et de composer avec le désordre technologique actuel.

4.3. La nécessité de composer avec les infrastructures existantes

Pour Dourish et Bell (Dourish et al., 2011, p.26), les nombreuses « coutures » résultant de l'assemblage de technologies hétérogènes ne peuvent être évitées. Le « nid de câbles caché dans les faux plafonds ou derrière la porte des placards » et le « méli-mélo de programmes qui conspirent de manière précaire pour produire des résultats » illustrent selon eux le « désordre » qui caractérise le paysage technologique actuel (Bell et al., 2007). Les infrastructures réseaux qui ont permis le développement d'Internet sont en effet aujourd'hui loin d'être invisibles et parfaitement intégrées. Leurs dysfonctionnements réguliers nous rappellent qu'elles sont constamment « exposées » aux utilisateurs. Bell et Dourish s'appuient sur les travaux de Star (Star, 1999; Star, 2002) pour défendre l'idée que les infrastructures « silencieuses » ou « stables » n'existent tout simplement pas. Elles nécessitent selon eux une maintenance continue et établissent des relations avec les utilisateurs qui sont sans cesse « négociées ».

---

[45] Des erreurs apparaissent souvent dans la mesure et l'échantillonnage des données générés par des capteurs des systèmes comme le GPS.

[46] En anglais, *seamful*.

Les infrastructures logicielles[47] sur lesquelles les concepteurs d'applications s'appuient ont par conséquent un impact important sur l'expérience utilisateur délivrée. Selon Edwards et al. (Edwards et al., 2010), elles sont susceptibles de limiter les possibilités ou générer des contraintes inattendues, d'orienter les modèles conceptuels[48] permettant le développement des interfaces, et ou de contraindre l'utilisateur à interagir directement avec certains paramètres techniques. Pour illustrer ces différents problèmes, Edwards et al. analysent les conséquences de l'infrastructure « UPnP[49] », des listes de contrôle d'accès et des réseaux sans-fil Wi-Fi sur l'expérience utilisateur. Ils soulignent ainsi les incompatibilités entre les périphériques intégrant des versions différentes d'UPnP, le manque de flexibilité des interfaces permettant la gestion d'utilisateurs et de leurs droits d'accès ainsi que les configurations nécessaires au paramétrage des routeurs.

Face aux problèmes que posent les infrastructures existantes, les concepteurs peuvent adopter plusieurs approches dites de « surface », d' « interface », « intermédiaires » ou « profondes » (Edwards et al., 2010). La plus courante les amène à développer des applications dont les interfaces utilisateurs masquent les éventuelles restrictions ou contraintes de l'infrastructure. Ces dernières peuvent à l'inverse être rendues visibles, comme le suggère Chalmers et McColl (Chalmers et al., 2003), afin de favoriser l'intelligibilité et l'appropriation des applications. De nouvelles « couches » techniques intermédiaires sont également susceptibles d'être ajoutées à l'infrastructure afin de favoriser la création d'un type d'application ou d'une expérience particulière. Ce n'est cependant qu'en intervenant sur l'infrastructure elle-même que les concepteurs pourront s'émanciper des limites dont « héritent » leurs applications.

Pour Edwards et al., il incombe aux chercheurs en interactions homme-machine d'apprendre le « langage des infrastructures » et de travailler avec d'autres disciplines afin d'influencer leur développement. Ils mettent en effet en avant la nécessité de développer de nouvelles méthodes permettant de comprendre les implications de l'expérience utilisateur sur le design des infrastructures, mais aussi guider le développement des infrastructures à partir de l'expérience utilisateur envisagée et désirée. Ils invitent les chercheurs à prendre en compte des critères non-techniques de l'infrastructure, tels que l'instabilité, l'évolutivité, la « prédictabilité » ou l' « intelligibilité »[50]. Kawsar (Kawsar, 2009) est l'un des premiers chercheurs à revendiquer

[47] Les auteurs désignent ici les systèmes décrivant les fonctions, les capacités et les services des infrastructures à d'autres logiciels tels que les systèmes d'exploitation, les boîtes à outils, les protocoles ou les services Web.

[48] Nous revenons sur cette notion dans le Chapitre 3.

[49] Pour *Universal Plug and Play*.

[50] Nous revenons sur cette notion dans le Chapitre 4.

une infrastructure « centrée sur l'utilisateur » dans le domaine de l'UbiComp. Sa démarche, conduisant à l'élaboration et à l'évaluation de plusieurs prototypes délivrant des interactions différentes, illustre l'opportunité de façonner les technologies afin qu'elles délivrent une expérience utilisateur en adéquation avec les pratiques des utilisateurs.

Chapitre 2: L'Internet des Objets, la rencontre de l'Informatique Ubiquitaire et des produits

Bien que l'UbiComp appelle à la rencontre et à l'hybridation de l'ordinateur et des produits, les chercheurs se sont longtemps refusés à « donner forme » aux systèmes qu'ils développaient. Les récits et mythes, que nous avons présentés comme trompeurs, ont en effet souvent conduit la création d'applications invisibles, communiquées au travers de terminaux mobiles, d'écrans déployés dans l'environnement ou d'ordinateurs « portatifs ». Si elle a souvent été éludée, l'opportunité de concevoir de nouveaux produits, intégrant des capacités de traitement de l'information, a pourtant été explorée. La vision des produits « informationnels », « communicants » ou « connectés », démocratisée par Don Norman au début des années 2000, constitue ainsi une première tentative, cependant avortée, de « concrétiser » l'imaginaire de l'UbiComp. Si l'on a critiqué la stabilité de ce dernier, il a cependant été « réactualisé » par les chercheurs du courant de l'Internet des Objets, sous l'impulsion de développements visant à s' appuyer sur les infrastructures existantes, plutôt que d'en créer de nouvelles. En « ancrant » non seulement leurs prototypes dans le « désordre » technologique, mais également dans les « pratiques » du Web, les chercheurs travaillant sur le Web des Objets, ont en effet permis l' « itération » de l'imaginaire de l'UbiComp, la création de nouveaux types de produits et leur intégration dans la société. Dans ce chapitre, nous proposons de retracer l'évolution de l'imaginaire suscité par la rencontre des produits et de l'UbiComp, et son déplacement de la recherche vers l'industrie. Après avoir présenté le concept fondateur d'« information appliances », que de nombreux designers se sont par la suite réappropriés, nous décrirons les nouveaux produits « hybrides » aujourd'hui disponibles sur le marché.

1. UNE PREMIERE TENTATIVE POUR DONNER FORME A L'UBICOMP

La prolifération des produits électroniques tels que les assistants personnels, les systèmes de guidage GPS et les lecteurs MP3, entre, dès la fin des années 1990, en résonance avec la vision de Mark Weiser. Pour les chercheurs, la décentralisation des fonctions jusqu'à présent délivrées par l'ordinateur personnel inaugure une nouvelle classe de produits connectés, certes moins performants, mais plus aux modalités d'interactions plus variées. Ces nouveaux produits spécialisés, qualifiés d'*information appliance*[51], ou parfois d'*Internet appliance*, promettent une simplicité proche de celle des produits « bruns » ou « blancs » utilisés au quotidien dans

[51] Bien que les expressions « objets communicants » ou « objet informationnel » aient souvent été employées pour se référer aux *information appliances*, nous utiliserons les termes anglais dans la suite de notre travail.

l'habitat. Ils constituent une évolution importante des produits, de part la manière dont les fonctions sont définies, et donc ils fonctionnent en réseau. Dans cette section, nous revenons sur les spécificités du concept d'*information appliance* et discutons de la manière dont il a été reçu et appliqué par l'industrie. Malgré l'intérêt porté par les chercheurs, la vision des *information appliances* ne s'est en effet jamais vraiment concrétisée.

1.1. Le concept d'information appliance

Dans l'ouvrage « The Invisible Computer », Don Norman définit les *information appliances* comme des produits « spécialisés dans l'information » (Norman, 1999a, p.53), permettant aux utilisateurs d'accomplir une tâche précise. Il propose ainsi de s'écarter du modèle générique de l'ordinateur, jugé trop complexe pour un usage quotidien, afin d'envisager des produits plus simples, souples et agréables à utiliser (p.67). Pour Norman, c'est en limitant le nombre de fonctions des produits que le concepteur pourra produire la structure et les interactions les plus adaptées. Il invite les designers à développer des interactions directes avec le produit, permettant à l'utilisateur de se concentrer sur la tâche plutôt que sur la manière de l'opérer. Pour Bill Sharpe (Sharpe, 2001) qui examine plus précisément les qualités que les *information appliances* doivent satisfaire pour prétendre à la même simplicité que les produits électroménagers[52], il est également important les utilisateurs aient le sentiment d'avoir accompli leurs tâches avec un minimum d'effort et d'apprentissage.

Les *information appliances* répondent donc à un enjeu de simplification très fort, souvent discuté dans la littérature. Mohageg et Wagner (Mohageg et al., 2000, p.24), recommandent ainsi aux concepteurs d'identifier 20% des fonctions qui satisferont 80% des besoins des utilisateurs, afin de ne pas dépasser un certain « seuil de complexité ». Selon eux, c'est en restreignant le nombre de fonctions que les produits gagneront en attractivité. Pour Sharpe (Sharpe, 2001), il est nécessaire de créer des produits délivrant une fonction unique, cependant adaptée à plusieurs besoins. Il emploie les termes de « fonction ciblée » et de variété d'objectifs pour suggérer que les *information appliances* fassent « une chose à la fois », mais dans différentes situations.

Cette idée rejoint les propos de Norman, pour qui les produits devraient supporter une seule activité plutôt que délivrer une seule fonction (2000, p.15). A l'instar de Sharpe, il encourage les concepteurs à observer les activités menées au quotidien par les utilisateurs afin de « découvrir » des interactions qui pourraient être simplifiées ou supportées par un produit. Pour Rode, il est nécessaire de mener des études ethnographiques pour « comprendre » les lieux dans lesquels nous vivons et pour concevoir des produits adaptés à chaque culture (Rode, 2006).

[52] Il utilise pour ce faire le terme « applianceness ».

L'objectif est alors de créer un produit tellement adapté à la tâche qu'il devienne « une extension naturelle de la personne » (Norman, 1999a, p.52).

1.2. Une nouvelle manière de définir les fonctions

Dans un article présenté durant la « Telecommunications Policy Research Conference », Gilett et al. (Gillett et al., 2000) discutent de l'émergence des *information appliances* et des problématiques que ces produits soulèvent au niveau de la régulation de l'industrie des télécommunications. La taxonomie qu'ils développent s'écarte des classifications généralement publiées dans la communauté informatique, telles que celles de Lewis (Lewis, 1998) ou Want et al. (Want et al., 2000). Plutôt que de dresser un état de l'art des différents produits disponibles dans l'industrie, ils proposent de les examiner selon le degré de contrôle offert à l'utilisateur sur les fonctions. Cette approche plus large, qui soulève des problématiques de conception, permet un nouveau regard sur les évolutions possibles des produits.

Produits aux fonctions définies par le fabricant	Le premier type de produit résulte d'un processus de conception traditionnel, dans lequel les fonctions sont définies ou « fixées » par le fabricant. Comme de nombreux produits du quotidien, les composants et le logiciel qu'ils intègrent ne peuvent donc pas être personnalisés ou mis à jour par l'utilisateur. Ces restrictions techniques rendent impossibles toute modification ou évolution des fonctions après la fabrication. Cette absence d' « ouverture », constitue donc un désavantage important compte tenu des évolutions constantes d'Internet.
Produits aux fonctions définies par le fournisseur de service	Le second type de produits est conçu comme une partie non exclusive d'un service. Ils diffèrent des précédents produits de par leur modèle économique: l'utilisateur n'achète pas ici un bien matériel, il souscrit à une offre en partie assurée par un produit. Dans ce cas, c'est le fournisseur de service qui définit les fonctions du produit, et non le fabricant. Cette spécificité amène les concepteurs du produit à envisager des moyens de le faire évoluer au fil du temps. Des mises à jour, re-configurations ou nouvelles fonctionnalités peuvent ainsi être initiées par le fournisseur du service, voire même dans certains cas l'utilisateur, pour ralentir l'obsolescence du produit.

Produits aux fonctions définies par l'utilisateur	Le troisième type de produit, est capable, à l'instar de l'ordinateur personnel, de supporter de multiples applications. Les fonctions sont alors définies par les utilisateurs ou par le logiciel agissant pour le compte de ce dernier. Ils emploient ainsi l'expression de « généralité spécifique » pour évoquer des produits capables de prendre en charge un grand nombre d'applications pour satisfaire un besoin particulier. Cette vision les amène à envisager la décomposition de l'ordinateur sous la forme de plusieurs produits permettant des modalités d'entrée, de sortie ou de stockage[53]. Chacun de ces produits ne peut donc être utilisé seul, ils doivent être combinés pour supporter l'activité des utilisateurs.

Pour Gilett et al., le modèle de produits dont les fonctions sont définies par le fabricant n'est viable que si leur coût est moindre. L'apparition inévitable de nouveaux formats de fichiers ou de protocole réseau, ne pouvant être envisagés au moment de la conception du produit, est en effet susceptible de provoquer l'obsolescence du produit. Afin d'ajuster le système au contexte technologique, le fabricant est donc contraint de concevoir un nouveau modèle, que les utilisateurs devront racheter. Le second modèle de produits, dont les fonctions sont définies par le fournisseur de service, semble présenter moins de contraintes. Gilett et al. craignent cependant que certaines technologies utilisées sur le Web soient écartées par le fournisseur du service[54], de par les limitations techniques des composants utilisés dans les produits. Ce type de choix stratégique constituerait alors selon eux une entrave dommageable à la neutralité et l'universalité d'accès au Web. Le troisième modèle de produits, dont les fonctions sont définies par les utilisateurs, apparaît comme le plus prometteur. Gilett et al. considèrent néanmoins que ces produits seront toujours en concurrence avec l'ordinateur. Ils soulignent également que leur prolifération pourrait gêner les utilisateurs, dans la mesure où les mêmes fonctions seraient proposées par plusieurs produits. Ils évoquent ainsi une « redondance ennuyante ».

[53] Outre l'exemple de la tablette Web, ils évoquent également des enceintes capables de diffuser n'importe quelle source audio disponible dans la maison, ou encore une imprimante permettant de garder une trace des Fax, e-mails ou sites Web.

[54] Si l'intégration de Javascript, évoquée par les auteurs, ne soulève aujourd'hui plus d'enjeux majeurs, celles de technologies propriétaires comme Flash reste problématique.

1.3. Des produits coopératifs, fonctionnant en réseau

La capacité des produits à s'interopérer est une caractéristique importante des *information appliances*, souvent oubliée des concepteurs de par les enjeux techniques qu'elle soulève. Pour Norman, la prolifération de produits plus ou moins spécialisés n'a en effet d'intérêt que si ces derniers sont en mesure de communiquer les uns avec les autres. Il envisage ainsi les *information appliances* comme un « système de composants interconnectés » (Norman, 1999a, p.62), et non comme des produits isolés et indépendants. Pour Sharpe, le partage « d'information, des données, des médias ou des contenus » est également crucial. Il permet aux produits de « travailler » de concert, comme des « pairs » (Sharpe, 2001). La coopération entre les produits permet ainsi, comme le proposent Huang et al., de faciliter la circulation des données entre les différents produits de l'habitat (Huang et al., 2001), mais aussi d'établir d'automatiser le comportement de ces derniers.

Mavrommati et Kameas (Mavrommati et al., 2003) envisagent par exemple des « hyper objets » capables de mutualiser leurs capacités individuelles afin de faciliter les tâches du quotidien. Ils défendent l'idée d'une « fonctionnalité collective », basée sur la synergie de plusieurs produits, reliés par des « liens invisibles » au sein d'un même environnement. Si leur vision dépasse celle des *information appliances* pour intégrer des ustensiles ou du mobilier équipés de capteurs, elle permet d'envisager des scénarios où les produits agissent de manière proactive selon des règles établies par les utilisateurs. Le concept de groupe apparaît également dans les travaux de Kirst (Kirste, 2004), qui vise à faciliter la création d' « ensembles » de produits. En permettant à ces derniers de s' « auto-assembler » de manière permanente ou temporaire pour plus facilement interagir les uns avec les autres, l'architecture logicielle qu'il propose rend possible la création d'environnements plus « intelligents ».

1.4. Les information appliances, un concept mal compris?

Bien qu'il ait largement été repris par les médias et fait l'objet de plusieurs ouvrages, le concept d'*information appliance* ne s'est jamais réellement concrétisé. Plusieurs mini-ordinateurs, permettant un accès limité au Web et la lecture ou l'envoi d'emails, ont été commercialisés entre 1999 et 2002. Bien qu'ils aient souvent été associés aux *information appliances*, les produits tels que l'Audrey de 3COM, l'iOpener de Netpliance, le TouchPad de Gateway ou l'EP1 d'Epod, illustrés par la Figure 8, ne partagent pourtant que très peu des caractéristiques décrites dans la littérature.

Figure 8. Exemples de produits commercialisés comme des « information appliances ».

Pour Kuniavsky (Kuniavsky, 2010, p.132), ces produits n'avaient pas pour vocation de se fondre dans le quotidien des utilisateurs, mais seulement de proposer un accès simplifié à la sphère numérique. Les nombreuses qualités évoquées par Bill Sharpe, telles que la spécialisation, la portabilité, la « familiarité » ou l' « immédiateté » avec lesquelles l'utilisateur peut interagir avec les produits, n'ont donc pas été satisfaites. De plus, ces mini-ordinateurs n'ont pas été conçus pour fonctionner en réseau. L'approche systémique, pourtant cruciale aux *information appliances*, a ainsi été éludée.

L'incapacité des industriels à appliquer les principes décrits par les chercheurs s'explique également en grande partie par le manque de maturité des technologies de communication sans-fil et par l'absence d'une infrastructure permettant aux produits de s'interconnecter. A la fin des années 2000, le réseau de téléphonie mobile et le protocole Wi-Fi n'étaient pas en effet aussi accessibles qu'aujourd'hui. Les services Web n'étaient pas non plus suffisamment nombreux et populaires auprès des utilisateurs pour envisager leur accès au travers d'une pléthore de produits dédiés. Le concept d'*information appliance* semblait donc non seulement trop en avance sur le paysage technologique de l'époque, mais également contradictoire avec la volonté des acteurs du marché. Rétrospectivement, il apparaît en effet qu'une étape de convergence, caractérisée par la démocratisation de téléphones combinant de nombreuses fonctions[55], était nécessaire au développement des infrastructures et de l'offre de services.

[55] Les terminaux de seconde génération constituent de véritables « couteaux-suisses » numériques permettant la lecture de fichiers musicaux, la capture de photographies, l'accès à Internet et bien sûr des services de communication.

2. UN NOUVEL IMAGINAIRE DES PRODUITS

La démocratisation d'Internet, le développement des services sur le Web et l'émergence de nouvelles technologies d'identification telles que le RFID ont récemment conduit des futurologues, romanciers, journalistes ou cinéastes à revisiter le concept d' « information appliance ». Les récits de ces « littérateurs »[56], relayés dans des magazines spécialisés tels que « Wired »[57] ou à travers des conférences comme « TED » ou « Lift »[58], constituent un imaginaire à part entière, qui complète, selon Flichy (Flichy, 2003), celui des concepteurs ou des organisations publiques. Les histoires qu'ils racontent relèvent parfois de la science-fiction, mais permettent selon Bleecker (Bleecker, 2009) de mettre en perspective les usages, les implications, les conséquences ou même les échecs des technologies. Les designers industriels ont également joué un rôle crucial dans la réactualisation de l'imaginaire de l'UbiComp. En décrivant les articulations possibles entre l'ordinateur et les produits, ils contribuent à « donner forme » aux systèmes envisagés il y a plusieurs années par les chercheurs. Nous présentons dans cette section les récits de ces artéfacts tirant parti d'une interconnexion à Internet, et en particulier aux services du Web, pour délivrer une nouvelle expérience utilisateur.

2.1. Les spimes et blogjects

Dans l'essai « Objets Bavards », l'écrivain de science-fiction Bruce Sterling (Sterling, 2009) discute des relations « homme-objet » et de l'émergence de nouvelles formes de design et de production. Il y dresse notamment une taxonomie de produits dans laquelle l'homme est tantôt fabricant d' « artéfacts », client de « machines », consommateur de « produits » et utilisateur final de « gizmos ». Par ce dernier terme idiosyncrasique, il désigne les « objets hautement instables, modifiables par l'utilisateur […] habituellement programmables, à courte durée de vie » (p.14) qui prolifèrent depuis les années 1990. Selon Sterling, les *gizmos* ne doivent pas être considérés comme des « objets indépendants » mais comme des « interfaces » hautement fonctionnelles qu'il est plus simple d'augmenter que de simplifier. Cette définition, qui fait directement référence à la pléthore de terminaux permettant aujourd'hui de se connecter à Internet, lui permet d'introduire le concept de « spime »[59], qui décrit un nouveau type de produits. Dans un manifeste sur les produits connectés (Bleecker, 2006), le chercheur Julian Bleecker propose d'appliquer la vision de Sterling en utilisant les technologies immédiatement disponibles. Il utilise alors le terme de « blogjects »[60].

---

[56] D'après le terme employé par Musso (Musso, 2009).

[57] http://www.wired.com

[58] http://www.ted.com et http://www.liftconference.com

[59] Néologisme basé sur la contraction des mots anglais *space* et *time*.

[60] Néologisme basé sur la contraction des mots anglais *blog* et *object*.

Spimes	Sterling définit les *spimes* comme des « objets manufacturés dont la structure informative est si irrésistiblement étendue et riche qu'ils sont considérés comme les incarnations matérielles d'un système immatériel » (p.14). Il n'envisage donc pas les futurs produits comme des entités physiques mais comme des données décrivant un processus de fabrication complet et un ensemble de relations dynamiques (p.76). Dans cette vision futuriste, les *spimes* sont conçus sur ordinateur, fabriqués grâce à des techniques d'impression 3D et sans cesse recyclés. Ils intègrent une documentation précise de leurs fonctions, de leur comportement et de leur structure, qui peut être consultée par tous. Ils sont également tracés dans l'espace et le temps grâce à un identifiant unique.
Blogjects	A l'instar des *spimes*, les *blogjects* sont capables d'identifier et de garder une trace des lieux dans lesquels ils opèrent. Ils intègrent également un historique de leurs « rencontres » avec d'autres produits, et documentent leurs « expériences ». Pour Bleecker, ces nouveaux produits ont un rôle à jouer dans la production de contenus sur le Web. Il défend en effet l'idée qu'ils doivent participer, voire même initier, les conversations qui sont relayées sur des plateformes sociales telles que les blogs. Bleecker dépasse donc la dimension auto-descriptive des *spimes* en permettant aux *blogjects* d' « attirer l'attention », et de « s'affirmer » mais également d'agir, disséminer et donner du sens (p.13).

2.2. Des objets programmés

Dans l'ouvrage « Code/Space », Rob Kitchin et Martin Dodge (Kitchin et al., 2011) étudient l'impact des logiciels sur la création d'espaces, mais également dans la conception de produits. Ils y présentent notamment le concept d' « objets programmés »[61] pour se référer aux produits intégrant du code informatique dans leurs composants. Ces derniers se distinguent selon eux des produits « étiquetés », pouvant être lus par des machines, dans la mesure où le logiciel est utilisé pour améliorer les fonctions des produits, supporter de nouvelles tâches ou mieux comprendre la manière dont ils sont utilisés. En examinant le niveau d'intégration des programmes dans les produits et leur importance vis à vis des fonctions primaires, Kitchin et

[61] En anglais, *coded objects*.

Dodge proposent une taxonomie s'articulant autour de deux principaux types: les *peripherally coded objects* et les *codejects*[62] (p.54).

Peripherally coded objects	Les p*eripherally coded objects* sont des produits dont le programme a été intégré de manière périphérique, sans qu'il ne devienne essentiel à leur utilisation. En cas de dysfonctionnements de la partie logicielle, ils pourront donc continuer à fonctionner, peut-être de manière moins efficace. Le programme est dans ce cas considéré comme un « ornement » ou un substitut à des technologies analogiques. Un four intégrant une minuterie numérique, ou un vélo doté d'un compteur de vitesse, intègrent ainsi un programme permettant au fabricant de se différencier de la concurrence, sans incidence sur la fonction primaire du produit.
Codejects	Les *codejects*[63] correspondent quant à eux à des produits dont le fonctionnement est interdépendant et indissociable du programme qu'il intègre. Les fonctions des produits sont ainsi définies et prédéterminées par un logiciel « gravé » dans la mémoire de certains composants matériels ou susceptible d'être modifié après leur mise sur le marché. A l'instar d'une clé usb, qui nécessite un *firmware* pour fonctionner, une machine à laver propose par exemple également aux utilisateurs d'intervenir sur certaines fonctions ou paramètres. Bien que le programme intégré aux produits suffise généralement au fonctionnement de ces derniers, il peut également dépasser le cadre de leur structure. Kitchin et Dodge évoquent ainsi des *logjects*[64], c'est-à-dire des produits nécessitant une connexion permanente ou intermittente à un réseau. Cette dernière permet l'enregistrement et l'accès aux informations relatives à leur utilisation ou leur environnement immédiat. Le journal[65] constitue à la fois la mémoire et la conscience du produit. Il permet au produit d'agir de manière automatique ou autonome, afin de mieux satisfaire les besoins des utilisateurs.

[62] Les expressions et néologismes employés par les auteurs étant difficilement traduisibles, nous emploierons ici la terminologie anglaise, que nous tâcherons d'expliciter.

[63] Néologisme basé sur la contraction des mots anglais *code* et *object*.

[64] Néologisme basé sur la contraction des mots anglais *log* et *object*.

[65] En informatique, les événements générés par un processus sont généralement enregistrés de manière séquentielle dans un fichier que l'on qualifie de journal ou d'historique.

2.3. Des avatars de services

Dans l'ouvrage « Smart things: Ubiquitous Computing User Experience Design », le designer Mike Kuniavsky (Kuniavsky, 2010) postule que la valeur des produits réside dans l'information qu'ils délivrent et dans les services qu'ils « instancient ». Il emploie ici le terme « service » pour décrire l'expérience vécue par l'utilisateur au travers d'une interaction avec une combinaison de composants matériels et de logiciels régie par un modèle économique spécifique (p.100). Selon lui, les nouveaux produits constituent ainsi des « avatars de services », dont les caractéristiques peuvent varier. En examinant la manière dont les produits sont couplés à des services, et en évaluant leur degré d'interdépendance, Kuniavsky identifie trois grands types d' « avatars », qu'il nomme des « hublots », « poignées » et des « tranches » (p.108).

Hublots	Les « hublots » désignent des avatars polyvalents et généralistes, permettant d'accéder et de représenter une grande variété de services. L'accès à ces derniers se fait généralement au travers d'un navigateur Web ou d'une application dédiée. Ces produits, tels que l'ordinateur ou le téléphone mobile, offrent selon Kuniavsky une « large vue » sur des services avec lesquels ils n'entretiennent pas de lien fort.
Poignées	Les « poignées » correspondent quant à elles à des avatars spécialisés, conçus pour permettre l'accès à un unique service. En proposant des modalités d'interactions parfaitement adaptées à ce dernier, elles répondent plus efficacement aux besoins des utilisateurs que les hublots. Elles ne peuvent cependant pas être utilisées dans le cadre d'autres activités que celles supportées par le service.
Tranches	Les « tranches » sont des avatars qui assurent une partie d'un service, sans se connecter directement à ce dernier. Dans le cadre d'un service de transport à la demande, les véhicules empruntés par les utilisateurs constituent ainsi des segments à la fois reliés techniquement et contractuellement au service global. Ils permettent de réaliser ce dernier, et non simplement d'y accéder.

2.4. Des néo-objets

Le designer Jean-Louis Fréchin regroupe l'ensemble des produits, des services et des environnements utilisant l'information sous le terme de « NéoObjet », qu'il discute dans un chapitre de l'ouvrage « L'Internet des Objets peut-il casser des briques ? » (2013). Ce dernier suggère selon lui un « élargissement du champ traditionnel des objets », provoqué par la « nouvelle répartition entre les fonctions visibles et les fonctions perçues des services

communicationnels ». La valeur ajoutée des NéoObjets dépasse ainsi le périmètre des produits, elle se « reporte » à une « situation » ou un « hypercontexte »[66]. Fréchin distingue trois types de produits qu'il nomme « objets interface », « objets révélateurs » et « objets vivants ».

Objets interface	Les « objets interface » désignent les produits dont la « finalité symbolique, cognitive et esthétique » est communiquée à l'utilisateur par le biais d'une interface graphique. Cette dernière incarne alors le produit, dont la topologie est souvent bouleversée par l'intégration d'un ou plusieurs écrans.
Objets révélateurs	En captant, produisant et échangeant en continu des informations sur eux-mêmes ou leur environnement, les « objets révélateurs » permettent ainsi à l'utilisateur de percevoir l'invisible. Si le produit revêt le même degré d'intelligence, il contribue à la circulation d'une « information relativement standardisée », qui, à plus grande échelle, permettra de faire émerger de nouveaux « schémas » utiles au quotidien.
Objets vivants	Les « objets vivants » se rapportent aux produits pouvant être programmés afin de développer un comportement « autonome ». Fréchin emploie également le terme d' « objets robotisés » afin de suggérer leur capacité à réagir à la variété des événements susceptibles de se produire dans un environnement donné. Il attribue également à ces produits la capacité à modifier ou adapter leur forme afin de « signifier » leur utilisation, ou de notifier l'utilisation d'une information.

3. UN NOUVEL ECOSYSTEME DE PRODUITS

Les prototypes réalisés par les chercheurs et l'imaginaire élaboré par les designers ont inspiré les fabricants de produits et les jeunes entreprises désireuses d'hybrider produits et ordinateurs. Ils ont mené à la création de nouveaux produits capables de se connecter sans-fil à Internet et de proposer de nouvelles interactions avec des services Web. S'ils apparaissent moins « innovants » que les concepts des chercheurs, ils sont cependant conçus pour s'intégrer aux infrastructures établies et supporter ou renforcer des pratiques émergentes. Leur développement fait ainsi écho à celui des services Web, auxquels ils sont souvent couplés. Ces premiers produits de l'Internet des Objets marquent donc une nouvelle étape dans l'insertion sociale des technologies de l'UbiComp. Musso (Musso, 2009) rappelle en effet que, passées les phases de « consensus euphorique », de « grand scepticisme », d' « affrontements et de

[66] Par ce terme, Fréchin évoque une conjonction du temps, de l'espace et d'événements spécifiques.

débats », la diffusion des technologies permet le développement des premiers usages. L'utilisateur est aujourd'hui confronté à une offre de produits certes en plein essor, mais hautement hétérogène[67]. Nous la présentons dans cette section au travers d'une taxonomie se basant sur une étude empirique du marché.

3.1. Les terminaux et les stations

Nous distinguons d'abord un premier couple de produits susceptibles de fonctionner en conjonction : les *terminaux* et les *stations*. Ils constituent un prolongement de l'informatique mobile, dans laquelle les surfaces interactives permettent un accès aux services du Web. Nous évoquons leurs similitudes avec les concepts décrits dans la section précédente, les définissons et les illustrons dans les pages suivantes.

<table>
<tr><td>Terminaux</td><td>Similaires aux : gizmos, hublots, objets interface</td></tr>
<tr><td colspan="2">Les terminaux sont des produits permettant de se connecter aux réseaux de téléphonie mobile et/ou à Internet afin d'accéder à une variété de services. Ces derniers sont communiqués à l'utilisateur au travers d'un écran, souvent tactile, qui conditionne la forme du produit. Les terminaux constituent, de part leur degré de mobilité, une alternative à l'ordinateur. Ils permettent de naviguer sur le World Wide Web et d'exécuter plusieurs applications en même temps.</td></tr>
<tr><td>Exemple 1: Samsung Galaxy S3

Le Galaxy S3 est un téléphone doté d'un écran tactile de 4,8 pouces et opéré par le système d'exploitation Android.
http://www.samsung.com</td><td>Exemple 2: Apple iPad

L'iPad est une tablette dotée d'un écran tactile de 9,7 pouces et opéré par le système d'exploitation iOS.
http://www.apple.com</td></tr>
</table>

[67] Pour Scardigli (Scardigli, 1989), cette phase de diffusion précède la phase d'appropriation par les utilisateurs, qui marque l'équilibre entre les technologies, leur imaginaire et leurs usages.

<table>
<tr><td>Stations</td><td>Similaires aux : tranches</td></tr>
<tr><td colspan="2">Les stations sont des produits conçus comme une extension physique d’un terminal. Ils permettent le support de ce dernier dans un contexte particulier, son rechargement en énergie et le relai de données ou d’informations. Leurs modalités d’entrée et de sortie sont souvent limitées dans la mesure où le produit se contente d’ « amplifier » ou de « renforcer » une fonction particulière du terminal. L’utilisateur continue à interagir avec cette fonction au travers des interfaces graphiques communiquées par ce dernier.</td></tr>
<tr><td>Exemple 1: Altigen iFusion

Le combiné iFusion se connecte à un terminal Apple pour relayer les appels ou initier une conférence audio.
http://www.thefusionphone.com</td><td>Exemple 2: Philips AJ3270D

Le réveil AJ3270D se connecte à un terminal Apple pour synchroniser l’heure et accéder aux fichiers musicaux.
http://www.philips.com</td></tr>
</table>

3.2. Les capteurs et les diffuseurs

Un second couple de produits, permettant respectivement la capture et la diffusion de données auprès des utilisateurs, apparaît également sur le marché. Ils font écho à une tendance dite de « quantification de soi »[68], permettant de mesurer les différents aspects de la vie quotidienne au travers d’analyses de données.

[68] En anglais, *quantifying self*.

Capteurs	*Similaires aux : blogjects, codejects, tranches, objets révélateurs*

Les capteurs sont des produits permettant la détection et la mesure de phénomènes physiques ou physiologiques à des fins de représentation. Leur forme dépend des composants électroniques qu'ils intègrent, et du contexte dans lequel ils sont amenés à être déployés. Ils sont généralement portés par un utilisateur ou « attachés » à un autre produit. Ils permettent l'enregistrement et le transfert de données vers des services Web assurant leur analyse et la génération de représentations graphiques. Ils ne délivrent donc aucune information à l'utilisateur, qui peut cependant accéder aux mesures qu'ils réalisent par le biais de terminaux.

Exemple 1: Jawbone UP

UP est un bracelet permettant d'enregistrer en continu l'intensité et la durée des mouvements de l'utilisateur, la distance parcourue et les calories brûlées. Il est couplé à un service Web proposant des statistiques sur la vie quotidienne ainsi que des conseils.

http://www.jawbone.com

Exemple 2: Easybloom

Easybloom est un capteur en forme de plante capable de mesurer le niveau d'exposition au soleil, la température de la terre ainsi que le niveau de drainage de l'eau et d'engrais. Il est couplé à un service Web conseillant l'utilisateur dans ses travaux de jardinage.

http://www.easybloom.com

Exemple 3: Wakemate

Wakemate est un bracelet intégrant un accéléromètre et permettant de mesurer la qualité du sommeil de l'utilisateur. Il est couplé à un service Web analysant les données collectées et délivrant des conseils pour mieux dormir.

http://www.wakemate.com

Exemple 4: Twine

Twine est un bloc en caoutchouc capable de mesurer la température d'un lieu ainsi que les chocs et les mouvements auxquelles il est soumis. Il est couplé à un service Web permettant de programmer des notifications selon des règles personnalisées.

http://www.supermechanical.com

Diffuseurs	*Similaires aux: codejects, hublots, objets interface*

Les diffuseurs sont des produits permettant de communiquer de manière alternative une information dans un environnement donné. Conçus pour s'intégrer dans ce dernier, ils proposent des modes de représentation « discrets » ou « ambiants », qui ne monopolisent pas l'attention de l'utilisateur. Souvent constamment allumés, ces afficheurs agissent comme des témoins matérialisant de manière littérale, abstraite ou métaphorique des données issues d'un service web spécifique, avec lequel ils restent synchronisés. Ils proposent rarement des modalités d'entrée, et doivent par conséquent souvent être configurés par le biais d'un terminal.

Exemple 1: Orb

Orb est un globe lumineux dont l'intensité et la couleur varient afin de représenter les évolutions de certains types d'informations (cours de la bourse, prévisions de pollen, congestion du trafic routier, etc.).
http://www.ambientdevices.com/

Exemple 2: Karotz

Karotz est un avatar en forme de lapin capable de lire, par synthèse vocale, des informations issues de services Web (météo, flux RSS, statuts sur les réseaux sociaux, etc.). Il est plus connu sous le nom de Nabaztag.
http://www.karotz.com

Exemple 3: Onzo

Onzo est un afficheur indiquant en temps réel la consommation électrique d'un foyer, le bilan journalier et le nombre de Kilowatt à ne pas dépasser afin d'économiser de l'énergie. Il est couplé à un service Web de mesure et à des capteurs.
http://www.onzo.com

Exemple 4: Dépendomètre

Le dépendomètre est un thermomètre de la « vie numérique » d'un utilisateur. Il communique visuellement le degré de dépendance aux principaux services Web (réseaux sociaux, hébergement de fichiers, emails, etc.)
http://www.nodesign.net

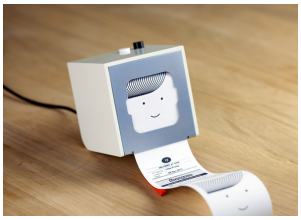
3.3. Les instanciations de services et les produits connectés

Nous distinguons enfin un dernier couple de produits spécialisés, très proches des *information appliances*, et offrant de nouvelles interactions avec des services Web existants.

<table>
<tr><td>Instanciations de services</td><td>Similaires à : codejects, poignées, objets interface</td></tr>
<tr><td colspan="2">Les instanciations de services sont des produits spécialisés permettant l'accès à un service Web donné. Ils sont conçus pour favoriser les interactions avec certaines fonctions de ce dernier, et constituent donc une alternative aux terminaux. Leur forme et les modalités d'entrée ou de sortie varient en fonction des informations ou des contenus qu'ils permettent de matérialiser. Ils se veulent très simples d'utilisation, et adaptés à des contextes</td></tr>
<tr><td>Exemple 1: Instacube

Instacube est un cadre photo dédié au service Web de partage de photos Instagram. Il permet l'affichage automatique des fichiers partagés par le réseau d'amis de l'utilisateur.
http://www.goinstacube.com</td><td>Exemple 2: Rymble

Rymble est une boussole motorisée et personnalisable dont les mouvements reflètent les événements relatifs à un service Web (réseau social, résultats sportifs, bourse, etc).
http://www.mycyrcle.com/</td></tr>
<tr><td>Exemple 3: Goodnight Lamp

Goodnight Lamp est une famille de lampes couplées à un service Web de communication à distance. L'une d'elles permet de communiquer le retour à la maison, tandis que les autres reflètent la présence d'autres utilisateurs, dans d'autres foyers.
http://www.goodnightlamp.com/</td><td>Exemple 4: Littleprinter
 
LittlePrinter est une imprimante couplée au service Web d'agrégation de données BergCloud. Elle permet de générer un « journal miniature » composé de différents types d'information (actualités, rappels de tâches ou d'anniversaires, jeux, etc.).
http://www.bergcloud.com/</td></tr>
</table>

Produits connectés	*Similaires à : peripherally coded objects codejects, objets vivants*

Les produits connectés sont des produits électronique ou électroménager capables de se connecter à Internet et d'échanger des données avec des services Web. Ils tirent parti de ces derniers pour personnaliser l'expérience d'utilisation et simplifier les interactions nécessaires à leur opération. Ils offrent ainsi de paramétrer les fonctions, de fluidifier la circulation des contenus générés par le produit ou d'automatiser certaines tâches. Bien que leur forme reste souvent similaire aux versions antérieures du produit, ils peuvent intégrer de nouveaux écrans et recourir à des terminaux pour favoriser leur configuration ou leur programmation.

Exemple 1: Withings

Withings est un pèse-personne capable de transmettre et d'archiver les relevés de poids, d'indices de masse corporelle et de masse grasse. Il peut également être couplé à des applications de coaching et de bien-être.

http://www.withings.com

Exemple 2: Nest

Nest est un thermostat dont la programmation est entièrement automatisée. Cette dernière évolue en fonction du mode de vie des utilisateurs et des données météorologiques. Il peut être contrôlé à distance via un terminal.

http://www.nest.com

Exemple 3: Logitech Smart Radio

Smart Radio est un poste de radio capable de se connecter aux stations diffusées sur Internet et aux services de musique à la demande (Spotify, Deezer, etc.). Il peut également être couplé aux applications développées par les chaînes.

http://ue.logitech.com

Exemple 4: Samsung Galaxy

Galaxy est un appareil photo capable de transférer automatiquement les fichiers générés vers un espace de stockage en ligne. Il permet également de les partager via différents canaux (email, réseaux sociaux, terminaux à terminaux) et de télécharger des applications.

http://www.samsung.com

Exemple 5: LG RSG309AARS	**Exemple 6: Samsung WF457**
 Le réfrigérateur RSG309AARS est doté d'un écran tactile affichant la température des différents compartiments et le niveau du distributeur d'eau. Il peut être couplé à des applications diverses (météo, agenda, photos, notes, etc.) *http://www.samsung.com*	 Le lave-linge WF457 offre des fonctions pilotables par le biais d'un terminal. L'utilisateur peut déclencher le programme souhaité à distance et suivre en temps réel son avancée. *http://www.samsung.com*

Chapitre 3: La conception traditionnelle de produits électroniques

L'opportunité de créer de nouveaux types de produits, capables d'être couplés à des applications orientées produit, soulève de nombreux enjeux pour la conception. Il nous paraît cependant nécessaire, avant de les évoquer de manière détaillée, de revenir sur les principes et les méthodes qui ont jusqu'à présent guidé la conception de produits. Nous nous intéressons ici plus particulièrement à ceux qui, grâce à l'intégration de composants électroniques, offrent des fonctions et des modalités d'interactions plus « riches » que celles délivrées par les produits mécaniques. La complexité qu'ils induisent fait l'objet de nombreux travaux dans les domaines du design produit et des interactions homme-machine. Dans ce chapitre, nous proposons d'évoquer ceux visant à appréhender la relation entre les caractéristiques matérielles des produits et les actions des utilisateurs. Ils ont notamment conduit les ingénieurs et les designers à étudier l'impact des attributs physiques, de la composition ou de la forme des produits sur leur compréhension par les utilisateurs. L'enjeu consiste alors à s'assurer qu'ils transmettent les informations nécessaires à leur utilisation, c'est-à-dire qu'ils fassent preuve d'une « expressivité fonctionnelle ». Après avoir évoqué les deux principales approches permettant de créer du « sens » au travers des produits, nous présentons un modèle d'interaction issu des sciences cognitives. Nous décrivons enfin les différentes dimensions des produits et leur articulation au cours des phases du processus de conception.

1. APPROCHES PHILOSOPHIQUES POUR LE DESIGN DE PRODUITS

Pour le designer et chercheur Tom Djajadiningrat (Djajadiningrat et al., 2002), l'apparence des produits et les actions qu'ils invitent à réaliser contribuent à créer du « sens » et donc à faciliter les interactions avec les produits. Il considère en effet que la matérialisation des « contrôles », ainsi que la manière dont l'utilisateur peut les manipuler permettent d'exprimer l'objectif pour lequel le produit a été réalisé. Afin de travailler à l'« expressivité » des produits, les designers peuvent, selon lui, adopter l'une des deux approches traditionnellement employées dans la conception de produits : l'approche « sémantique » ou l'approche « directe ». Chacune d'elle amène à considérer la compréhension de forme et des interactions des produits selon deux perspectives opposées : celle de cognition et du langage ou celle de l'action et du comportement. La Figure 9 met ainsi en avant leurs principales différences, que nous proposons de discuter dans cette section.

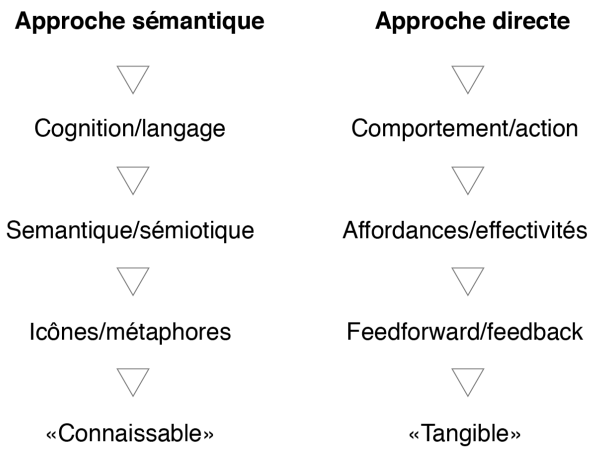


Figure 9. Les deux approches pour le design de produits, adapté de Djajadiningrat.

1.1. L'approche sémantique

L'approche « sémantique », qui trouve racine dans les travaux de Krippendorff (Krippendorff et al., 1984), permet de considérer les produits à partir des modèles cognitifs ou des pratiques qu'il peut « porter » ou « supporter ». La compréhension des actions rendues possibles par un produit relève alors d'un processus durant lequel l'utilisateur interprète les informations symboliques communiquées par la forme (Krippendorff, 1989). Les expériences passées de l'utilisateur, son milieu socioculturel, ses goûts et ses besoins influencent donc sa perception des qualités du produit. Pour ce dernier, le produit ne « fait sens »[69] que lorsqu'il est en mesure de comprendre le rôle qu'il est susceptible de jouer dans un contexte particulier.

Cette approche conduit ainsi le designer à développer un langage, « encodé » dans le produit, puis « décodé » par l'utilisateur. Ce dernier s'appuie généralement sur des métaphores, souvent visuelles, qui « appellent » à des récits, des histoires ou des « mythologies » (Krippendorff, 1989). L'iconographie ou les représentations symboliques employées amènent alors l'utilisateur à considérer le nouveau produit « comme » ou « par ressemblance » à un concept ou un produit existant (Djajadiningrat et al., 2002). La forme ne doit donc pas « suivre la fonction » mais les significations que les utilisateurs construisent et perçoivent lorsqu'ils sont confrontés à un produit. C'est la raison pour laquelle Djajadiningrat et al. considèrent le résultat

[69] Il est important de préciser que Krippendorff distingue le sens (*sense*) de la signification (*mean*) du produit. La signification se rapporte alors à l'ensemble des situations dans lesquelles l'utilisation du produit peut être imaginée par l'utilisateur. Les erreurs rencontrées lors de l'utilisation d'un produit s'expliquent ainsi par le décalage entre ce que le produit peut réellement faire et ce que l'utilisateur perçoit comme possible de faire. L'enjeu consiste alors à concevoir des produits qui couvrent les significations qu'elles communiquent à l'utilisateur.

de cette approche comme quelque chose de profondément « immatériel », de l'ordre du « savoir ».

1.2. L'approche directe

L'approche « directe », qui s'ancre dans les travaux de James J. Gibson (Gibson, 1979), permet de considérer les produits à partir des actions et du comportement des utilisateurs. La compréhension des possibilités d'actions du produit passe alors par un processus perceptif, qui ne dépend *à priori* d'aucune valeur, d'aucun sens ou d'aucune interprétation[70]. Cette perception dite « directe », dépend en effet des « affordances » des produits. Généralement traduites par un verbe d'action suivi du suffixe « abilité », ces dernières correspondent à ce que l' « environnement offre à [l'individu], ce qu'il apporte ou fournit, de manière bonne ou mauvaise » (Gibson, 1979, p.127). Le sens se construit donc au travers des interactions avec les produits.

Cette approche conduit le designer à prendre en compte les capacités cognitives et sensori-motrices des utilisateurs, c'est-à-dire leurs « effectivités »[71] afin de créer une forme qui invite à réaliser la « bonne » action. Djajadiningrat et al. soulignent l'importance d'aider l'utilisateur à « anticiper » l'action pouvant être réalisée et à observer les conséquences ou la « réaction » de cette dernière. Par les termes « *feedforward* » et « *feedback* », ils mettent en avant la nécessité de communiquer des informations à l'utilisateur *avant* et *après* une action. Le *feedforward* permet alors d'anticiper les résultats de l'action, tandis que le *feedback* constitue la « réponse » du produit[72]. Le recours aux interfaces tangibles permet selon eux de développer un retour inhérent aux produits, perçu par l'utilisateur comme une « conséquence naturelle de ses actions ». Ils évoquent ainsi notamment la « richesse sensorielle » des artéfacts physiques, qu'ils considèrent plus « expressifs » que les éléments affichés sur écrans. Pour Dourish (Dourish, 2004, p.14), l'interaction permet une « incorporation graduelle d'un plus grand nombre des capacités et des compétences humaines ». Il recommande ainsi de tirer parti d'interactions « incarnées »[73], « engageant » physiquement l'utilisateur avec des artéfacts permettant de créer, manipuler et partager du « sens » (p.126).

---

[70] Si cet aspect constitue le fondement de l'approche directe, il fera par la suite l'objet de nombreuses discussions par les chercheurs. Don Norman remet ainsi notamment en cause le caractère « objectif » et « immuable » des affordances en proposant, au travers d'une nouvelle définition, de prendre en compte les capacités perspectives de l'individu. Nous reviendrons plus précisément sur cette dernière dans la suite du document.

[71] En anglais, *effectivities*.

[72] Nous emploierons le terme de « retour » dans la suite du document.

[73] En l'anglais, *embodied*.

1.3. Illustration des deux approches

Les approches sémantique et directe conduisent le designer à exprimer les possibilités d'actions des produits de manières très différentes. Nous proposons d'illustrer leurs spécificités au travers de deux exemples de produits souvent évoqués dans la littérature en design produit : le radiocassette « Roller Radio » de Philips et l'appareil photo de Frens. Le premier tire parti de métaphores pour exprimer les fonctions, tandis que le second met l'accent sur les modalités d'interactions. Nous les décrivons ici succinctement.

Le radiocassette « Roller Radio » de Philips, commercialisé en 1985 et représenté dans la Figure 10, est considéré comme l'un des premiers produits résultant d'une approche sémantique (Schifferstein et al., 2007, p.307). Les différentes parties du produit, tel que le compartiment à pile ou le lecteur cassette sont matérialisées de manière très claire. La poignée fixe invite ainsi l'utilisateur à saisir l'appareil, tandis que la grille de protection des hauts parleurs signale les ondes sonores. Pour Robert Blaich (Blaich, 1989), alors directeur général du design industriel à Philips, ce poste de radio utilise « totalement » la métaphore de la mobilité. L'élément le plus marquant reste certainement la petite boule placée au bout de l'antenne, qui rappelle celle des voitures de sport de l'époque.

Figure 10. La "Roller Radio" de Philips, dont le design reflète une approche sémantique.

L'appareil photo prototypé par Joep Frens dans le cadre de sa thèse à l'Université Technique d'Eindhoven aux Pays-Bas résulte, quant à lui, d'une approche directe (Frens, 2006). A l'inverse de la plupart des modèles proposés sur le marché, le designer a fait le choix de ne pas tirer parti de l'écran intégré au produit afin de permettre de contrôler les fonctions. Ces dernières sont exprimées par la forme de l'appareil photo et la manière dont l'utilisateur peut interagir avec cette dernière. La Figure 11 illustre ainsi la gestuelle associée à l'utilisation du produit et les particularités de l'écran, dont la position reflète à la fois ce qu'il est possible de faire, mais suggère également les réactions du produit. En pressant le déclencheur de l'appareil photo, l'utilisateur provoque en effet un mouvement de l'écran qui confirme la capture de l'image. Ce dernier peut alors être déplacé vers la carte mémoire pour sauvegarder le cliché, ou

replacé vers l'objectif afin de prendre une nouvelle photo. Le nombre de boutons est réduit au minimum : l'appareil est automatiquement allumé dès lors que le cache de l'objectif est retiré par l'utilisateur, et certains paramètres tels que la taille des photos peuvent directement être réglés via le produit, sans passer par un menu.

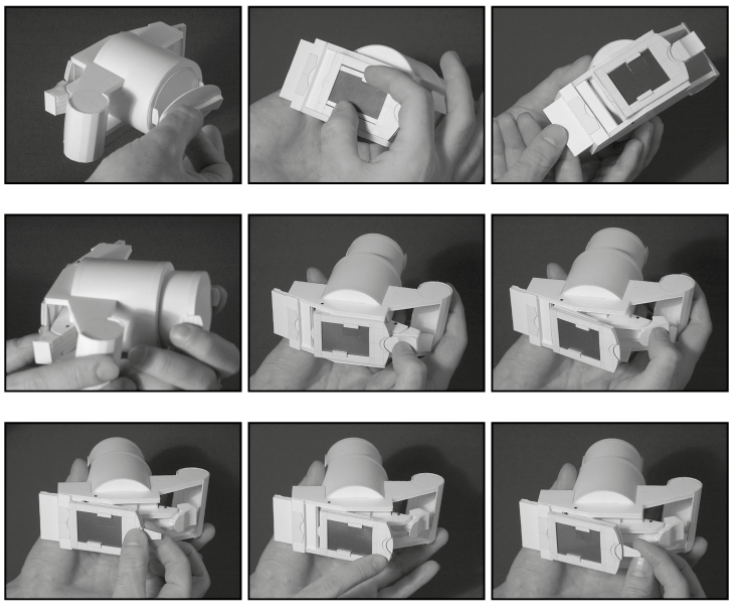


Figure 11. L'appareil Photo de Frens, issu d'une approche directe.

Bien que l'approche directe suscite l'intérêt des chercheurs en IHM et en design, c'est l'approche sémantique qui est aujourd'hui la plus employée pour la conception de produits (Schifferstein et al., 2007, p.307). Les designers recourent ainsi à des métaphores, certes moins marquées que celles qui caractérisent la radio Philips, pour exprimer les fonctions. En se focalisant sur la dimension symbolique, ils prennent cependant le risque de créer des produits qui ne communiquent pas, ou « mal », les possibilités d'action. Pour Norman (Norman, 2002), les erreurs de conception les plus courantes dans le design des interfaces utilisateurs des produits électroniques sont ainsi dues à des problèmes d'affordance. Il invite les concepteurs, au travers d'une approche centrée sur l'action, à travailler sur les notions de *feedforward* et de retour.

2. COMPRENDRE LES INTERACTIONS AVEC LES PRODUITS

Les sciences cognitives ont joué un rôle important dans l'étude de la perception et des actions des utilisateurs. Afin d'évaluer l'utilisabilité des produits, les chercheurs ont en effet élaboré des modèles permettant de représenter le comportement des utilisateurs. Si les travaux de Card et al. (Card et al., 1983), qui présentent l'individu comme un système de traitement de l'information doté de capacités sensorielle, moteur et cognitive, constituent un apport important,

ce sont sans aucun doute ceux de Donald A. Norman qui ont le plus influencé la recherche en IHM et la pratique du design. Dans l'ouvrage « The Design of Everyday Things » (Norman, 2002), originellement paru sous le nom de « The Psychology of Everyday Things » en 1988, le chercheur en science cognitive présente un modèle d'interaction constitué de sept étapes, permettant d'expliquer les erreurs de conception les plus courantes lors de la conception de produits[74]. Il développe également, à partir de ce modèle, des principes visant à garantir la visibilité des produits, leur compréhension par les utilisateurs et la cohérence des interactions qu'ils délivrent. Nous les décrivons chacun dans cette section.

2.1. Les sept étapes de l'action

Norman considère l'action d'un utilisateur sous la forme d'un cycle comprenant une phase d'exécution et d'évaluation (Norman, 2002, p.47). Durant la phase d'exécution, l'utilisateur forme une *intention*, qui sera traduite en une *séquence d'action*, à partir de l'*objectif* à accomplir. Cette séquence d'action, qui n'existe à ce stade que sous la forme d'une représentation mentale, est ensuite *exécutée* dans le monde réel. La réalisation de l'action marque alors le début de la phase d'évaluation, durant laquelle l'utilisateur *perçoit* et *interprète*, vis à vis de ses attentes, l'*état* du monde. Il *évalue* enfin son interprétation afin de vérifier que ce qui s'est « produit » correspond à ses intentions et à son objectif. Le modèle d'interaction proposé par Norman (Norman, 2002, p.48) se compose ainsi de sept étapes mises en évidence dans la Figure 12.

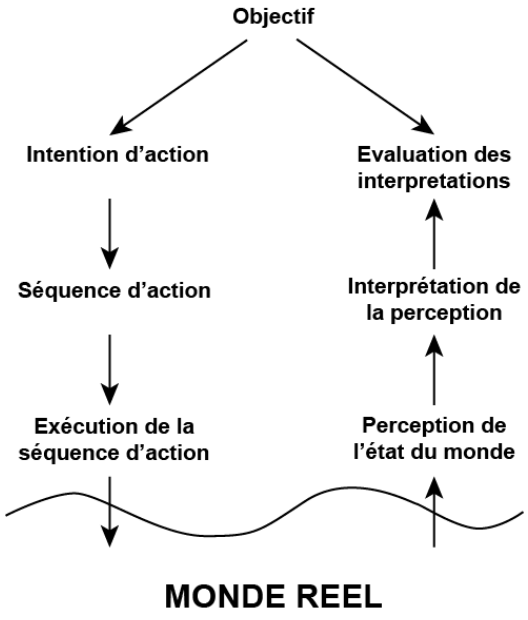


Figure 12. Le cycle de l'action, adapté de Norman.

[74] Il discute notamment des problèmes liés à la radio, le téléviseur, le réfrigérateur, le téléphone, l'ordinateur, les thermostats...

Le modèle de Norman permet de mettre en perspective deux « fossés »[75] considérés comme problématiques pour les utilisateurs (Norman, 2002, p.51). Ces derniers surviennent lorsqu'un écart existe entre les représentations mentales formées par un individu et les composants ou l'état du monde. Dans le cas de l'utilisation d'un produit, le fossé de l'exécution correspond ainsi à la différence entre les intentions de l'utilisateur et les actions réellement proposées. Le fossé de l'évaluation reflète quant à lui l'effort nécessaire pour interpréter l'état d'un produit (ou d'un système) et pour déterminer si les intentions et l'objectif ont bien été satisfaits. Pour combler ces « fossés », et ainsi d'assurer l'utilisabilité des produits, Norman recommande aux concepteurs d'appliquer plusieurs principes (Norman, 2002, p.53).

Le premier concerne la visibilité offerte par le produit. Il est en effet selon lui nécessaire que, d'un simple regard, l'utilisateur puisse déterminer l'état du produit et identifier les alternatives possibles en terme d'actions. Il est donc intrinsèquement lié au concept d'affordance. Le second principe vise à créer un « modèle conceptuel » permettant aux utilisateurs de se représenter de manière cohérente les opérations rendues possibles par le produit et leurs résultats. Le troisième principe traite des « mappings », c'est-à-dire des « alignements » permettant aux utilisateurs de déterminer la relation entre les contrôles offerts par les produits et leur effets. Ils contribuent notamment à fournir un retour continu des résultats des actions de l'utilisateur. Nous présentons plus en détail chacun de ces principes dans la suite.

2.2. Le principe de visibilité et les affordances

Les problèmes rencontrés par les utilisateurs dans la compréhension du fonctionnement des produits sont, selon Norman, causés par à un manque ou un excès de « visibilité ». Pour défendre ce principe, il mobilise notamment le concept d'affordance, dont il propose une nouvelle définition. Ces dernières désignent ainsi les « caractéristiques perçues et réelles d'une chose, en particulier celles qui permettent de déterminer la manière dont cette dernière peut être utilisée » (Norman, 2002, p.9). Elles fournissent des « indications sur la manière dont les choses opèrent », et permettent, lorsqu'elles sont bien utilisées, à l'utilisateur de comprendre ce qu'il « doit faire » d'un regard. Un produit bien conçu ne nécessite alors pas d'étiquettes ou d'instructions.

En considérant à la fois l'affordance comme une caractéristique réelle ou perçue des produits, Norman envisage donc qu'elle ne corresponde pas à une possibilité d'action réelle, mais comme une perception de l'individu. Sa définition diffère par conséquent de celle de Gibson dans la mesure où l'affordance n'est pas clairement séparée de l'information qui la

[75] En anglais, *gulfs*.

spécifie[76]. Les affordances résultent selon lui d'une « interprétation mentale des choses par les utilisateurs, qui se base sur leurs connaissances et expériences passées » (Norman, 2002, p.219). Dans cette approche, l'affordance détermine donc la facilité ou la difficulté avec laquelle l'action pourra être réalisée à un instant « t ». Elle doit être travaillée par le concepteur afin de permettre aux utilisateurs d'envisager l'ensemble des actions possibles et de prédire leurs effets dans le monde. C'est en effet en intervenant sur la structure physique et visible du produit qu'un « modèle conceptuel » garantissant la bonne utilisation du produit pourra être établi (Norman, 2002, p.12).

2.3. L'importance des modèles mentaux ou conceptuels

Norman rappelle l'importance des représentations mentales que forment naturellement les utilisateurs pour se figurer les êtres vivants, l'environnement dans lequel ils évoluent et les choses avec lesquelles ils interagissent. Les modèles mentaux[77] générés par les utilisateurs, que Norman appelle « modèles conceptuels », évoluent ainsi au cours du temps, à mesure que ces derniers expérimentent, s'entraînent ou apprennent à utiliser des produits. S'ils se révèlent souvent incomplets, instables et « superstitieux » (Norman, 1983), ils permettent de prédire les effets de nos actions, et jouent par conséquent un rôle crucial dans la conception de produit et le design d'interface utilisateur[78]. Norman considère ainsi que, sans un « bon » modèle, les utilisateurs ne peuvent pas « correctement évaluer pourquoi les choses se passent mal, les effets auxquels ils doivent s'attendre, et la conduite à adopter » (Norman, 2002, p.16). Pour représenter la manière dont ce modèle conceptuel peut être créé et communiqué à l'utilisateur au travers du produit, il propose un schéma représenté dans la Figure 13.

---

[76] Cette ambiguïté, que discutent McGrenere et Ho (McGrenere et al., 2000), est à l'origine d'une certaine confusion et controverse dans la communauté en IHM, qui mènera Norman à clarifier sa pensée (Norman, 1999b). Dans un ouvrage ultérieur, il distingue ainsi les affordances *réelles* des affordances *perçues* (Norman, 1999a, p.123), reconnaissant s'être focalisé sur la manière dont l'utilité d'un produit est communiquée à l'utilisateur, plutôt que sur l'utilité du produit lui même.

[77] Rouse et Morris définissent ces derniers comme des « mécanismes par lesquels les individus sont en mesure de générer des descriptions de l'objectif et la forme d'un système, des explications sur son fonctionnement et l'état observé, ainsi que des prédictions sur ses états futurs » (Rouse et al., 1985, p.351).

[78] Staggers et al. (Staggers et al., 1993) discutent de manière exhaustive de la construction des modèles mentaux et de leurs implications dans le domaine des IHM.

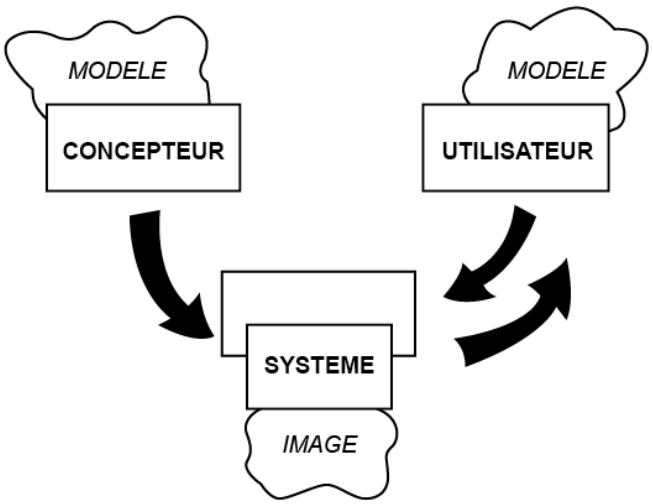


Figure 13. La construction des modèles conceptuels, adapté de Norman.

Norman distingue le modèle conceptuel formé par le designer au moment de la conception de celui développé par l'utilisateur lors de l'interaction avec le produit fini. En intervenant sur la structure physique de ce dernier, ses affordances et le retour qu'il délivre, le designer contribue ainsi à créer l' « image du système »[79] qui permet à l'utilisateur de se figurer le fonctionnement du produit. Dans le cadre de la conception d'un produit, il est donc crucial que l'image du système reflète de manière claire et cohérente le modèle conceptuel du designer afin que l'utilisateur ne forme pas un « mauvais » modèle. Les décalages susceptibles de se produire entre les deux modèles expliquent ainsi, selon Norman, les difficultés rencontrées par les utilisateurs. Pour corriger les éventuelles incohérences ou contradictions de l'image communiquées par le produit, il recommande notamment au designer de travailler sur les alignements et le comportement du produit (Norman, 2002, p.16).

2.4. Le travail sur les alignements et le retour délivré par le produit

Pour Norman, il est possible de rendre visibles les possibilités d'actions et les fonctions des produits en travaillant sur les alignements. Par ce terme, il désigne la relation entre ce qui peut être contrôlé par l'utilisateur et ce qui se produit réellement dans le monde réel. Il incombe donc au concepteur de décider de l'arrangement optimal des composants du produit, notamment ceux permettant d'interagir avec les fonctions, afin d'aider l'utilisateur à comprendre dans quel objectif il peut être employé. La notion d'alignement fait donc en partie écho à celle de

[79] Cette image résulte de toute la partie « visible » du produit, mais également des documentations, des instructions ou des étiquettes qui l'accompagnent.

feedforward, dans la mesure où elle permet de rendre les fonctions plus « explicites[80] ». Elle conditionne également le retour délivré par le produit, par lequel l'utilisateur est informé du résultat de ces actions.

Norman propose ainsi de travailler à des « alignements naturels » afin que les opérations permises par le produit aient des conséquences pouvant être « directement » perçues par l'utilisateur et ce de manière continue. Il recommande notamment de spatialiser les composants permettant le contrôle des produits de manière à ce que les fonctions soient plus faciles à appréhender. L'exemple de l'arrangement des commandes d'une plaque de cuisson, repris dans la Figure 14, illustre l'analogie physique employée afin de créer cet « alignement naturel » (Norman, 2002, p.77). Outre la spatialisation, Norman propose également de tirer parti des phénomènes naturels ou de conventions culturelles établies.

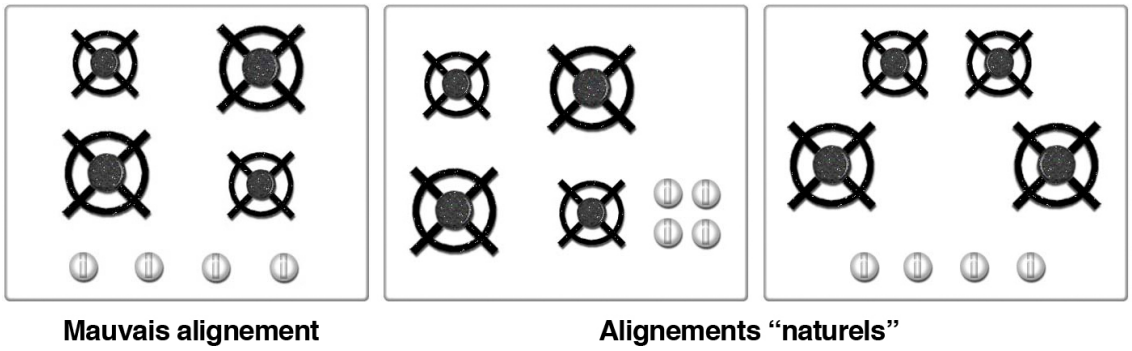


Figure 14. Trois exemples d'alignements d'une plaque de cuisson.

Pour Djajadiningrat et al., le travail sur les alignements a néanmoins des limites. Ils considèrent en effet que, dans le cadre de la conception de produits électroniques, les boutons et écrans ne peuvent faire l'objet d'un arrangement spatial porteur de « sens » pour l'utilisateur. L'information est en effet « invisible » et mène souvent à des événements « symboliques ». Le principe d' « alignement naturel » échoue donc selon eux à « rendre les choses abstraites plus intuitives » (Djajadiningrat et al., 2002). Ils recommandent ainsi d'explorer d'autres solutions, telles que les interfaces tangibles, afin de garantir le *feedforward* et le retour des produits.

[80] Il est cependant important de préciser que Norman ne considère pas ce caractère explicite comme une condition nécessaire à un « bon design ». Il récuse l'idée que toutes les tâches peuvent être rendues « intuitives » : certaines sont en effet trop complexes et nécessitent un apprentissage chez l'utilisateur (Norman, 1999a, p.173).

3. DE LA DEFINITION DES PRODUITS A DES PROCESSUS DE CONCEPTION

En étudiant la perception et les actions des utilisateurs, les chercheurs ont mis en évidence des principes à appliquer afin de garantir la compréhension et l'utilisation des produits. Si les théories élaborées en sciences cognitives constituent un support au travail du concepteur, elles ne mettent cependant pas en perspective les étapes menant à la définition et au design des produits. Après avoir examiné les produits au travers de leurs interactions avec les utilisateurs, de la manière dont ces derniers interprètent leurs fonctions, leurs interactions (ou comportement) et leur forme, nous discutons de l'intégration de ces trois dimensions. Nous portons ici un regard plus spécifique sur les produits électroniques, dont le couplage de la forme, des interactions et des fonctions apparaît par les chercheurs comme plus « lâche » que les produits mécaniques ou les produits artisanaux[81]. Aucune « raison technique » ne contraint en effet aujourd'hui le concepteur à exprimer les fonctions au travers d'une forme spécifique. Il convient donc d'examiner la manière dont une « unité » des dimensions caractérisant les produits peut être assurée ou « restaurée ». Nous proposons, dans cette section, d'évoquer plusieurs modèles permettant de définir les produits et d'envisager, à partir des relations qui les caractérisent, les différentes étapes permettant leur création. Après avoir plus longuement évoqué les modèles de Joep Frens (Frens, 2006) et de John Gero (Gero, 1990), nous évoquerons l'approche prescriptive traditionnellement utilisée dans les métiers de la conception.

3.1. Le modèle exploratoire de Frens

Le chercheur et designer produit Joep Frens envisage les produits à partir de trois dimensions: la forme, les interactions et les fonctions (Frens, 2006, p.57). Il définit ainsi les produits électroniques au travers d'un schéma, repris dans la Figure 15, mettant en perspective chacune de ces dimensions et illustrant le rôle crucial de l'interface utilisateur. Dans cette vision, l'utilisateur atteint en effet les fonctions[82] du produit au travers d'opérations avec une interface. Les contrôles matérialisés par cette dernière sont couplés aux composants électroniques embarqués. Selon Frens, la forme du produit, qui se compose de l'interface, doit

[81] Frens (Frens, 2006, p.56) évoque l'exemple du marteau, qui, de par sa forme, invite à la préhension, et de par son interaction, réalise également la fonction. Il oppose ce dernier aux produits intégrant des microcontrôleurs, dont les fonctions sont généralement gérées au travers d'une plateforme logicielle, et les interactions délivrées par des boutons et des écrans. Norman fait un parallèle équivalent entre les produits mécaniques et électroniques dans l'ouvrage « The Invisible Computer » (Norman, 1999a).

[82] Frens ne propose pas de définition formelle des fonctions. Il considère de manière globale certaines fonctions « dures » du produit, héritées des technologies employées, ainsi que les paramètres permettant une utilisation particulière. Les choix pris par le designer permettent ainsi de placer certains paramètres au même niveau qu'une fonction dite du « système » (Frens, 2006, p.61).

non seulement communiquer à l'utilisateur les possibilités d'actions mais également les fonctions liées à ces dernières. C'est la raison pour laquelle il représente un flux d'« information pour l'utilisation »[83] qui rappelle le concept d'affordance et désigne toutes les informations contribuant au *feedforward* et au retour délivré par le produit.

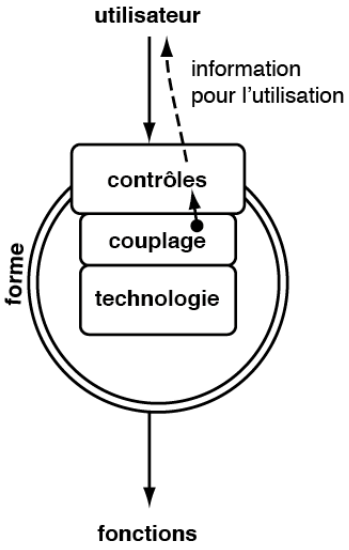


Figure 15. Définition des produits électroniques, adapté de Frens.

Frens considère que la forme, les interactions et les fonctions du produit ne peuvent pas être conçues séparément les unes des autres. En présentant ces dimensions au travers d'un modèle circulaire, illustré par la Figure 16, il renforce le caractère indissociable de chaque dimension et refuse d'établir une hiérarchie et une temporalité dans le processus de conception. Le designer doit selon lui « intégrer » ces dimensions en même temps, en développant sa propre démarche. Il suggère donc de développer chacune de ces dernières, mais également d'examiner les relations qui les unissent. Le modèle exploratoire qu'il propose met ainsi en évidence six composantes à prendre en compte lors de la conception de produits. Nous les récapitulons dans la suite.

[83] En anglais, *information-for-use*.

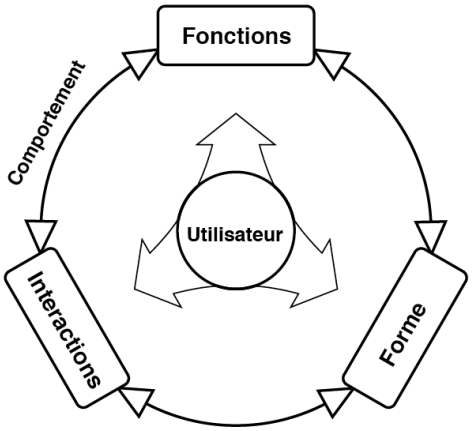


Figure 16. Modèle exploratoire, adapté de Frens.

Forme	L'exploration de la forme vise à « optimiser la qualité esthétique » de la forme. Elle amène à jouer d'équilibres et de symétries afin de déterminer les proportions du produit, ainsi que ses matériaux, ses textures et ses couleurs.
Interactions	L'exploration des interactions permet d'optimiser le « ressenti » des actions et des réactions entre l'utilisateur et le produit. Elle vise à renforcer le sentiment de contrôle et à établir le retour proposé par le produit.
Fonctions	L'exploration des fonctions porte sur les tâches que le produit permet de supporter et la manière de les rendre plus effectives. Elle amène à identifier la fonction primaire du produit et à déterminer les sous-fonctions.
Forme < > Interactions	L'exploration de la relation entre forme et interaction permet d'optimiser l'expression de l'information pour l'utilisation selon la perspective de l'action. Elle conduit à examiner les implications des interactions envisagées sur la forme afin de s'assurer que cette dernière « corresponde ». De la même manière, si une forme particulière est préférable, il convient d'examiner ses implications pour les interactions.
Forme < > Fonctions	L'exploration de la relation entre forme et fonction vise à optimiser l'expression de l'information pour l'utilisation selon une perspective fonctionnelle. Il s'agit ici de déterminer les solutions qui expriment, de la meilleure façon possible la fonction souhaitée dans un contexte donné.

Interactions < > Fonctions	L'exploration de la relation entre les interactions et les fonctions amène à optimiser l'adéquation entre les actions réalisées par l'utilisateur et les fonctions. Il s'agit donc de considérer, au-delà de toute considération formelle, les mouvements ou gestuelles permettant de signifier ou refléter des fonctions.

En mettant l'accent sur l'interrelation entre chacune des dimensions des produits, Frens revendique donc un processus de conception unique à chaque produit. Il préconise ainsi de « construire et d'essayer différentes solutions » par des outils qui favorisent l' « ambiguïté »[84], tels que le dessin ou le maquettage par le carton ou la mousse[85] (Frens et al., 2003). Le modèle développé par Frens reste donc très général : il permet d'analyser et de décrire les différentes dimensions des produits, mais ne suggère aucun ordre ou succession particulière des activités menées par le concepteur.

3.2. Le modèle microscopique « Fonction-Comportement-Structure » de Gero

Le modèle « Fonctions-Comportement-Structure »[86] (Gero, 1990; Qian et al., 1996; Gero et al., 2004) développé depuis 1990 au « Key Centre of Design Computing and Cognition » de l'Université de Sidney par John Gero et ses collaborateurs constitue un apport incontournable dans les travaux portant sur la définition fonctionnelle des produits[87]. Il permet également d'expliquer le processus de conception des produits à une échelle microscopique, en le présentant comme une activité visant à transformer un ensemble de fonctions (F) déterminé en une description (D) d'un produit permettant de produire ces fonctions.

Dans la version originelle de son modèle[88], Gero définit ainsi les produits à partir de trois dimensions ou variables décrivant différents aspects : les *fonctions* (F), le *comportement* (C) et la *structure* (S). La dimension fonctionnelle se rapporte ainsi à la téléologie du produit, c'est-à-dire ce que ce dernier peut « faire » au regard de l'objectif que l'utilisateur souhaite accomplir

[84] Par opposition à la rigueur imposée par les outils de conception assistée par ordinateur.

[85] Frens recommande aux designers d'intégrer des capteurs et des actuateurs à ces maquettes afin d'évaluer les interactions envisagées. Il préconise également l'utilisation de systèmes embarqués dont le comportement peut être programmé « par l'exemple », c'est-à-dire au travers de manipulations physiques.

[86] En anglais, *Function-Behavior-Structure*, FBS.

[87] Il n'existe pas de définition « stable » du concept de fonction. Les interprétations diffèrent en effet suivant les domaines de recherche et les auteurs, et n'ont cessé d'évoluer au cours du temps. Chittaro et Kumar (Chittaro et al., 1998) reviennent sur les nombreux courants et approches développés au sein de la communauté des sciences de l'ingénieur, du design et de l'intelligence artificielle.

[88] Il existe une version « située » du modèle, élaborée en 2004 (Gero et al., 2004).

dans un contexte donné[89]. La dimension comportementale décrit quant à elle les attributs pouvant être dérivés ou attendus de la structure du produit. Cette dernière se rapporte enfin à la topologie des éléments (ou composants) nécessaires au fonctionnement du produit. Elle désigne plus largement l' « arrangement » ou la forme du produit.

Pour Gero, le concepteur « construit » donc « par l'expérience » des connections entre les fonctions et le comportement de la structure d'un produit (Gero et al., 2004). Il attribue ainsi un comportement aux fonctions, afin d'envisager la structure permettant de refléter ce comportement. La dimension comportementale des produits revêt donc deux aspects. Gero la représente à partir du comportement « attendu » par le concepteur, et le comportement « réel », dérivé de la structure. Le modèle qu'il propose, illustré par la Figure 17, permet d'illustrer cette différence et de mettre en perspective les connections entre chaque dimension des produits. On y distingue notamment huit processus jugés « fondamentaux » dans la conception, que nous décrivons succinctement ci-dessous.

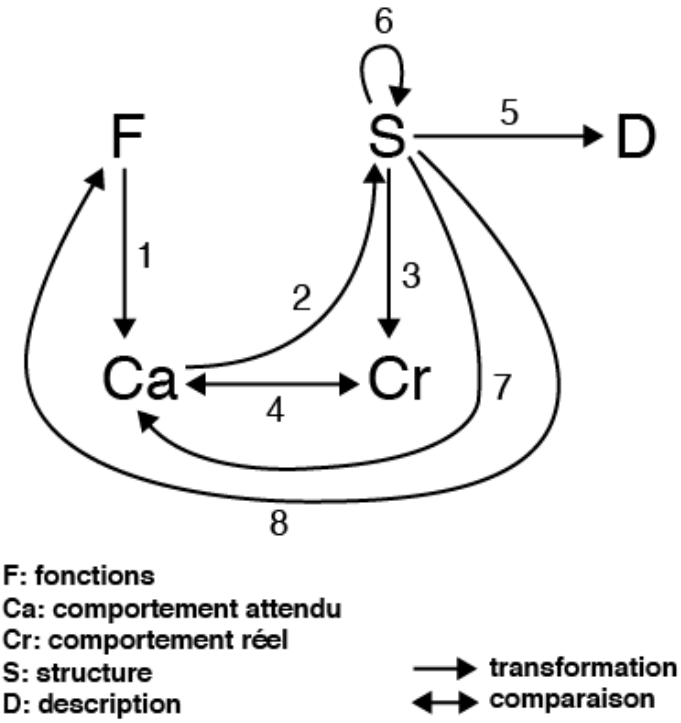


Figure 17. Le modèle "Fonctions-comportement-structure", adapté de Gero.

[89] Dans l'approche téléologique, la fonction est vue comme une abstraction d'un état possible du produit, et peut être exprimée par un verbe d'action. Cette définition s'oppose à l'approche opérationnelle, qui amène quant à elle à considérer la fonction comme un flux, à partir des paramètres physiques qu'elle autorise, contraint ou contrôle. Choulier (Choulier, 2008, p.103) met ainsi en perspective les différences entre ces deux approches en prenant l'exemple du gond. La fonction primaire de ce dernier est alors, selon l'approche téléologique, de « supporter une porte », tandis qu'elle consiste à « transmettre au montant vertical fixe les efforts dus à la gravité » dans l'approche opérationnelle.

Processus 1 : **Formulation**	Les spécifications du produit, traduites par les fonctions (F), sont transformées en une description du comportement attendu (Ca).
Processus 2 : **Synthèse**	La description du comportement attendu (Ca) est transformée en une solution de structure (S).
Processus 3 : **Analyse**	Le comportement « réel » (Cr) est dérivé de la structure envisagée.
Processus 4 : **Evaluation**	Le comportement réel est comparé au comportement attendu afin de valider la structure envisagée.
Processus 5 : **Documentation**	La description du produit (D) est élaborée afin de permettre la fabrication du produit.
Processus 6 : **Reformulation A**	Si l'évaluation du comportement réel (Cr) au regard du comportement attendu (Ca) n'est pas satisfaisante, des changements peuvent être apportés à la structure afin de proposer une nouvelle solution.
Processus 7 : **Reformulation B**	Si l'évaluation du comportement réel (Cr) au regard du comportement attendu (Ca) n'est pas satisfaisante, le concepteur peut décider de reconsidérer ses attentes.
Processus 8 : **Reformulation C**	Si l'évaluation du comportement réel (Cr) au regard du comportement attendu (Ca) n'est pas satisfaisante, le concepteur peut reformuler les fonctions.

Bien qu'il soit principalement descriptif, le modèle FBS revêt également un caractère prescriptif[90] (Vermaas et al., 2007). Il présente en effet les différentes étapes du travail de conception à partir des différentes dimensions du produit, mais décrit également un processus « générique » et continu, durant lequel des reformulations et des itérations sont possibles. Ce processus se focalise cependant sur les interactions entre structure et comportement, il ne rend donc pas compte de l'intégralité de l'activité de conception.

[90] Selon Choulier (Choulier, 2008, p.23), les approches prescriptives de la conception « mettent en exergue la notion de processus, qui est vue comme une succession de tâches aboutissant à un livrable, avec des jalons et des livrables intermédiaires, ceci sans se focaliser sur un produit ou un type de produit donné.

3.3. Le modèle macroscopique de Roozenburg

Dans l'ouvrage « Product design : fundamentals and methods » (Roozenburg et al., 1995), Nobert Roozenburg, chercheur à l'Université Technique de Delft aux Pays-Bas, définit les produits à partir d'une approche « systémique »[91]. Il considère ces derniers comme un ensemble de composants ou parties ayant chacun une *forme* et des *propriétés* permettant de caractériser une *fonction*. Les spécificités de ces trois dimensions et leurs relations sont illustrées par la Figure 18. La forme revêt ainsi un aspect géométrique et physico-chimique, correspondant respectivement à la topologie et au matériau. Elle induit des propriétés dépendant principalement des matériaux utilisés (propriétés « intensives »), qui, une fois confrontées à la géométrie (propriétés « extensives ») déterminent les fonctions du produit. Propriétés et fonctions permettent donc de décrire le comportement du produit, mais diffèrent par leur degré d' « objectivité ». A l'inverse des propriétés, les fonctions sont en effet considérées au regard des conditions ou des modalités d'utilisation du produit. Par les fonctions qu'ils délivrent, les produits peuvent alors satisfaire les *besoins* des utilisateurs et réaliser des *valeurs* esthétiques, commerciales, ou sociétales.

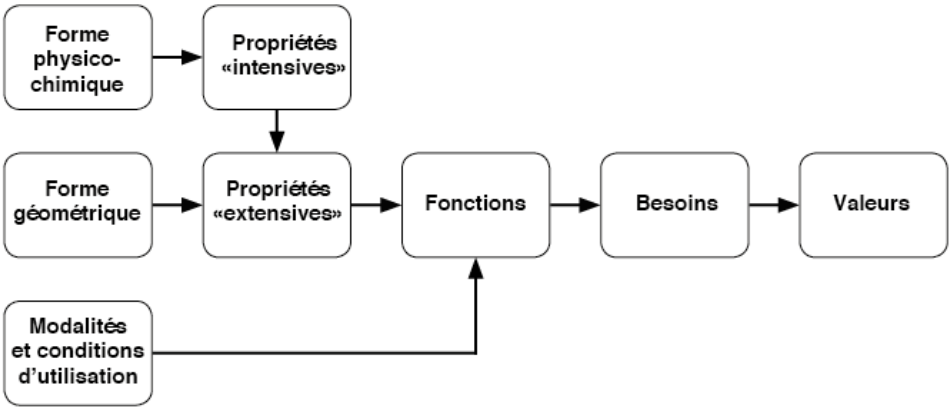


Figure 18. Les dimensions des produits, adapté de Roozenburg.

Roozenburg envisage l'activité de conception comme un processus linéaire, commun à tous les types de produits. La définition des différentes dimensions du produit implique ainsi le passage par plusieurs phases, dont il convient de respecter l'ordre (Roozenburg et al., 1995, p.104). Dans son ouvrage, il reprend le modèle de conception macroscopique élaboré par Pahl[92]

[91] Initié par les allemands Pahl et Beitz (Pahl et al., 2007), ce courant a eu une influence majeure en Europe dans les années 1980.

[92] Ce modèle fondateur est également à l'origine de la norme VDI 2221 (VDI, 1993), adoptée par la Société Allemande des Ingénieurs (*Verein Deutscher Ingenieur*) et employée dans l'industrie mécanique, mécatronique et logicielle.

et Beitz (Pahl et al., 2007), illustré par la Figure 19. Ce dernier s'articule autour de quatre étapes ponctuées par des « livrables » spécifiques : des « spécifications », des concepts, un design préliminaire, un design définitif et une documentation du produit. Nous les décrivons chacune ci-dessous.

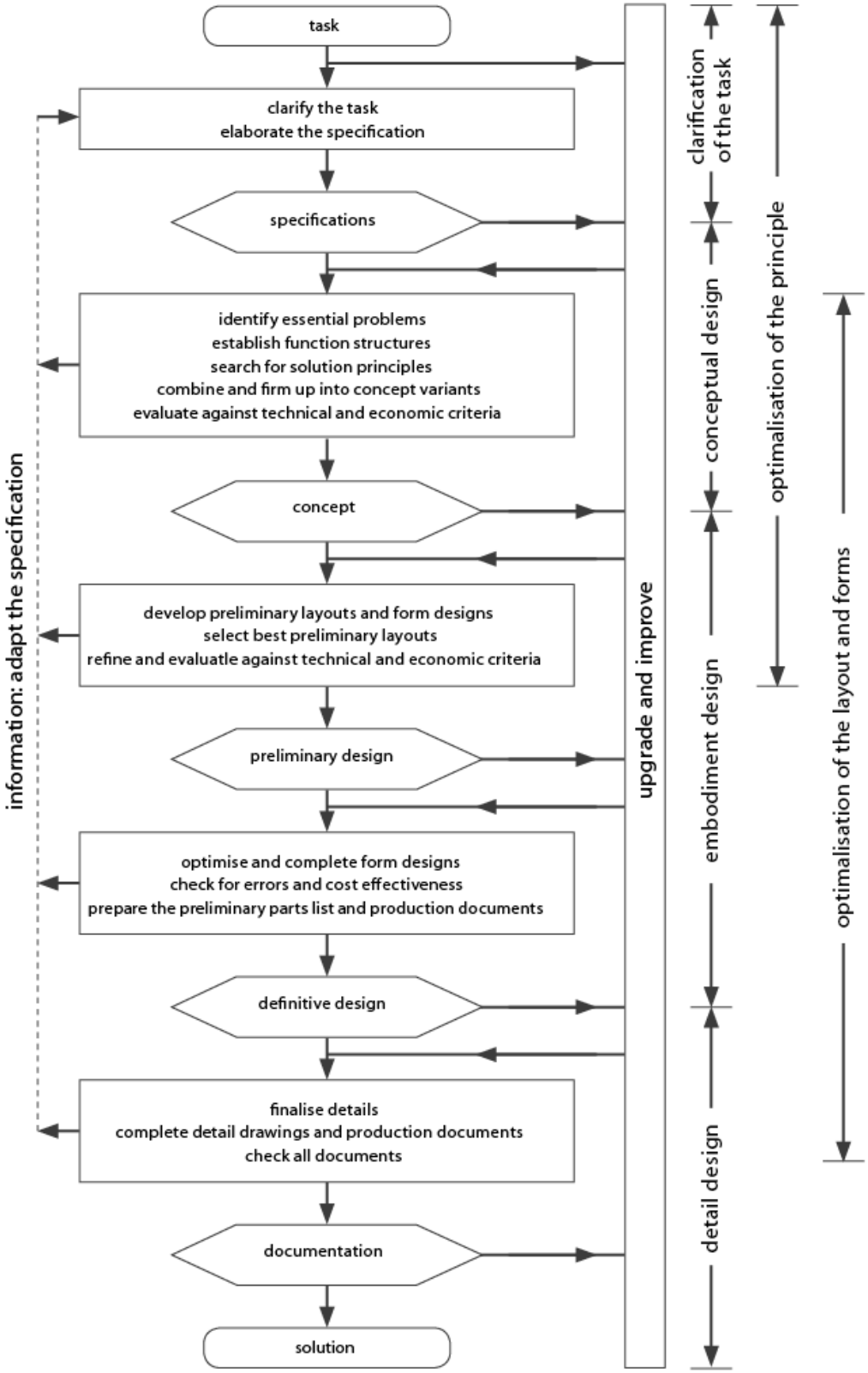


Figure 19. Le modèle de conception de Pahl et Beitz, repris par Roozenburg.

Etape 1 : **Clarification de la tâche**	La première étape vise à clarifier la tâche à accomplir, c'est-à-dire à identifier et analyser un problème afin d'élaborer la liste d'exigences. Ces dernières définissent les fonctions et les propriétés requises pour le produit envisagé et sont amenées à être revues au cours du travail de conception.
Etape 2 : **Recherche de concepts**[93]	Durant cette seconde phase, des « concepts » sont générés et évalués à partir des spécifications. Les fonctions et sous-fonctions essentielles au produit sont d'abord identifiées et structurées. Le concepteur explore ensuite pour chacune d'elles des principes menant à une solution globale. Plusieurs concepts peuvent être déclinés en tenant compte des contraintes techniques, esthétiques, économiques et d'usages.
Etape 3 : **Conception architecturale**[94]	La troisième étape amène le concepteur à travailler à l'agencement des différentes parties du produit, et donc à déterminer provisoirement la forme et les matériaux de ces derniers. Plusieurs « incarnations » du même concept peuvent être développées en parallèle afin de produire un « design » ou « agencement » préliminaire. La faisabilité technique et économique de ce dernier est ensuite évaluée. Une documentation du « design définitif[95] », illustrant et décrivant les parties du produit, est enfin élaborée.
Etape 4 : **Conception détaillée**[96]	La phase finale porte principalement sur la forme du produit. Le concepteur finalise les dessins techniques et détermine par ce biais les propriétés géométriques et physico-chimiques de ce dernier. Il prépare également des instructions pour la fabrication, l'assemblage et le test des différentes parties du produit et documente la manière dont il doit être utilisé et peut éventuellement être réparé.

[93] En anglais, *conceptual design*.

[94] En anglais, *embodiement design*.

[95] Contrairement à ce que suggère le terme, la description du produit est à ce stade toujours incomplète. Des maquettes ou des prototypes peuvent cependant être produits afin de vérifier que les exigences précédemment spécifiées ont bien été prises en compte.

[96] En anglais, *detailed design*.

Malgré son caractère procédural, le modèle de conception de Pahl et Breitz prévoit des boucles de retour en arrière suggérant une progression incrémentale. Ces itérations surviennent principalement lors de la phase de conception architecturale du produit. Ce dernier doit en effet constamment analyser, synthétiser, simuler et évaluer les problèmes identifiés et les solutions envisagées. Il est donc difficile de modéliser les tâches de cette phase, dans la mesure où elles sont souvent guidées par une logique d' « essai-erreur ». On peut ainsi reprocher à ce modèle de trop mettre l'accent sur la phase de génération de concepts, au détriment de celles visant à élaborer et détailler des solutions d'architecture. En pratique, beaucoup de produits peuvent en effet être conçus à partir de principes techniques éprouvés.

Chapitre 4: Les produits augmentés, une nouvelle génération de produits à concevoir

La baisse des coûts des composants électroniques tels que les microcontrôleurs et les puces de connectivité conduit aujourd'hui les fabricants de produits électroniques à renouveler et améliorer leur offre. La nouvelle génération de produits bruns et blancs, indispensables à notre quotidien et omniprésents dans l'habitat, développe ainsi une nouvelle propriété: celle de se connecter à Internet. Ces produits *connectés*, potentiellement capables d'échanger des données avec les ressources du Web, n'entrent cependant pas en rupture avec leurs prédécesseurs. Souvent programmables, pilotables à distance et connectables à des services généralement délivrés par le biais de terminaux, ils perpétuent l'héritage fonctionnel établi, en proposant des interactions simplifiées mais rarement renouvelées. Ces versions « améliorées » des produits existants préfigurent selon nous l'émergence de produits *augmentés*, tirant réellement parti de la connectivité et des capacités de traitement de l'information dont ils sont dotés. Par ce terme, nous suggérons que des produits plus « intelligents » et aux fonctions plus proches des besoins des utilisateurs puissent être conçus. Pour réaliser ces promesses, il incombe au concepteur de produits augmentés de considérer l'information comme un nouveau matériau pour le design. Après avoir proposé une définition de ces produits, nous revenons dans ce chapitre sur la transformation de l'architecture des produits et les enjeux que suscite cette dernière pour les métiers de la conception.

1. DEFINITION ET CARACTERISTIQUES DES PRODUITS AUGMENTES

L'opportunité de créer des produits « augmentés », dotés de nouvelles capacités de traitement de l'information et de communication, n'a cessé d'être discutée dans la communauté en informatique, en ingénierie et en IHM. Les termes « smart object », « smart artefact », « smart device » ou « smart product » apparaissent ainsi de manière récurrente dans la littérature pour désigner des produits développant une nouvelle forme d'« intelligence » (G. G. Meyer et al., 2009). Pour Kortuem et al. (Kortuem, Kawsar, et al., 2010b), ces produits augmentés constituent les « briques » de l'Internet des Objets et des leviers pour la création de nouveaux types d'applications. Dans cette section, nous clarifions leur définition, présentons leurs caractéristiques et mettons en perspective leurs différentes matérialisations.

1.1. De nouvelles capacités informationnelle et communicationnelle

Plusieurs définitions impliquant l'augmentation, par des capacités de traitement de l'information et de communication, d'« artéfacts », « objets » ou « produits » utilisés au quotidien pour satisfaire les besoins des utilisateurs sont proposées dans la littérature. Elles

mettent en exergue trois nouveaux aspects des produits : une sensibilité au contexte, une intelligence et de nouvelles interactions.

Les travaux réalisés sur l'informatique sensible au contexte amènent dès les années 2000 à envisager l'intégration de capteurs dans les produits. Au travers du projet de tasse augmentée « MediaCup », Beigl et al. (Beigl et al., 2001) évoquent ainsi l'échange d'informations produites par un « objet instrumenté » avec d'autres artéfacts et/ou des applications. Pour Mattern (Mattern, 2003), le recours à des capteurs permet aux produits de « découvrir » leur situation, leur voisinage et leur histoire.

La capacité des produits à percevoir leur environnement, et à exploiter les informations captées, permet ainsi d'envisager la création d'applications couplées à ces derniers. Siegemund (Siegemund, 2004) souligne ainsi la manière dont les produits augmentés peuvent « déterminer de manière collective le contexte situationnel des utilisateurs et adapter le comportement des applications [qu'ils supportent ou délivrent] en conséquence ». Cette modification dynamique du comportement inaugure une nouvelle forme d'intelligence, que Streitz et al. (Streitz et al., 2005), souhaitent « responsabilisante » et non « dérangeante ». Cette intelligence doit permettre au produit d'« aider l'utilisateur à prendre des décisions et à agir de manière mature et responsable ».

L'intelligence que revêtent les produits augmentés permet aux concepteurs de développer de nouvelles interactions au sein des lieux qu'ils habitent. Kortuem et al. (Kortuem et al., 2007) soulignent ainsi leur capacité à « interagir avec l'environnement ou d'autres produits intelligents », tandis que Muhlhauser (Mühlhäuser, 2008) évoque leur « simplicité d'utilisation et une plus grande ouverture de par les interactions produit-utilisateur ou produit-produit qu'ils proposent ». Les produits augmentés sont en effet en mesure d'agir de manière proactive et de communiquer avec d'autres produits.

1.2. La définition des produits augmentés de Kawsar

Dans sa thèse, réalisée à l'Université Waseda au Japon, Fahim Kawsar (Kawsar, 2009) définit les produits intelligents comme des « objets tangibles instrumentés informatiquement selon un objectif précis et dans le but d'augmenter la perception humaine ». Ils sont « conscients de leur situation d'opération et capables de fournir des services complémentaires sans compromettre l'apparence et les interactions établies » (p.14). Les « services complémentaires » qu'évoque Kawsar permettent ainsi le partage d'informations sur le contexte d'utilisation et l'état du produit, des transferts de données proactifs et réactifs et des modifications du comportement.

Cette définition très complète, que nous proposons d'adopter, est complétée par une liste de six propriétés caractérisant les produits augmentés : l'identification, l' « attentitivité », la sociabilité, l'autonomie et la mémoire. Nous les décrivons chacune ci-dessous.

Identifiant unique	Chaque produit doit disposer d'une « présence numérique ». Il doit donc être associé à un identifiant unique tel que l'adresse de l'interface réseau ou un numéro attribué par le logiciel embarqué.
Attentivité	Un produit doit être « sensible » de son état et en mesure de fournir une description de la manière dont il est utilisé. Pour les produits « étiquetés », cette « attentivité » peut reposer sur une infrastructure secondaire.
Sociabilité	Un produit doit être capable de communiquer avec d'autres produits ou ressources afin de partager les données générées. Ces échanges peuvent être réalisés de manière directe ou passive, par le biais d'applications dédiées.
Autonomie	Un produit doit développer un certain degré d'autonomie et réaliser certaines actions de manière proactive. Il peut s'agir d'un changement d'état ou d'une modification plus complexe du comportement.
Mémoire	Un produit doit développer une « mémoire locale » de ses états permettant un historique de ceux-ci et de la manière dont il est utilisé. Elle peut également contenir une description statique et générale des fonctions des produits, ainsi que des annotations dynamiques ajoutées par l'utilisateur ou une application.

1.3. Les types de produits augmentés

Bouchard et al. (Bouchard et al., 2006) sont les premiers à examiner les moyens à mettre en œuvre pour augmenter les produits existants. Cette question nous intéresse particulièrement dans la mesure où elle a à la fois un impact sur la conception et sur l'utilisation des produits. Bien qu'elles soient exhaustives, la définition et les caractéristiques que nous avons précédemment présentées peuvent en effet recouvrir plusieurs types de produits à la structure et aux modalités d'interaction très différentes. Pour distinguer ces derniers, nous proposons de les caractériser au regard de deux dimensions formant une matrice illustrée par la Figure 20: l'approche développée et la nature de l'augmentation.

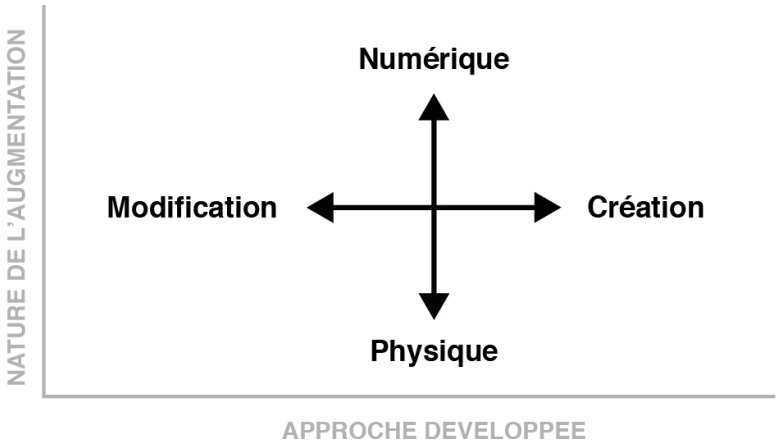
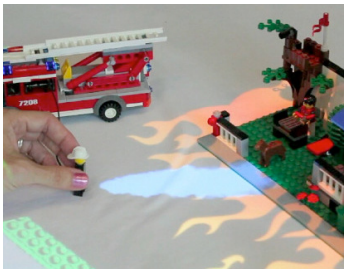
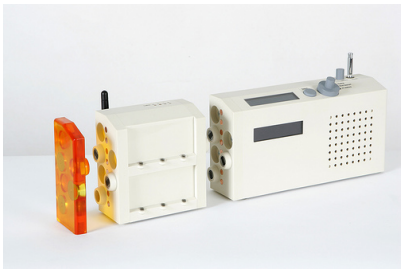


Figure 20. Les quatre types de produits augmentés.

La première dimension se rapporte à l'*approche développée* par le concepteur pour augmenter un produit. Nous identifions deux manières de procéder : l'augmentation peut être mise en œuvre par une simple *modification* d'un produit existant ou faire l'objet d'une nouvelle *création*. Dans le premier cas, le concepteur tend à respecter les conventions établies du produit, tandis que dans le second il peut s'en émanciper pour entièrement repenser le produit.

La deuxième dimension représente la *nature de l'augmentation*. Celle-ci peut être réalisée en intervenant sur la structure *physique* du produit, ou être simulée de manière *numérique*. Dans le premier cas, l'augmentation nécessite l'intégration de nouveaux composants électroniques. Dans le second, elle est rendue visible au travers d'informations et d'interfaces couplées ou superposées au produit déjà équipé de composants électroniques.

La matrice que nous proposons fait apparaître quatre types de produits augmentés, aux caractéristiques propres, que nous proposons d'illustrer au travers des projets « OASIS » (Ziola et al., 2011) de l'Université de Washington et des laboratoires Intel, « Siftables » (Merrill et al., 2007) du Media Lab du MIT, « Mediacup » (Beigl et al., 2001) du groupe TECO de l'Université de Karlsruhe et « Olinda » (Schulze et al., 2008) de l'agence Schulze & Webb (aujourd'hui appelée Berg).

Modification numérique	Création numérique
 Le projet OASIS vise à modifier numériquement des produits ou objets du quotidien. Il s'articule autour d'un dispositif capable de reconnaître des artéfacts (ici, des jouets LEGO) et de projeter des interfaces graphiques communiquant de nouvelles fonctions sur ou autour de ces derniers.	Le projet Siftables vise à créer de nouveaux produits (ici, un jeu) dont la forme et les capacités de communication facilitent les interactions avec les informations qu'ils matérialisent. L'utilisateur peut agir sur les fonctions associées à cette nouvelle plateforme en manipulant et combinant chaque « carreau ».
Modification physique	**Création physique**
Le projet Mediacup vise à modifier physiquement des produits ou objets du quotidien (ici, des tasses). Les composants intégrés permettent de mesurer de nouvelles informations relatives à l'utilisation de ces dernières (la température, l'emplacement, les mouvements) et de créer des applications plus globales.	 Le projet Olinda vise à créer de nouveaux produits (ici, une radio) développant des fonctions « sociales » (partage de l'activité en cours, vote pour un contenu, envoi de messages). La structure et les interactions du produit ont été revues afin de permettre à l'utilisateur de les visualiser et de les contrôler facilement.

Parmi ces quatre exemples de produits augmentés, celui de la radio Olinda nous paraît le mieux refléter notre vision. Les approches basées sur la modification, physique ou numérique, de produits existants présentent en effet des limites. A l'inverse d'objets très simples tels que la tasse, la structure des produits plus complexes ne se prête pas, selon nous, à l'intégration de nouveaux composants électroniques. La projection d'information sur ces derniers nécessite quant à elle des dispositifs difficiles à mettre en place et dont le champ d'action est limité. Les approches basées sur la création de nouveaux terminaux ou produits nous semblent plus riches, dans la mesure où elles invitent à envisager de manière nouvelle le travail de conception. A l'instar des terminaux que nous avons évoqués dans le Chapitre 3, les Siftables constituent des supports dédiés à l'information. Dans le cadre de notre étude, il nous paraît intéressant d'explorer l'opportunité de tirer parti de cette information et de la considérer comme un nouveau matériau pour la conception de produits.

2. L'INFORMATION : UN NOUVEAU MATERIAU PERMETTANT LA CREATION D'APPLICATIONS

Dans l'ouvrage « Smart Things: Ubiquitous Computing User Experience Design », le designer Mike Kuniavsky (Kuniavsky, 2010) considère la capacité d'un produit à traiter l'information comme un matériau permettant d'améliorer son offre fonctionnelle[97]. Elle ne constitue donc plus une finalité, mais une des nombreuses qualités permettant de rendre le produit plus utile et désirable (p.44). Il est donc important de faire la distinction entre les produits permettant l'*accès* à l'information, tels que les terminaux, de ceux qui l'intègrent et l'*utilisent* au même titre que d'autres matériaux. Pour Kuniavsky, il incombe aux concepteurs d'examiner les « propriétés » de l'information et la manière dont elles peuvent être employées par les produits augmentés. L'architecture des produits tend ainsi à se transformer au regard des nouvelles capacités, possibilités et contraintes, qui, en plus de permettre la création soulèvent par ailleurs de nouveaux enjeux pour le concepteur, et en particulier le designer. Nous revenons sur ces aspects dans cette section.

2.1. Les capacités, possibilités et contraintes de l'information

A l'inverse des matériaux traditionnels, dont il est possible de mesurer la dureté, l'élasticité, la flexion, la résistance, la rugosité ou encore la viscosité, l'information ne dispose pas de propriétés mécaniques. Composée de données binaires et non d'atomes, elle est donc plus difficile à caractériser. Pour Kuniavsky (Kuniavsky, 2010, p.49), elle présente cependant

[97] Redström et Hallnass (Redstrom, 2001; Hallnäs et al., 2002) défendent également cette idée dans leur travaux.

des capacités dérivées des propriétés des composants électroniques utilisés, des possibilités correspondant aux techniques pouvant être employées, et génère des contraintes propres à son utilisation. Nous les décrivons chacune ci-dessous.

Capacités	• L'information peut traduire ou générer des phénomènes physiques externes au produit. L'utilisation de capteurs et d'actuateurs permet ainsi de développer des modalités d'entrée et de sortie et de créer une interface utilisateur. • L'information peut être stockée de manière à maintenir un « état » du produit. Cette mémoire permet à ce dernier de fonctionner selon une configuration établie à un moment donné. • L'information peut être répliquée sans erreur ni coût important. Les produits ne dépendent donc plus d'une information locale, ils peuvent tirer parti ou solliciter des sources externes. • L'information peut être transmise plus rapidement que ne peuvent le percevoir les individus. Elle peut donc être utilisée pour opérer les différentes fonctions des produits.
Possibilités	• L'information permet de définir et de développer un comportement du produit. Ce dernier revêt alors une forme d' « intelligence » qui le rapproche des êtres vivants. • L'information permet au produit de modifier, en temps réel ou selon certaines requêtes ou circonstances, son comportement ou certaines de ses fonctions. • L'information peut être utilisée pour représenter et manipuler des connaissances. Un produit peut alors organiser ces dernières afin de supporter les besoins des utilisateurs.
Contraintes	• L'information nécessite de l'énergie électrique. Elle implique l'intégration d'une source d'alimentation dans le produit, tenant compte des contraintes de dissipation de chaleur et de rechargement. • L'information n'est pas un matériau homogène. Elle requiert une pléthore de composants électroniques devant être reliés les uns aux autres.

2.2. De l'information aux applications augmentant le produit

Dès lors qu'ils utilisent l'information comme un matériau, les produits augmentés ne peuvent plus être considérés comme un assemblage de composants ou de parties disjointes, mais comme un « tout » (Kuniavsky, 2010, p.46). Ils tendent ainsi à se transformer, comme l'évoquait Kawsar (Kawsar, 2009, p.14) dans sa définition, en « services » (Jammes et al., 2005) mettant à disposition, grâce à des composants logiciels, leurs fonctions et les informations qu'ils génèrent. Cette vision, caractéristique de l'approche du Web des Objets (Duquennoy et al., 2009; Guinard et al., 2011; Christophe et al., 2011) permet d'envisager la création d'applications améliorant les fonctions des produits, ou visant, comme cela est souvent décrit dans la littérature, à modifier leur comportement. Kortuem et Kawsar (Kortuem et al. 2010a) et Munjin et Morin (Munjin et al., 2012) évoquent ainsi la possibilité de développer un nouvel écosystème d'applications basées sur les produits, inspiré du modèle de « boutiques d'applications » des terminaux. Ils soulignent que ces dernières sont cependant bien plus complexes à développer que celles conçues pour les téléphones et que l'on n'en connaît pas encore leurs usages.

Ces applications constituent donc la couche la plus haute d'une nouvelle architecture produit entièrement basée sur des composants logiciels. Elles permettent de faire le lien entre plusieurs produits ou entre un produit et des services Web. Pour Atzori et al. (Atzori et al., 2010), l'architecture « orientée service », utilisée pour le développement de services Web, permet de décomposer les systèmes souvent complexes et monolithiques des produits en un ensemble de composants présentés sous la forme de trois « couches » distinctes. Ces dernières, illustrées dans la Figure 21, constituent l'intergiciel des produits : ils permettent de faire le lien entre les composants employés et les applications existantes ou futures. Nous les décrivons chacune dans la suite.

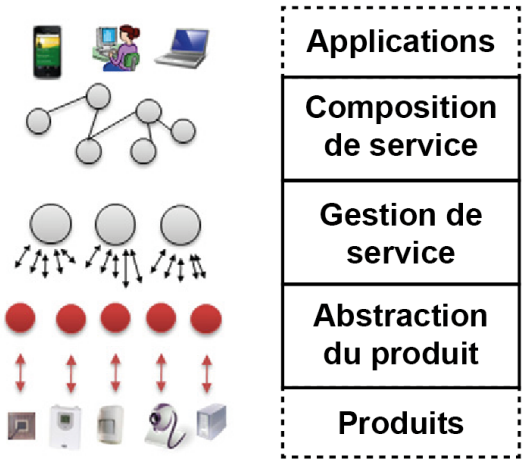


Figure 21. Architecture SOA des produits, adapté de Atzori et al.

Applications	La couche « applications » communique les fonctionnalités du produit à l'utilisateur. Si elle n'est pas considérée comme une partie intégrante du « middleware », elle exploite toutes les couches de ce dernier. Elle peut également tirer parti de ressources ou systèmes distribués.
Composition de service	La couche « composition » facilite la combinaison des différents services fournis par le produit et permet la création d'applications. Elle décrit des processus représentés comme des séquences d'actions réalisées par chaque service.
Gestion de service	La couche « gestion » dresse un catalogue des services disponibles à partir des fonctions décrites du produit. Elle offre également des outils permettant leur « découverte », leur « monitoring » et leur configuration.
Abstraction du produit	La couche « abstraite » permet de décrire les fonctions du produit à l'aide d'un langage commun. Elle vise à transformer les commandes spécifiques au produit et à les « exposer », c'est-à-dire à les rendre accessibles, au travers d'une interface Web.
Produit	La couche « produit » correspond au système embarqué, c'est-à-dire à l'ensemble des composants électroniques permettant l'identification, la communication et l'opération du produit.

2.3. Une nouvelle manière de concevoir

L'architecture orientée service bouleverse les conventions établies pour organiser et décrire le travail de conception. L'opportunité de créer des applications intégrées ou tirant parti des produits suscite de nombreuses questions, auxquelles les concepteurs n'ont pas encore de réponses. Pour Greenfield (Greenfield, 2007, p.189), ces derniers ne « savent pas encore comment parler de ces questions, ni ensemble, ni avec leurs clients, et encore moins avec les gens qui sont censés utiliser les choses qu'ils sont en train de construire ». Cette difficulté s'explique par le caractère très spécifique des questions traitées par les concepteurs et les chercheurs. En effet, le découpage des produits sous la forme de « briques technologiques » ne permet pas d' « imaginer le schéma global dans lequel s'inscrivent ces développements » (p.164).

Pour Kuniavsky (Kuniavsky, 2010, p.46), la fragmentation des activités de conception « disloque le rôle clé de l'information comme un matériau essentiel à la création d'une expérience utilisateur ». En séparant l'ingénierie électronique du design industriel, du

développement logiciel et de la création de contenu, les concepteurs ne peuvent partager une vision commune du produit que lorsqu'il est « déjà trop tard ». Il postule qu'un « changement d'attitude dans la manière de concevoir, dans la séquence ou les étapes par lesquelles l'expérience est créée et les individus impliqués » est nécessaire. Il recommande ainsi d'élaborer un processus interdisciplinaire, itératif et centré sur les besoins de l'utilisateur, afin de créer de meilleurs produits.

Greenfield et Kuniavsky regrettent tous deux l'absence d'une communauté dévolue à la conception industrielle de produits augmentés ou de systèmes ubiquitaires. Malgré l'adoption des architectures orientées service et l'utilisation récurrente de composants logiciels similaires, il n'existe pas en effet de conventions permettant de décrire le fonctionnement des produits augmentés, les interactions qu'ils délivrent et le rôle changeant qu'ils assurent dans un contexte donné. Bien qu'encore très peu traités et discutés, les enjeux liés au design doivent donc être explorés (Kortuem et al., 2010b).

3. ENJEUX POUR LE DESIGN DE PRODUITS AUGMENTES

Les produits augmentés, dont l'architecture permet de supporter une pléthore d'applications, ont un potentiel invisible, qu'il convient de révéler. Greenfield met ainsi en garde les designers contre le décalage entre l'apparence des produits et leurs capacités. Il prévient qu'il ne sera « pas évident de savoir comment fonctionnent [ces derniers], ni même d'être certain, qu'ils peuvent faire quoi que ce soit » (Greenfield, 2007, p.134). Cette déclaration quelque peu provocatrice souligne la nécessité pour le designer de mettre en œuvre tous les possibles pour communiquer les fonctions établies et « augmentées » des produits aux utilisateurs. Les solutions employées, tant sur le champ de la forme ou des interactions, ne doivent pas seulement permettre de refléter les possibilités d'actions, mais également les mécanismes qui définissent le comportement et l' « intelligence » des produits augmentés. Pour les quelques chercheurs en IHM ayant traité des produits augmentés, les concepts et les théories établis dans le design produit ne reflètent pas les nouveaux enjeux suscités par ces derniers. Il convient donc de les réexaminer. Dans cette section, nous revenons sur la nécessité de respecter les conventions établies des produits, nous introduisons le concept d'intelligibilité et présentons une évolution possible de la théorie de l'action proposée par Bellotti (Bellotti et al., 2002).

3.1. Enjeux liés à l'augmentation fonctionnelle des produits

Chi et al. (Chi et al., 2007) mettent en perspective les choix auxquels sont confrontés les concepteurs de produits augmentés dans un article répertoriant des projets issus des milieux académique et industriel. Leur analyse de l'état de l'art les amène à créer une heuristique, illustrée dans Figure 22, visant à faciliter le travail des designers. A l'instar de Bouchard et al. (Bouchard et al., 2006), ils proposent d'envisager l'augmentation d'un produit au regard des

fonctions existantes. Ils traitent également des moyens à mettre en œuvre pour réaliser l'augmentation, en mettant l'accent sur les interactions qui permettront aux utilisateurs d'agir sur les nouvelles fonctions, plutôt que les modifications structurelles à apporter au produit. L'augmentation revêt donc une dimension fonctionnelle et interactionnelle, qui doivent chacune être envisagées en relation avec les conventions déjà établies.

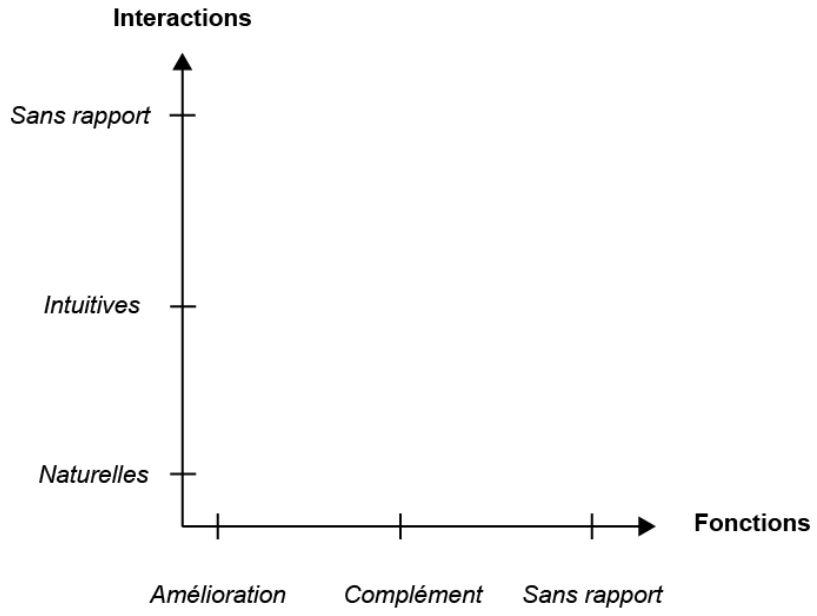


Figure 22. Modèle décrivant deux aspects de l'augmentation, adapté de Chi et al.

En augmentant un produit, les concepteurs ont ainsi la possibilité de renforcer ou de diversifier les fonctions pré-existantes. Lorsque l'augmentation vise à répondre au même besoin que celui que satisfont déjà les fonctions du produit, Chi et al. la considèrent comme une « amélioration ». Ils évoquent ainsi l'exemple de la chaussure Adidas « 1 », commercialisée en 2005[98], qui intègre des capteurs pour adapter la semelle aux types de surfaces rencontrées et ainsi favoriser le confort de l'utilisateur. L'augmentation peut également servir à étendre les fonctions existantes du produit. Elle est alors vue comme un « complément » logique à l'usage établi. En augmentant une table avec des capteurs capables d'identifier la quantité de denrées consommées, Chi et al. proposent d'aider les utilisateurs à surveiller leur alimentation. L'augmentation envisagée par le concepteur peut enfin s'éloigner des fonctions existantes, jusqu'à n'avoir « aucun lien » avec ces dernières. L'ajout d'un écran permettant l'accès à Internet sur la porte d'un réfrigérateur diffère par exemple radicalement des fonctions de stockage et de préservation des aliments qu'assure le produit.

[98] Suite à des problèmes de fiabilité, le produit a été retiré de la vente en 2006.

En renforçant ou intégrant de nouvelles fonctions à des produits existants, les concepteurs sont également amenés à réfléchir à la manière dont les utilisateurs pourront y accéder et les contrôler. Ils ont ainsi la possibilité de tirer parti des modalités d'interaction déjà établies ou d'en développer de nouvelles. Chi et al. considèrent ces interactions comme « invisibles » lorsqu'elles ne nécessitent aucun apprentissage particulier de la part des utilisateurs. Le pinceau augmenté « I/O Brush » (Ryokai et al., 2004) du MIT permet par exemple de capturer une couleur sur l'environnement comme s'il s'agissait d'une palette de peintures. Des interactions nouvelles, faisant écho à celles établies, peuvent également être développées. Elles sont alors qualifiées d'« intuitives », dans la mesure où elles permettent de préserver une certaine cohérence dans le produit. Bien que plus complexes à appréhender, les modalités d'interaction du robot Topobo (Raffle et al., 2004), également développé au MIT, rappellent ainsi celles des blocs LEGO. En développant des interactions totalement nouvelles, les concepteurs prennent enfin le risque que les utilisateurs doivent réapprendre à utiliser le produit. La montre Casio intégrant une caméra ne ressemble ainsi en rien à une montre traditionnelle.

En discutant des possibilités offertes aux concepteurs lors de la création de produits augmentés, Chi et al. défendent l'idée que les nouvelles fonctions et interactions ne doivent pas altérer ou entrer en conflit avec celles déjà établies. Ils recommandent de privilégier une « sensibilité fonctionnelle » et une « facilité d'interaction » pour garantir l'utilisabilité et l'adoption des produits par les utilisateurs.

3.2. Du concept d'affordance à celui d'intelligibilité

Pour Abowd et Mynatt (Abowd et al., 2000), le principal frein à l'adoption des produits augmentés par les utilisateurs réside dans la crainte qu'ils puissent « faire quelque chose derrière le dos ». Cette peur est selon eux provoquée par un manque de connaissances sur la manière dont les produits sont opérés, et dont ils collectent des informations sur leur contexte d'utilisation. Pour développer une « attentitivité », une autonomie et une mémoire, les produits augmentés tirent en effet parti de mécanismes invisibles aux yeux des utilisateurs. Il convient donc de s'assurer que ces derniers soient en mesure de les percevoir. Les concepteurs sont donc confrontés à un enjeu de visibilité, similaire à celui discuté par Norman, qui dépasse cependant l'expression des possibilités d'actions. En étudiant les produits électroniques, Frens regrettait déjà l'étroitesse du « canal » que représentent les interfaces utilisateurs (Frens, 2006). La nécessité de communiquer des informations de plus en plus « abstraites », mais pourtant nécessaires à l'utilisation du produit, apparaît donc, dans la perspective des produits augmentés, d'autant plus cruciale.

De nouveaux concepts, complémentaires à ceux d'affordance et d' « information pour l'utilisation », ont été proposés afin de prendre en compte les systèmes intégrés aux produits. La plupart ont émergé de la communauté de chercheurs en UbiComp et des premiers travaux sur

l'informatique sensible au contexte. Nous présentons ci-dessous les travaux de Bellotti et al. (Bellotti et al., 2001), Cheverst et al. (Cheverst et al., 2001; Cheverst et al., 2005), Jameson et al. (Jameson et al., 2004), Kay et al. (Kay et al., 2003) et Zigelbaum (Zigelbaum, 2008).

Intelligibilité	Bellotti et al. discutent de l'importance d'expliquer aux utilisateurs le fonctionnement des systèmes et leurs éventuelles erreurs. Ils proposent le terme d' « intelligibilité » pour décrire le degré selon lequel les utilisateurs sont en mesure de percevoir ce qu'ils « savent, la manière dont ils le savent et ce qu'ils font de ces connaissances ».
Prédictabilité	Cheverst et al. mettent l'accent sur la capacité des utilisateurs à prévoir, jusqu'à un certain niveau, le fonctionnement des systèmes. Ils évoquent un niveau de « prédictabilité » garantissant la confiance des utilisateurs et permettant la compréhension et le contrôle des mécanismes internes lorsque cela est nécessaire.
Compréhensibilité	Jameson et al. s'intéressent à la capacité des utilisateurs à « regarder à travers l'enveloppe des systèmes » pour examiner leurs mécanismes internes. Il distingue ainsi plusieurs niveaux de « compréhensibilité », qui se rapportent au degré selon lequel les systèmes communiquent à l'utilisateur les informations nécessaires à leur fonctionnement.
Scrutabilité	Kay et al. s'intéressent plus particulièrement à la manière dont les systèmes peuvent être personnalisés par rapport à un profil utilisateur. Il propose le terme de « scrutabilité », qui correspond aux situations où « l'utilisateur veut savoir pourquoi les systèmes fonctionnent de cette manière et ce que le modèle utilisateur semble connaitre d'eux ».
Lisibilité externe	Zigelbaum étudie le design d'interfaces utilisateurs au regard des notions de *feedforward* et de retour. Par le terme de lisibilité externe, il décrit la capacité d'un tiers à comprendre les mécanismes d'un système par l'observation des actions d'un utilisateur.

Si, parmi ces cinq termes, c'est celui d' « intelligibilité » qui est aujourd'hui le plus employé, tous suggèrent l'importance de communiquer à l'utilisateur des informations permettant de comprendre les mécanismes internes, et souvent invisibles, des systèmes. Ils font par conséquent référence à une nouvelle propriété ou qualité des produits, qu'il convient de développer ou de satisfaire. Pour Bellotti et al., l'enjeu d'intelligibilité suscite également la

problématique du contrôle du comportement des systèmes par les utilisateurs. La perception constitue une étape nécessaire à l'intervention de ces derniers. Cette relation entre intelligibilité et contrôle est notamment discutée par Vermeulen et al. (Vermeulen, 2010; Vermeulen et al., 2011). Elle est également développée par Coutaz (Coutaz, 2007) dans un article sur les interfaces utilisateurs, dans lequel elle identifie trois dimensions de l'intelligibilité. Dans la suite de notre travail, nous nous baserons sur la définition présentée ci-après.

Observabilité	Capacité des utilisateurs à évaluer l'état interne d'un système à partir de la représentation qui peut être observée.
Traçabilité	Capacité des utilisateurs à observer l'évolution d'un système au cours du temps, sans pouvoir pour autant intervenir sur cette évolution.
Contrôlabilité	Capacité des utilisateurs à observer, tracer et intervenir sur l'évolution du système.

3.3. Vers une nouvelle théorie de l'action

Pour Bellotti et al. (Bellotti et al., 2002), l'émergence de produits et de systèmes capables de capturer le contexte soulève de nouveaux enjeux liés aux interactions homme-machine. La forme et les fonctions de ces systèmes évoluent selon eux de manière tellement rapide que les utilisateurs ne peuvent se figurer leur usage. Les techniques d'interactions établies, qui constituent des conventions ou des « genres », doivent donc être réexaminées au regard des propriétés des nouveaux systèmes. Ils encouragent ainsi les concepteurs à développer des modalités alternatives à celles induites par l'utilisation d'interfaces graphiques, comme celles tirant parti de la reconnaissance des gestes, de mesures de proximité, de reconnaissances vocale ou d'artéfacts.

Pour guider le travail de conception de nouveaux produits ou systèmes, Bellotti et al. identifient cinq questions fondamentales inspirées de celles formulées par Norman (Norman, 2002) à partir de sa théorie de l'action. Leur approche met cependant l'accent sur les aspects « communicatifs » plutôt que sur les aspects cognitifs de l'interaction. En effet, la réalisation d'une action ne dépend pas, selon eux, uniquement du modèle conceptuel et de son adéquation avec le modèle mental de l'utilisateur, mais d'une collaboration de ce dernier avec le système. Ils évoquent ainsi les « accomplissements communs » qui caractérisent la relation homme-machine. Pour illustrer ces différences, nous mettons en parallèle les questions originales de Norman, récapitulées dans le Tableau 1, avec celles de Bellotti et al., listées dans le Tableau 2. Nous explicitons ces dernières et présentons dans la suite les enjeux qu'elles suscitent pour la conception.

Jusqu'à quel point un utilisateur peut-il :	
Déterminer les fonctions d'un produit ?	
Identifier les actions possibles ?	Vérifier si le système est dans l'état désiré ?
Déterminer la relation entre l'intention et le mouvement physique ?	Déterminer la relation entre l'état du système et l'interprétation ?
Réaliser une action ?	Identifier l'état courant du système?

Tableau 1. Les sept questions guidant le travail de conception selon Norman.

Comment l'utilisateur peut-il:
1) Aborder ou un plusieurs produits?
2) Savoir si le système est prêt et peut traiter des actions ?
3) Effectuer une action, contrôler son étendue et spécifier une cible ?
4) Savoir si le système fonctionne ou a fonctionné de la bonne manière ?
5) Savoir comment éviter les erreurs ?

Tableau 2. Les cinq questions guidant le travail de conception selon Bellotti et al.

La *première étape* conduit d'abord l'utilisateur à identifier la façon dont l'utilisateur peut aborder ou s' « adresser » au système. Dans le cas où des techniques de captation nouvelles sont utilisées, il convient alors de s'assurer que le système n'est pas sollicité de manière accidentelle et qu'il délivre un retour, même si la modalité d'entrée n'est pas reconnue.

Lors de la *seconde étape*, l'utilisateur est amené à vérifier si le système est prêt à traiter ou recevoir ses actions. Ce dernier doit donc fournir des preuves ou des indices de son « attention ». Pour le concepteur, il s'agit de travailler au retour délivré, en veillant à ce qu'il soit bien perçu par l'utilisateur et à distinguer, dans le cas de systèmes distribués, les artéfacts « attentifs » de ceux « ignorés ».

La *troisième étape* traite de l'action. Elle amène l'utilisateur à établir l'action qu'il ou elle souhaite réaliser, à mesurer son étendue et à spécifier les cibles, s'il y en existe plus d'une. Il est donc nécessaire de communiquer, de manière implicite ou explicite, les possibilités d'actions et de proposer d'intervenir sur des fonctions même complexes.

La *quatrième étape* conduit l'utilisateur à interpréter l'état du système pour déterminer si ses actions ont bien été prises en compte et si l'objectif a été satisfait. Elle correspond donc au fossé de l'évaluation décrit par Norman. Le concepteur doit alors s'assurer que le système délivre deux types de retour: l'un pour permettre à l'utilisateur de percevoir son état, et l'autre pour refléter le résultats des actions.

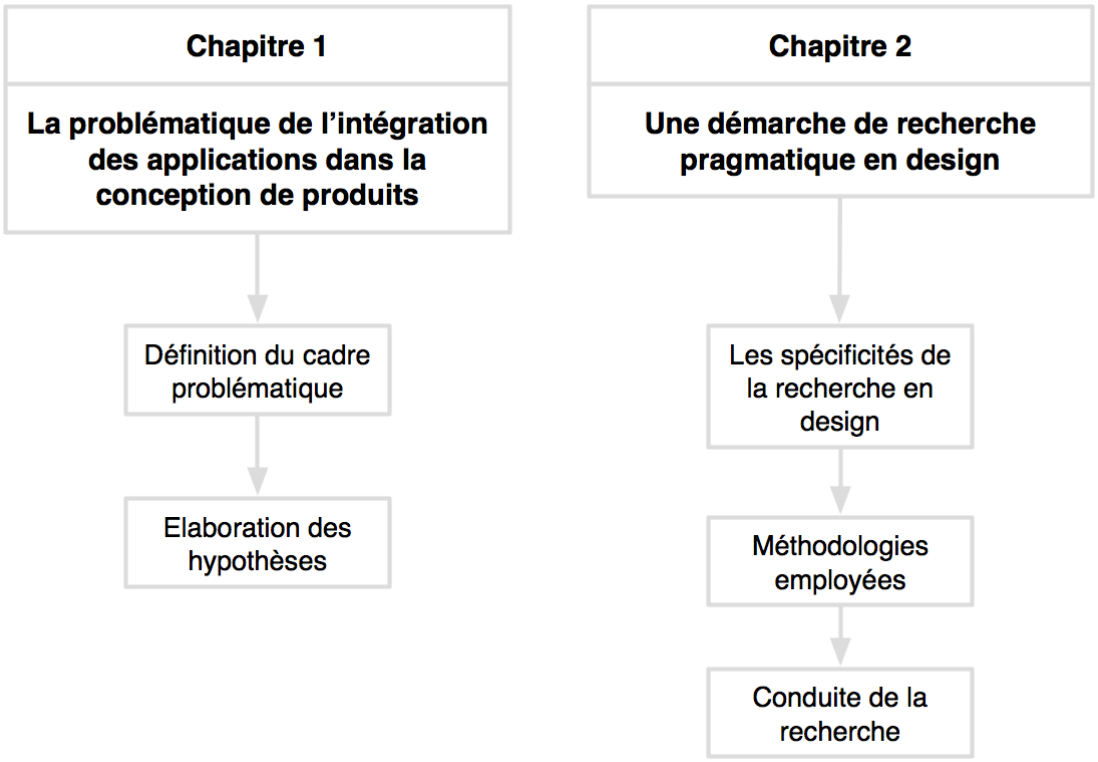
Lors de la *cinquième et dernière étape*, l'utilisateur prend connaissance de ses éventuelles erreurs et des moyens pour les corriger. Ses actions peuvent en effet avoir des conséquences sur plusieurs artéfacts du système. Il incombe donc au concepteur de prévoir des modalités permettant d'intervenir sur les mécanismes en cours et de les annuler à temps. De la même

manière, le système doit refléter ses propres erreurs et permettre à l'utilisateur de reprendre le contrôle lorsque cela est possible.

Les cinq questions soumises par Bellotti et al. aux concepteurs constituent un cadre de travail permettant d'éviter certaines erreurs. Elles reflètent la nécessité d'établir de nouvelles conventions pour le design d'interaction, en phase avec les spécificités des systèmes émergeants, et visent par conséquent à ouvrir la discussion. Elles témoignent de la nouvelle complexité des systèmes et des dysfonctionnements susceptibles de se produire à mesure que les produits se « sociabilisent », c'est-à-dire qu'ils s'interconnectent avec d'autres ressources.

Dans la partie suivante, nous proposons d'établir, à partir de l'état de l'art présenté, le cadre problématique de notre recherche et l'approche que nous souhaitons développer pour y répondre.

PARTIE III. PROBLEMATIQUE ET APPROCHE METHODOLOGIQUE



Nota Bene : Dans cette partie, nous utiliserons le terme d'*applications orientées produit* pour désigner les applications permettant de coupler ou d'interopérer des *produits* (connectés à Internet et intégrant des capacités de traitement de l'information) et des *services* disponibles sur le Web. Les *produits augmentés* correspondent ainsi aux produits dont les fonctions sont complétées ou enrichies par des *applications*.

Chapitre 1: La prise en compte des applications dans la conception de produits.

L'Informatique Ubiquitaire et l'Internet des Objets sont des domaines hétérogènes et fluctuants, dont les limites ne cessent de se redessiner. Nous l'avons vu dans la Partie II, ces termes font référence à de nombreuses définitions, approches, et types de produits. L'opportunité de créer de nouveaux types d'applications s' « appuyant » sur les caractéristiques ou les fonctions des produits, que nous appelons applications orientées produit, reste peu discutée. Pour beaucoup de chercheurs, qui travaillent à l'élaboration des technologies permettant de concrétiser ces dernières, le champ des possibles tend en effet à se préciser ou s'élargir, à mesure que les développements progressent. Pour le concepteur, il est particulièrement difficile de réaliser et d'expérimenter les applications rendues possibles par les technologies qu'il développe. A l'heure où la plupart des verrous technologiques peuvent être levés, il convient d'examiner les problèmes pragmatiques, souvent éludés, de l'intégration de ces applications dans les produits. Dans ce chapitre, nous présentons le cadre problématique de notre recherche et les hypothèses préliminaires élaborées.

1. DEFINITION DU CADRE PROBLEMATIQUE

En permettant d'interconnecter des produits du quotidien aux services Web, les applications orientées produit se placent à la jonction des mondes physique et numérique. Comme l'illustre la Figure 23, une application facilite en effet le couplage de plusieurs produits entre eux, ou de produits et de services dont l'accès se fait généralement au travers de terminaux. Produits et services constituent ainsi des « ressources » potentiellement mobilisables par les applications. Cette vision conceptuelle et simplifiée de l'Internet des Objets place traditionnellement ces dernières à la jonction de deux mondes. Leur place est pourtant, d'un point de vue technologique, mais également stratégique, toujours incertaine. La création d'applications provoque en effet la rencontre de plusieurs acteurs de l'industrie, qui, malgré la démocratisation d'Internet, sont encore peu amenés à concevoir ensemble. Après avoir présenté le champ de notre étude, et la question générale qui le sous-tend, nous décrirons dans ce chapitre les deux problématiques susceptibles d'être rencontrées par le concepteur de produits à l'ère de l'Internet des Objets.

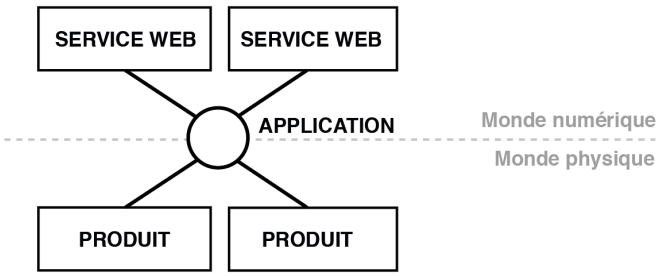


Figure 23. La rencontre des mondes physique et numérique.

La Figure 23 présente une application orientée produit sous la forme d'un cercle. Ce dernier se place à la jonction des mondes physiques et numériques. Il permet également de matérialiser des liens, ou interconnexions, entre plusieurs produits et services Web.

1.1. L'impact des applications sur la conception de produits

Par définition, l'Internet des Objets invite à la collaboration de trois grands acteurs présentés dans la Figure 24: les fabricants de produits, les éditeurs de services et les opérateurs télécom. Les applications doivent en effet être conçues au regard de trois dimensions : le produit qui les délivre, le ou les services qu'elles mobilisent, et l'infrastructure qui permet leur fonctionnement. Chacune d'entre elles implique un savoir-faire spécifiques à une industrie, qu'il est difficile d'acquérir.

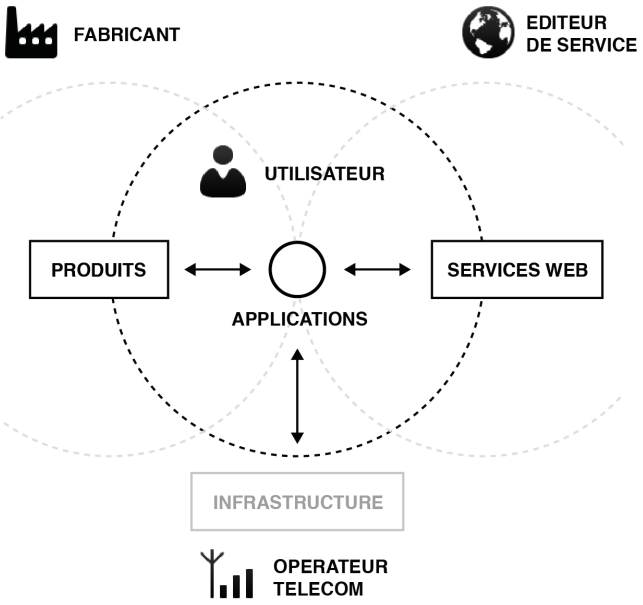


Figure 24. La rencontre des acteurs de l'Internet des Objets.

La Figure 24 présente l'Internet des Objets sous la forme d'un cercle en pointillé, placé à l'intersection de l'industrie du produit et du Web. Les applications orientées produit y sont présentées comme centrales, sous la forme d'un cercle noir. Les flèches mettent en évidence leurs relations avec les produits, les services Web et l'infrastructure établie ou créée.

Du point de vue du fabricant, intégrer des applications à ses produits nécessite de développer de nouveaux systèmes intégrés, de dépendre d'une infrastructure réseau et de s'appuyer sur des ressources tierces. Pour les éditeurs de services, maîtrisant le développement, le déploiement et la maintenance d'applications, il faut se confronter aux problématiques de normalisation, de production et de distribution inhérentes à la fabrication de produits. Si les opérateurs ne sont pas directement concernés par la conception des produits et des applications, ils jouent quant eux un rôle crucial dans la création des infrastructures qui permettront d'opérer ces dernières.

En hybridant le matériel et l'immatériel, les applications modifient donc le périmètre d'action des concepteurs de produits et de services Web, et renforcent le rôle des opérateurs. Elles bouleversent inévitablement la manière de concevoir et remettent en cause les méthodes établies, mais également les stratégies des acteurs. Dans notre recherche, nous proposons d'étudier de manière plus spécifique les transformations susceptibles de toucher les fabricants de produits. Cet acteur a, selon nous, un rôle clé à jouer dans la démocratisation des applications orientées produit. C'est celui, qui, parmi les trois, peut et doit le plus innover pour conserver sa place sur le marché. A l'heure où les éditeurs de services tendent à proposer leurs propres produits, il incombe en effet aux fabricants de repenser les leurs. Pour ce faire, il paraît indispensable d'explorer la problématique suivante, qui constitue le point de départ de notre recherche :

➔ Quel est l'impact des applications orientées produit sur la conception de produits ?

Si cette question peut être abordée d'un point de vue macroscopique, mettant en perspective les liens organisationnels, sociologiques ou économiques entre les acteurs, nous avons souhaité, dans cette recherche, adopter la perspective du design. Nous entendons plus particulièrement évaluer la nécessité de définir de nouveaux types de produits susceptibles de trouver leur place aux côtés des terminaux. A travers cette recherche, nous proposons d'anticiper les évolutions technologiques possibles et d'envisager des solutions pragmatiques permettant aux concepteurs de créer des produits compatibles avec les applications orientées produit. En effet, nous considérons que les enjeux d'intégration et d'implémentation des applications sont souvent éludés et freinent leur développement et leur démocratisation. Pour

mener à bien notre travail, il nous semble nécessaire:

A. De clarifier le concept d'applications et d'étudier ses liens avec les produits,
B. D'identifier les enjeux liés au design de produits intégrant ces applications.

La définition des applications orientées produit apparaît en effet comme une étape préalable à l'examen de leurs effets ou conséquences sur la conception de produits. Ce n'est qu'après avoir établi un modèle décrivant le fonctionnement des applications que nous pourrons envisager la création de produits aux fonctions augmentées. Nous proposons donc de traiter ces deux objectifs de manière consécutive, comme illustré dans la Figure 25. La dualité de ces objectifs nous amène ainsi à traiter deux sous-problématiques, que nous précisons dans les parties suivantes.

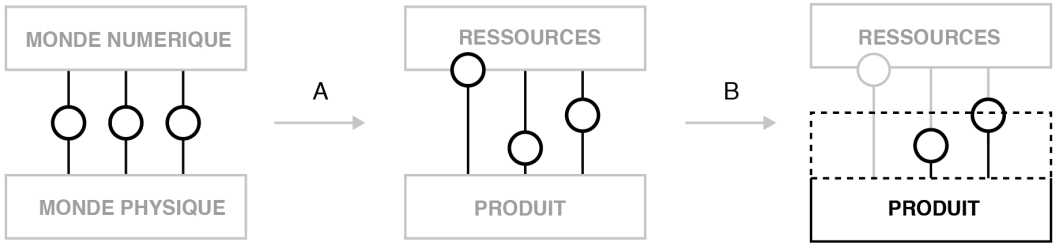


Figure 25. Illustration des objectifs de la recherche.

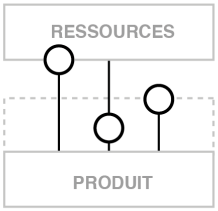
La Figure 25 présente trois schémas dans lesquels les applications orientées produit sont représentées par des cercles, permettant l'interconnexion entre un produit et des ressources (services Web). Le premier schéma, à gauche, place les applications au même niveau afin d'illustrer l'incertitude à laquelle sont confrontés les chercheurs. Le second schéma, au centre, suggère les articulations possibles des applications par rapport aux ressources et au produit. Le dernier schéma, à droite, met en exergue les applications pouvant être rattachées ou intégrées au produit.

1.2. La nécessité de définir les applications orientées produit

Le concept d'application n'est pas, dans le domaine de l'Internet des Objets, clairement défini. Il fait référence, souvent sans distinction, aux logiciels interconnectant des produits ou capteurs avec des services Web afin de supporter l'activité des utilisateurs. Les applications, qu'elles soient réelles ou fictives, sont ainsi présentées au regard de l'expérience utilisateur qu'elles génèrent ou délivrent dans un contexte d'usage particulier. Concepteurs de produits et utilisateur envisagent donc les applications au travers des représentations qu'ils ont eux-mêmes

formées. Ces transcriptions figurales sont susceptibles de faire écho aux caractéristiques réelles des technologies, ou au contraire de s'en écarter. Avant d'envisager l'intégration des applications dans des produits, il paraît donc crucial de s'assurer que le concepteur dispose d'une vision complète et précise des potentialités des applications.

De la nécessité de proposer une définition représentative de l'hétérogénéité des applications orientées produit, émerge une première sous-problématique (P1), formulée et illustrée ci-dessous :



P1 ➔ Sur quelle(s) définition(s) des applications orientées produit les concepteurs peuvent-ils s'appuyer pour étudier leur impact sur le monde physique?

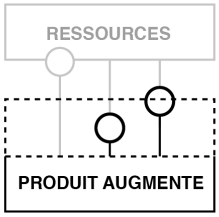
- Est-il possible de créer un modèle décrivant le fonctionnement des applications ?
- Comment s'assurer que notre définition soit adoptée par les utilisateurs futurs ?

Cette problématique P1 nous amène dans un premier temps à nous focaliser sur les applications, sans à priori de ressources sur lesquelles elles s'appuient. Elle vise à cartographier de la manière la plus large les liens possibles entre le monde physique et numérique et à proposer des définitions, taxonomies ou schémas illustrant cette articulation.

1.3. La nécessité d'identifier les enjeux liés au design de produits augmentés

Parmi les applications orientées produit, certaines mobilisent ou s'appuient de manière plus marquée sur des produits existants. Les travaux menés par les chercheurs indiquent en effet que certaines applications peuvent être spécifiquement développées pour étendre, compléter ou enrichir les fonctions de produits existants. Après avoir caractérisé ces applications et défini leur fonctionnement, il convient donc d'examiner la manière dont elles s'intègrent aux produits. Cette augmentation fonctionnelle soulève évidemment des enjeux quant à la modélisation des fonctions, à l'agencement des composants et à la création d'un système intégré permettant d'opérer les produits. Elle tend également à modifier le comportement de ces derniers, et la manière dont ils sont utilisés. Si le couplage produit-application est susceptible d'impacter la structure « cachée » des produits, il peut également affecter ce qui relève du « visible ». Il paraît donc crucial pour le concepteur de s'assurer que les principes établis pour le design de la forme et des interactions des produits sont toujours adaptés, ou s'ils doivent être révisés.

Une seconde sous-problématique (P2), résultant de la nécessité d'identification des enjeux propres au design de produits augmentés, peut être formulée et illustrée:



P2 ➔ Sur quels principes de conception le designer peut-il s'appuyer afin de créer des produits aux fonctions augmentées par des applications ?

- Est-il nécessaire de développer de nouveaux principes ?
- Comment s'assurer que les applications soient intelligibles pour les utilisateurs ?

Cette problématique P2, à l'inverse de la problématique P1, se concentre sur le design de produits dont les fonctions sont augmentées par certains types d'applications. Elle vise à enrichir ou établir de nouveaux principes permettant l'intégration des applications dans les produits. Elle conduit à identifier et traiter des enjeux tels que l'intelligibilité des applications, le design de la forme des produits et des modalités d'interactions avec l'utilisateur.

2. ELABORATION DES HYPOTHESES

La question de l'impact des applications sur la conception de produits peut être considérée comme un problème « épineux »[99]. Ce terme, proposée par Horst Rittel et Melvin Webber (Rittel et al., 1973), évoque les difficultés rencontrées par les chercheurs pour modéliser des problèmes impliquant des acteurs aux buts parfois contradictoires. Notre problématique peut ainsi apparaître, pour reprendre les termes de Nigel Cross (Cross, 1982), comme « mal définie » ou « mal structurée ». Elle ne pose en effet pas clairement un problème permettant de proposer une solution « correcte », mais implique au contraire de mieux définir les limites de ce problème. Pour Cross, cette capacité à cadrer ou recadrer des problèmes complexes, pour ensuite produire des solutions conjoncturelles, mettant l'accent sur le « bien fondé »[100], est spécifique au design. Nous décrivons nos deux hypothèses dans cette section.

2.1. La co-construction d'un modèle descriptif avec l'utilisateur

Nous considérons qu'il incombe au concepteur de travailler à la définition des applications orientées produit. Cependant, ce travail ne doit pas, selon nous, être mené de manière isolée, mais en collaboration avec des utilisateurs. Si le concepteur ne confronte pas sa propre vision des applications avec celles de ces derniers, il prend en effet le risque de les modéliser de manière incomplète ou « inappropriée ». Cet écueil pourrait alors « biaiser » le travail de conception, et conduire à la création de produits au fonctionnement « obscur » pour

[99] En anglais, *wicked problem*.

[100] En anglais, *appropriateness*.

les utilisateurs, car basé sur une transcription figurale des applications trop éloignée de la leur. Nous défendons donc l'hypothèse H1 suivante, au regard de la problématique P1 :

H1 ◆ Le concepteur doit travailler à une définition des applications favorisant leur figuration par les utilisateurs.

Cette hypothèse implique donc d'étudier la manière dont les utilisateurs potentiels des applications orientées produit se figurent naturellement ces dernières. Elle sous-tend l'idée de consolider ou nourrir la vision du concepteur pour co-construire ou co-définir un modèle plus « juste ». Il serait évidemment illusoire d'attendre des utilisateurs qu'ils identifient par eux-mêmes les spécificités des applications. Ils peuvent néanmoins contribuer à faire surgir des éléments nouveaux, auxquels les concepteurs n'auraient pas forcément pensé seuls.

2.2. La création d'interfaces utilisateurs intelligibles

Nous considérons que le designer de produits augmentés doit s'inspirer des travaux menés en interaction homme-machine afin d'appliquer le principe de visibilité discuté dans les chapitres 3 et 4 de la Partie II. Il convient en effet de s'assurer que le produit délivre un retour suffisamment riche à l'utilisateur pour que ce dernier soit en mesure d'appréhender les potentialités d'actions offertes. Il doit également refléter le caractère dynamique des applications, ces dernières étant en effet susceptibles d'agir de manière proactive, ainsi que d'être remplacées à tout moment par les utilisateurs. Le designer doit donc se confronter aux enjeux d'intelligibilité et de « couture » pour réévaluer ou retravailler la forme et les modalités d'interactions du produit. Nous défendons donc l'hypothèse H2, résultante de la problématique P2:

H2 ◆ Le designer doit procéder à des aménagements formels et interactionnels permettant de garantir l'intelligibilité des applications.

Cette hypothèse sous-tend l'idée que la structure des produits augmentés doit incorporer de manière plus ou moins prononcée les applications. Pour le designer, l'objectif est de définir de manière empirique les principes amenant à la création de produits intelligibles, avec lesquels il est possible d'interagir sans effort. En essayant de créer une expérience utilisateur « optimale », il augmente en effet la probabilité que les utilisateurs adoptent les produits qu'il conçoit. Cette hypothèse implique donc d'explorer, par la production et l'évaluation de produits avec des utilisateurs, des alternatives ou évolutions quant au design de l'interface utilisateur. Elle amène à envisager le futur des produits.

Chapitre 2: Une démarche de recherche pragmatique en design

En proposant d'étudier l'impact des applications orientées produit sur la conception de produit, et en établissant un cadre problématique spécifique au design, nous déplaçons l'objet de notre recherche du « monde naturel » au « monde artificiel »[101]. La recherche que nous entendons mener ne porte pas sur l'observation objective de phénomènes naturels, comme c'est traditionnellement le cas dans la recherche scientifique, mais sur l'étude et la création des artéfacts qui composent ce monde. Pour Cross (Cross, 2001), l'idée que les designers détiennent une manière spécifique de « savoir, penser et d'agir » légitime ainsi le développement de méthodes et processus uniques au design. Après avoir présenté les particularités de la recherche en design, nous décrivons dans ce chapitre notre approche, les méthodologies que nous souhaitons employer ainsi que la manière dont nous proposons de conduire nos travaux.

1. LES SPECIFICITES DE LA RECHERCHE EN DESIGN

La recherche en design est souvent définie comme « l'étude, la recherche et l'investigation de l'artificiel créé par les êtres humains, et de la manière dont ces activités ont été menées dans le monde académique et l'industriel » (Bayazit, 2004). Pour Zimmerman, Forlizzi and Evenson (Zimmerman et al., 2007), l'émergence d'une recherche en design, distincte de la pratique professionnelle, s'explique par la nécessité de concevoir de manière plus formelle des systèmes de plus en plus complexes[102]. Dans un article traitant de l'histoire de la recherche en design, Bayazit (Bayazit, 2004) retrace ainsi le développement des premières générations de méthode visant à générer des connaissances, plutôt que des produits de consommation. Il évoque également les méthodes contemporaines, révélant différents courants de pensée[103], qui rapprochent ou opposent tantôt design et science. En considérant la possibilité d'une pratique « réflexive »[104], dans laquelle les praticiens analysent leurs actions pour améliorer leur méthodologie, les chercheurs revendiquent progressivement le design comme discipline à part entière. Pour Cross, il incombe donc aux chercheurs de cette communauté de développer et défendre une nouvelle culture intellectuelle propre au design, tout aussi

[101] Le terme est emprunté aux travaux d'Herbert Simon (Simon, 1996).

[102] Notamment dans l'industrie militaire et aérospatiale.

[103] Cross en distingue quant à lui quatre : *scientific design*, *design science* et *science of design*, *design as discipline* (Cross, 2001).

[104] Le terme a pour la première fois été introduit par Donald Schön dans l'ouvrage « The reflective practitioner » (Schön, 1983).

rigoureuse que celles déjà établies. Dans cette section, nous présentons les champs de cette discipline et ses spécificités.

1.1. Les champs de la recherche en design

De nombreux cadres conceptuels[105]ont été développés pour mettre en exergue et discuter des différents champs de la recherche en design. Parmi ceux-ci, les travaux de Christopher Frayling, Nigel Cross et Daniel Fallman sont très souvent mobilisés dans la littérature. Ils sont respectivement appliqués depuis plusieurs années pour la conduite et l'enseignement de la recherche au Royal College of Art et à l'Open University au Royaume-Uni, ainsi qu'à l'Institut de Design de l'Université d'Umeå en Suède. Nous les décrivons succinctement dans cette section.

La classification de Frayling (Frayling, 1993) est la première à distinguer la recherche « sur », « par » et « pour » la pratique, en mettant en exergue l'objet et la finalité de l'étude. Une recherche sur la pratique conduira ainsi généralement à l'analyse des perspectives historiques, théoriques ou sociales d'une discipline au travers d'une dissertation. Une recherche par la pratique posera au contraire le design comme le moyen de conduire la recherche. Elle s'articulera autour d'une production spécifique, dont le processus de création est souvent documenté. Une recherche pour la pratique sera traditionnellement mise en œuvre pour concevoir un artéfact. Elle est rarement communiquée ou partagée, dans la mesure où elle est « incarnée » par ce dernier.

Pour Cross (Cross, 1999), la recherche en design vise à développer, articuler et communiquer des connaissances spécifiques aux métiers du design. Pour l'auteur, ces dernières « résident » dans les individus[106], les processus de conception et les produits. La taxonomie qu'il développe pour discuter des diffèrent champs de recherche met ainsi en avant l'épistémologie, la praxéologie et la phénoménologie du design. L'étude du comportement du designer et du savoir qu'il mobilise pour concevoir ou enseigner constitue alors un premier sujet d'investigation. Les stratégies employées par le designer peuvent également faire l'objet d'une recherche méthodologique, menant au développement de nouveaux processus de conception. La forme et la configuration des produits constituent enfin un dernier objet d'étude possible pour le chercheur en design.

Fallman (Fallman, 2008) définit la recherche en design comme « l'élaboration d'artéfacts numériques - produits, services, espaces - prenant en compte la qualité de l'expérience utilisateur délivrée par ces derniers ». Elle s'articule selon lui autour de trois « activités »: la

---

[105] En anglais, *frameworks*.

[106] Pour Cross, le design est une capacité naturelle de l'individu. Par le terme « individu », il fait particulièrement référence à ceux exerçant, même de manière amateur, une activité de conception.

pratique, l'exploration et l'étude du design. En plaçant ces « traditions » ou « perspectives » apparemment opposées aux extrémités d'un triangle, illustré dans Figure 26, il met en avant la nécessité de dépasser la sphère académique pour considérer le milieu professionnel, mais également les questions de société. Pour Fallman, un chercheur en design ne doit pas se poser comme un simple observateur, il doit développer une pratique similaire à celle d'un designer industriel. Sa production doit cependant constamment être examinée au regard de l'objet de la recherche et envisagée comme un moyen de répondre à une question préalablement formulée. Cette dernière peut également être plus exploratoire, et traiter, souvent de manière critique ou provocatrice, des implications d'une technologie ou d'un phénomène sur la société. L'artéfact développé par le designer « incarne » alors sa déclaration ou sa contribution à un débat sociétal. Le chercheur en design est enfin amené à prendre part aux discussions portant sur l'étude de sa discipline (théories, méthodologies, philosophies et histoire du design) et à rassembler un corpus « cumulatif » de connaissances favorisant la compréhension du design.

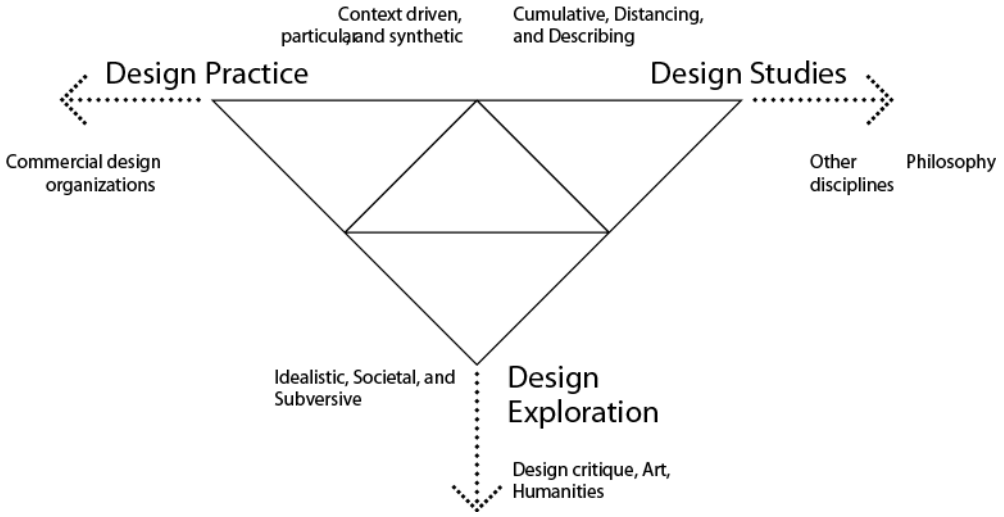


Figure 26. Le cadre conceptuel de Fallman.

1.2. La recherche par le design et la production d'artéfacts

La conduite d'une recherche par la pratique, complémentaire aux méthodes scientifiques établies, a trouvé un écho particulièrement favorable auprès des designers, mais également des chercheurs. Elle promet de faciliter le traitement de problèmes difficiles à adresser par des méthodes traditionnelles[107], en considérant la multiplicité des phénomènes, plutôt qu'en se focalisant sur une relation dont les variables peuvent être contrôlées (Zimmerman et al., 2008).

[107] La question du « contrôle » dans la création d'environnements intelligents est souvent présentée comme un problème complexe, dont les enjeux humains échappent souvent aux chercheurs à l'origine des nouvelles technologies (Davidoff et al., 2006).

Dans une recherche par la pratique, les designers révèlent et « incarnent » des solutions possibles au travers de la création d'artéfacts. Ce processus « discipliné » d'imagination trouvera, selon le point de vue des chercheurs, un ancrage théorique plus ou moins important. Nous proposons d'examiner trois approches distinctes, respectivement développées à l'Université de Montréal au Royaume-Uni, de Carnegie Mellon aux Etats-Unis et d'Aalto en Finlande.

Pour Alain Findeli (Findeli, 2004), la recherche par le design est un type de recherche « actif, situé et engagé dans le champ d'un projet de design ». En employant le terme de « recherche-projet », il pose le « projet[108] » comme l'équivalent du « terrain » en sciences sociales, ou du « laboratoire » en recherche expérimentale. Le chercheur doit cependant selon lui « puiser une rigueur méthodologique » dans les nombreuses théories issues des sciences anthropo-sociales, telles que la recherche action ou participative (Reason et al., 2006), la théorisation ancrée (Strauss et al., 1994) et la phénoménologie de la perception (Merleau-Ponty, 1945). Il convient ainsi de tirer parti des méthodes qualitatives et interprétatives pour explorer des « objets d'investigation » découlant de « questions de recherche » privilégiant la dimension humaine du design. Pour Findeli, c'est par l'originalité de ces questions, leur actualité, leur pertinence et leur capacité à « accroître l'intelligibilité du monde » que le design pourra s'imposer comme une discipline.

John Zimmerman (Zimmerman et al., 2007) considère également la recherche en design par rapport aux théories existantes. Le designer doit selon lui intégrer les connaissances « véritables », modélisées par les sciences du comportement et celles portant sur le « faire », éprouvées par l'ingénierie[109]. A l'instar de Findeli, Zimmerman envisage la recherche en design comme une formulation continuelle ou le cadrage[110] d'un problème au travers de l' « action ». La génération d'idées, l'itération de concepts et la critique des solutions potentielles doivent ainsi permettre au designer d'agir de manière « juste ». Les artéfacts développés dans le cadre de la recherche, qu'il s'agisse de modèles, prototypes, produits ou documentation méthodologique, reflètent alors un certain cadrage et certaines perspectives du problème. Ils se distinguent des artéfacts développés dans la pratique traditionnelle du designer par leur dimension inventive et leur capacité à produire des connaissances nouvelles.

Ilpo Koskinen (Koskinen et al., 2011) refuse quant à lui de définir la recherche par le design au regard des théories d'autres disciplines. En introduisant le terme de recherche

---

[108] Findeli rejoint le modèle proposé par Boutinet (Boutinet, 2011), qui pose les projets individuels de création, collectifs, politiques et de développement individuel comme quatre « dimensions » co-existantes.

[109] En anglais, *true knowledge* et *how knowledge*.

[110] En anglais, *framing*.

« constructive »[111], permettant de faire table rase du passé[112], il revendique une approche purement empirique et pragmatique. Dans cette définition, la seule pratique du design, impliquant la construction d'un produit, système, espace ou média, constitue le levier nécessaire à la génération de connaissances (p.5). Les méthodes de recherche « génératives », impliquant des collages, des planches de « tendance », des scénarimages, des scénarios des « personas »[113] ou encore des jeux de rôle, constituent selon Koskinen la base d'un socle théorique propre au design. La recherche menée par le designer vise ainsi à construire de nouveaux artéfacts et à mieux comprendre et justifier ses choix méthodologiques. Ce postulat se veut proche des réalités de l'industrie dans laquelle la recherche « constructive » est souvent menée. Koskinen évoque notamment le manque de pouvoir des designers dans les organisations et la nécessité de trouver leur place au sein des nombreux autres acteurs, aux méthodes prévalantes, qui collaborent lors d'un même projet (p.29).

1.3. L'artéfact comme passerelle entre pratique et théorie

Les travaux de Fallman (Fallman, 2008) et de Zimmerman (Zimmerman et al., 2007) suggèrent que la recherche par le design s'est principalement construite au travers de la communauté de chercheurs des Interactions Homme-Machine (IHM), au sein de laquelle elle joue aujourd'hui un rôle crucial. Cet ancrage s'explique naturellement par l'intérêt porté par les designers aux rapports qu'entretiennent les individus avec le monde artificiel (Findeli, 2004). En considérant le caractère « co-adaptatif » des interactions entre un utilisateur et un artéfact[114], Mackay et Fayard (Mackay et al., 1997) reconnaissent ainsi l'existence de phénomènes dynamiques ne pouvant être appréhendés par l'unique étude des technologies. Le modèle de recherche qu'ils développent propose de placer la production d'artéfacts à la jonction de la théorie et du « monde réel ». Il permet de décrire la manière dont le design s'intègre à la recherche, et constitue un support aux deux principales approches scientifiques: l'induction et la déduction.

Ce modèle « générique », illustré dans la Figure 27, se compose de trois niveaux parallèles: la théorie, le design d'artéfact et l'observation. Bien que très simple, il met en avant

---

[111] En anglais, *constructive design research*.

[112] Il admet d'ailleurs utiliser cette « astuce » académique pour s'émanciper des difficultés précédemment discutées dans la littérature et introduire un « nouveau monde ».

[113] Conçue par Alan Cooper (Cooper, 2004), la méthode des « personas » vise à créer des représentations d'utilisateurs fictifs d'un produit ou d'un système. Ces « archétypes », mettant en avant des objectifs différents, permettent au designer de créer des scénarios.

[114] Le terme souligne l'évolution inévitable du rapport homme-machine selon le contexte et l'expérience d'utilisation.

les « livrables » résultant des activités menées par les chercheurs en design. Au niveau théorique, ces derniers sont en effet amenés à élaborer ou enrichir des modèles existants à partir de l'observation des interactions d'utilisateurs avec un artéfact. Au niveau empirique, c'est l'observation de l'utilisation des technologies qui permet de développer de nouvelles modalités d'utilisation, illustrées par un ou plusieurs artéfact. Au cours d'un projet, la création de simulations, maquettes ou de prototypes fonctionnels de produits permet donc de se « déplacer » d'un niveau à un autre.

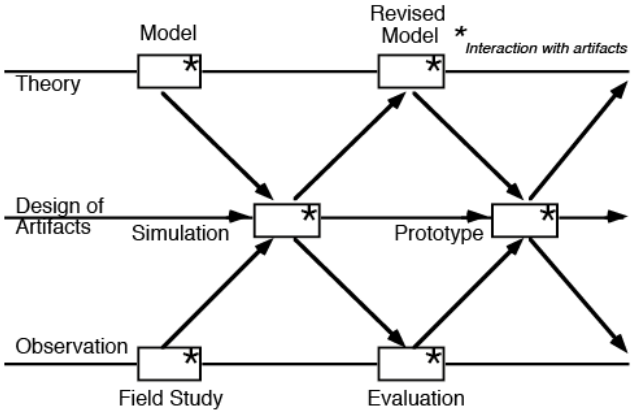


Figure 27. Le modèle de recherche de Mackay et Fayard.

Si le modèle de Mackay et Fayard n'offre pas une représentation aussi détaillée des contributions des différentes disciplines des IHM que celui proposé par Zimmerman (Zimmerman et al., 2007), illustré dans la Figure 28, il permet une meilleure illustration du processus de recherche au regard de la temporalité d'un projet. Il fait également écho aux « trajectoires » et aux « boucles » décrites par Fallman (Fallman, 2008) pour expliquer les directions et les évolutions de la recherche menées par les chercheurs en design. L'idée que l'activité théorique et pratique se nourrissent mutuellement et se fondent l'une dans l'autre, amenant le designer à jouer d'aller-retours constants, transparaît dans les exemples proposés par Mackay et Fayard. Bien que le modèle développé par ces derniers induise une représentation séquentielle, il nous paraît suffisamment flexible pour être utilisé par les chercheurs en design.

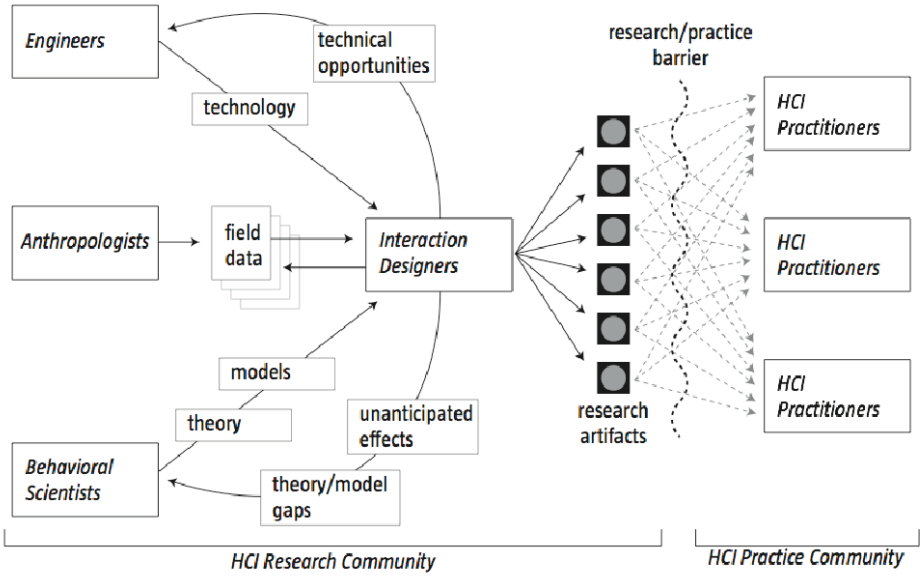


Figure 28. Le modèle de recherche de Zimmerman.

1.4. Notre approche pragmatique de la recherche

Nous considérons notre recherche comme pragmatique et appliquée. Elle pose en effet le design comme une méthode de recherche dont la pratique constitue une partie intégrante du processus. Selon la définition de Frayling (Frayling, 1993), notre recherche est donc conduite *par* le design. Elle se focalise sur l'étude des produits (Cross, 1999). Elle revêt un caractère spécifique et contextuel (Fallman, 2008). Notre recherche n'est donc nullement ancrée dans un courant artistique, critique ou phénoménologique, mais dans une praxéologie du design[115], dans laquelle des activités pratiques et réflexives rendent compte, et permettent d'établir, un cadre conceptuel ou des notions. Elle se rapporte également à la poïétique, c'est-à-dire à l'étude du rapport entre le concepteur et sa production. Elle est résolument tournée vers l'utilisateur, susceptible d'intervenir au cours des différentes phases du processus de recherche afin de faciliter l'analyse du ou des problèmes, l'idéation et l'évaluation des solutions envisagées. Notre recherche se place donc à l'intersection de plusieurs disciplines et s'articule autour d'une méthodologie permettant de considérer une multiplicité de points de vue.

[115] La thèse de Laurence Noël (Noël, 2010) examine de manière exhaustive la capacité du designer à pouvoir recadrer, remettre en perspective un problème à travers la pratique.

2. METHODOLOGIES EMPLOYEES

Nous décrivons notre approche méthodologique comme un assemblage de méthodes qualitatives et interprétatives engagées ou situées dans l'action. Ces dernières sont ainsi principalement « puisées » dans le « répertoire »[116] des sciences humaines et sociales, afin de répondre à notre question de recherche. En l'absence de modèles de recherche reconnus par la communauté de chercheurs en design, il convient en effet d'opérer une sélection et une combinaison de méthodes déjà établies. Cette approche dite du « pick-and-mix »[117], très souvent utilisée par les designers (Yee et al., 2011), fait écho au concept de « bricolage » de Claude Lévi-Strauss[118]. Le terme, largement repris en sciences humaines[119] pour développer la recherche qualitative, évoque la possibilité de mobiliser un ensemble de stratégies, méthodes ou matériaux empiriques en fonction du contexte de l'étude. Il confère également la possibilité de créer de nouveaux outils ou techniques afin d'adresser des questions plus larges, dépassant le cadre établi d'une discipline (Denzin et al., 2000). L'emploi de multiples méthodes nécessite une nouvelle « rigueur ». Il permet de « découvrir de nouveaux faits, d'étendre et de modifier d'anciens principes ou de réexaminer les interprétations admises dans des contextes inattendus » (Kincheloe, 2001, p.687). Parmi les nombreuses méthodes susceptibles d'être mobilisées par le design (Curedale, 2012; Jones, 1992; Hanington et al., 2012), nous en avons choisi quatre, dont nous rappelons succinctement les spécificités dans les parties suivantes.

2.1. L'observation et l'étude de cas

L'activité de design se structure généralement autour de projets, amenant le concepteur à mobiliser et articuler des ressources humaines et non-humaines au regard d'objectifs spécifiques. Elle pose les productions du design, qu'ils s'agissent de dessins ou de maquettes, comme des « actants[120] » ayant un poids et une intensité dans le déroulement de l'action de conception (Ehn, 2008). Elles permettent non seulement d'esquisser, d'analyser et de clarifier des idées, mais constituent également des supports de médiation et de persuasion. Elles

---

[116] Pour reprendre les termes d'Alain Findeli (Findeli, 2004).

[117] Littéralement « choisir et mélanger ».

[118] Dans l'ouvrage « La pensée sauvage » (Lévi-Strauss, 1969), il compare la « pensée scientifique » de l'ingénieur à la « pensée sauvage » du bricoleur afin de mettre en perspective deux approches dans l'acquisition de connaissances (concrète et abstraite).

[119] Plus particulièrement dans le courant des « cultural studies », qui mêle sociologie, anthropologie culturelle et ethnologie. Nelson et al. (Nelson et al., 1992, p.2) envisagent dans ce contexte le « bricolage » comme un « choix pragmatique, stratégique et autoréflexif ».

[120] La notion d'actant, développée par Bruno Latour (Latour, 1997) dans la théorie de l'acteur réseau, permet à la sociologie de réconcilier les *humains* et les *non-humains* en une seule et même entité.

provoquent en effet la réunion des acteurs du projet, à différentes étapes de ce dernier, et facilitent l'émergence d'un langage commun (Koskinen et al., 2011, p.125). Au-delà des solutions potentielles qu'elles illustrent, elles revêtent donc une dimension sociale, dans la mesure où elles modifient notre manière de penser et d'agir[121].

La recherche par le design se construit donc de manière contextuelle, au regard d'un terrain observable de manière empirique. L'objet initial du design est ainsi formulé autour d'une représentation partagée d'une situation problématique plus ou moins précise. Il s'agit donc de travailler à partir de cas d'études, dont la méthodologie issue des sciences sociales vise à « étudier un phénomène contemporain dans son contexte réel » (Yin, 2008, p.23). Chaque « cas » nécessite alors d'explorer la complexité des relations et de mobiliser plusieurs sources de données. L'observation des actions des individus ou d'un environnement donné, la conduite d'entretiens ou l'étude de documents publiés ou de produits commercialisés permettent, de manière qualitative et quantitative, de mieux décrire des problèmes complexes, envisager des solutions ou produire de nouvelles théories. Ces méthodes de recherche par le terrain sont souvent adaptées en fonction des temporalités du projet, on y fait parfois référence dans la littérature comme une forme d' « éthnographie accélérée » (Millen, 2000).

Pour le chercheur en design, l'enjeu n'est pas simplement de « rapporter » les pratiques existantes des utilisateurs, mais également d'imaginer de nouvelles solutions ou situations (Koskinen et al., 2011, p.126). La collecte et l'interprétation de données permettent ainsi de prendre en considération les besoins des utilisateurs et d'inventer de nouvelles manières de supporter ces derniers (Beyer et al., 1999). Les travaux menés par Chipchase (Blom et al., 2005; Cui et al., 2007; Ichikawa et al., 2005) sur le téléphone mobile ont montré que l'étude des habitudes des utilisateurs permettait d'anticiper leurs attentes ou besoins futurs. Il est également possible de générer ou d'évaluer de nouveaux concepts avec les utilisateurs, au travers de séances de co-création ou de co-conception.

2.2. La conception participative

La conception participative est une méthodologie facilitant la compréhension des « connaissances par la pratique » (Spinuzzi, 2005). Elle permet d'étudier la manière dont les individus conduisent, de manière souvent tacite ou invisible, leurs activités au quotidien, et d'explorer les moyens de façonner ces activités de manière productive. Elle place donc les utilisateurs destinés à utiliser un produit ou un service comme des acteurs cruciaux de l'activité

[121] En introduisant de nouveaux artéfacts dans le monde, le designer transforme l'espace et les interactions des utilisateurs. Il contribue à modifier les valeurs esthétiques et culturelles (Ehn, 2008).

de conception. Souvent qualifié de « troisième espace » (Muller, 2003)[122], le champ de la conception participative provoque en effet la rencontre et la réunion des chercheurs ou praticiens avec les utilisateurs pour qui ils conçoivent. Il permet d'informer, de clarifier et d'articuler les besoins des utilisateurs, en recueillant leurs avis ou en discutant de leurs droits[123]. La participation des utilisateurs amène ainsi les concepteurs à « mettre en doute des hypothèses, apprendre de manière réciproque et à créer de nouvelles idées émergeant par la négociation, la co-création d'identités, des langages communs […] et des discussions » (Muller, 2003, p.2).

Bien que les chercheurs évoquent la conception participative comme une méthodologie de recherche, ils l'envisagent comme un ensemble cohérent et structuré d'outils et de techniques (Schuler et al., 1993). Il n'existe donc pas aujourd'hui de méthode unique, mais de nombreuses « boîtes à outils », constituant un répertoire suffisamment riche pour adresser des projets commerciaux, communautaires ou de recherche. Le design participatif amène souvent les concepteurs à développer des scénarios basés sur des mises en situation ou des jeux de rôle, des jeux dont les règles établissent le dialogue et le champ de la création, de maquettes co-construites avec les utilisateurs. Sanders, Brandt et Binder (Sanders et al., 2010) proposent de classer ces outils selon leur forme, leur objectif et le contexte dans lequel ils peuvent être utilisés.

Les techniques de collage, de cartographie et de prototypage amènent ainsi les « participants » d'une séance de design participatif à *faire*, c'est-à-dire produire des artéfacts tangibles. Les journaux et les cartes facilitent quant à eux le *récit* et l'explication. Les jeux, accessoires et pièces de théâtre permettent enfin l'*interprétation* et la performance. Chacune de ces techniques peut être utilisée, selon sa spécificité, pour « sonder » les utilisateurs, « amorcer » leur réflexion, capturer leurs expériences actuelles et générer des idées ou des concepts. Elles peuvent être utilisées de manière individuelle, en groupe, en face à face ou à distance, via une plateforme Web pour alimenter et supporter la recherche ou un projet de design.

2.3. La construction de prototypes

Le designer, et par extension le chercheur en design, ont pour objectif de rendre l'objet initial du design « manipulable », sous des « formes pouvant être expérimentées » (Ehn, 2008). Le projet de recherche amène ainsi à la création de représentations « intermédiaires » jouant un

[122] Muller y fait référence comme un espace hybride, à la croisée du monde de la conception et de celui des utilisateurs.

[123] Cette approche collaborative émerge dans les années 1980 en Scandinavie, où elle revêt un caractère politique. Des partenariats ont ainsi permis aux travailleurs d'intervenir sur les technologies introduites dans leur environnement de travail.

rôle crucial dans la collaboration entre les acteurs de la conception (Boujut et al., 2003). Elles permettent en effet à ces derniers de clarifier les exigences du projet, communiquer des idées ou des concepts et choisir entre différentes alternatives. Le terme de « prototype » est traditionnellement employé pour se référer à plusieurs types d'artéfacts permettant d'examiner un problème ou d'évaluer des solutions. Ils constituent des moyens privilégiés pour « interagir avec le produit ou service conçu et d'explorer sa pertinence » (Rogers et al., 2011, p.390).

On classe généralement les prototypes selon leur degré de « fidélité » vis à vis du produit ou du service final envisagé. Les scénarios, décrivant de manière séquentielle et contextuelle les tâches pouvant être accomplies par des utilisateurs (Carroll, 2000), ou les esquisses, réalisées en deux ou trois dimensions, sur un support physique ou numérique, sont ainsi considérés comme des prototypes « basse fidélité ». Les maquettes et les simulations, offrant une représentation plus précise des fonctions, de l'apparence ou du comportement du produit, sont qualifiées de prototypes « haute-fidélité ». Ils sont généralement plus coûteux et longs à réaliser. En fonction de leur spécificité, les prototypes permettent d'explorer le rôle, l'apparence et l'implémentation d'un produit ou d'un service (Houde et al., 1997).

A l'inverse du prototype industriel, qui s'attache à vérifier la faisabilité technique ou la robustesse de l'artéfact conçu, le prototype de recherche vise à étudier l'utilité des fonctions délivrées et l'expérience sensorielle vécue par l'utilisateur. Pour le chercheur en design, l'enjeu consiste à créer des représentations permettant de comprendre, explorer et communiquer « ce qu'il est susceptible de se produire » lorsqu'un utilisateur prend part et interagit avec un produit ou un service. Le concept de « prototype d'expérience », défendu par Buchenau et Fulton Suri (Buchenau et al., 2000), encourage ainsi à adopter une démarche ou une « attitude » holistique dans le traitement des problèmes. Il soulève de nombreuses questions quant aux méthodes et aux conditions d'évaluation de ces prototypes.

2.4. L'évaluation empirique

Par la production d'artéfacts, le chercheur en design provoque des situations amenant des utilisateurs à interagir avec les représentations d'un concept ou d'une idée. Les prototypes constituent alors des supports d'expérimentation, permettant, selon leur degré de fidélité, d'étudier les effets qu'ils produisent dans le monde réel. A l'inverse des études empiriques conduites en sciences sociales, l'objectif n'est pas de valider ou d'invalider l'existence d'un phénomène commun à une large population, mais de découvrir des problèmes potentiels (Dumas et al., 1999, p.36). L'application de la psychologie cognitive au domaine des interactions homme-machine a permis de développer des méthodes d'inspection visant à identifier les défauts de conception d'un artéfact. L'évaluation heuristique amène par exemple plusieurs experts à examiner une interface utilisateur au regard d'une liste de critères ou de règles et à produire un rapport (Nielsen et al., 1990). L'approche la plus développée aujourd'hui

consiste à évaluer l'« utilisabilité », c'est-à-dire la facilité avec laquelle un individu utilise un artéfact, à partir de mesures empiriques de la performance (Gould et al., 1985). Les tests d'utilisabilité (Nielsen, 1994) sont traditionnellement menés avec des utilisateurs à plusieurs étapes du processus de conception, afin de favoriser l'itération de prototypes et d'éprouver ou orienter les choix du designer. Même menés avec un groupe réduit d'utilisateurs, ils permettent d'identifier la majorité des problèmes de conception (Virzi, 1992).

La capacité des utilisateurs à utiliser les fonctions d'un produit ou d'un service est généralement mesurée au travers d'une série de tâches devant être accomplies au cours du test. Ces dernières sont établies par le concepteur, en fonction de son expérience et des fonctions qu'il souhaite évaluer, et présentées au travers d'un scénario décrivant des situations d'usage. L'observation des actions réalisées par les utilisateurs dans un environnement contrôlé permettent de produire des statistiques descriptives (Sauro et al., 2012). Des mesures subjectives peuvent également être réalisées durant les tests, en capturant par exemple les commentaires des utilisateurs, ou après les interactions avec l'artéfact, au travers d'un questionnaire de satisfaction (Tullis et al., 2004) ou d'un entretien qualitatif (Berg et al., 1998). Pour identifier les problèmes et en comprendre les multiples causes, les chercheurs s'accordent en effet à effectuer plusieurs types de mesures, afin de compléter les données quantitatives par des données qualitatives (Dumas et al., 1999, p.37).

Si cette approche « cognitiviste » et « performative » constitue aujourd'hui la norme pour l'évaluation des interactions entre un artéfact et l'utilisateur, elle ne permet pas de prendre en compte des aspects non utilitaristes tels que l'affect, les sensations, la signification et la valeur de ces interactions dans la vie quotidienne (Hassenzahl et al., 2006). Afin de considérer les qualités pragmatiques mais également hédoniques, esthétiques ou sociales d'un produit ou d'un service, les chercheurs explorent aujourd'hui de nouvelles méthodes permettant d'évaluer l'expérience globale vécue par les utilisateurs (Vermeeren et al., 2010). La notion « expérience utilisateur », souvent débattue dans la littérature, pose ainsi les artéfacts comme générateurs d'une expérience dynamique, subjective et dépendante du contexte d'utilisation (Law et al., 2009). La norme ISO 9241-210:2010[124] (ISO, 2010) la définit comme « la perception et les réponses résultant de l'utilisation et l'usage envisagé d'un produit, système ou service ». L'idée d'un usage « anticipé » ou « imaginé » est importante, car elle sous-tend l'idée d'évaluer l'expérience délivrée, même de manière partielle, par un artéfact, dès les premières phases du processus de conception ou de recherche. Il incombe donc au chercheur en design de s'assurer de l'utilisabilité, c'est-à-dire du degré d'efficacité, d'efficience et de satisfaction avec lequel un

[124] Anciennement ISO 13407:1999.

utilisateur identifié utilise un produit ou un service[125], mais également d'explorer ce « quelque chose » qui le rendra « désirable » (Law et al., 2009).

3. CONDUITE DE LA RECHERCHE

Notre recherche s'articule autour de quatre phases, correspondant à des activités différentes : l'expérimentation, la modélisation, l'opérationnalisation et la projection. Chacune de ces phases, représentées de manière linéaire dans la Figure 29, implique des observations, le design d'artéfacts ou une production théorique. La phase expérimentale, qui revêt ici un caractère exploratoire, constitue un levier nécessaire à la création d'un modèle descriptif des applications orientées produit. Cette phase de modélisation permet également de faire la jonction avec le travail de design ou de redesign de produits. Ces derniers sont ensuite produits dans la phase d'opérationnalisation, à partir des principes de conception développés. Lors de phases de projection, ou d'ouverture, nous dressons un retour d'expérience des travaux effectués afin d'envisager le futur des produits augmentés. Dans cette section, nous proposons de décrire la manière dont nous avons conduit chaque étape de notre recherche. Nous avons fait le choix d'employer le modèle générique développé par Mackay et Fayard (Mackay et al., 1997) afin de mettre en avant le rôle crucial des artéfacts dans la production de connaissances.

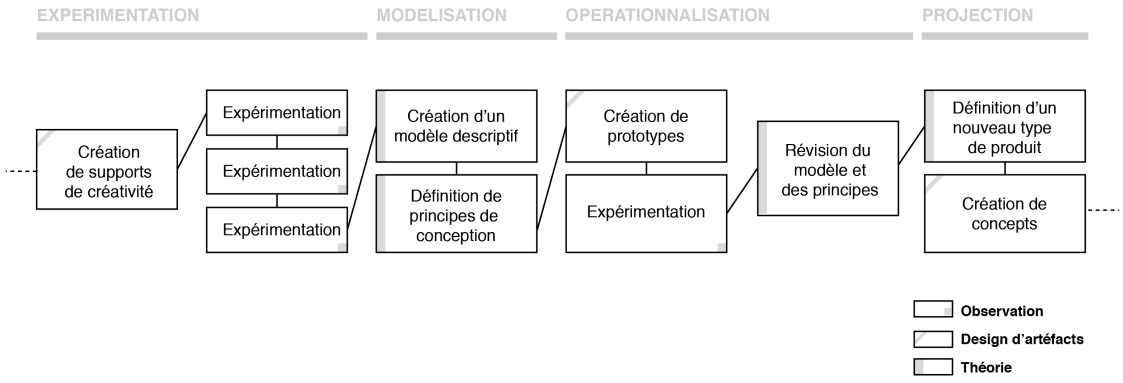


Figure 29. Les quatre phases de notre processus de recherche.

3.1. Phase d'expérimentation

Cette première phase expérimentale permet d'adresser la problématique P1, relative à la nécessité de fournir aux concepteurs une définition opérationnelle des applications orientées produit. Elle met en œuvre l'hypothèse H1, selon laquelle un modèle descriptif des applications peut être co-construit avec les utilisateurs. Elle se compose de trois expérimentations, modélisées dans la Figure 30, visant à étudier la manière dont ces derniers perçoivent les

[125] Pour reprendre les termes de la définition de la norme ISO 9241-11 (ISO, 1998).

applications, ou plus largement l'Internet des Objets. Elle mène à la production de plusieurs artéfacts réalisés afin de favoriser cette analyse au travers de séances de créativité ou d'évaluation. Notre démarche lors de cette première phase est donc plus exploratoire qu'expérimentale. Elle reflète une construction en miroir, impliquant des méthodes de conception participative et de tests d'utilisabilité, durant lesquels nous invitons des utilisateurs à se confronter à des situations les amenant à réfléchir, agir ou réagir.

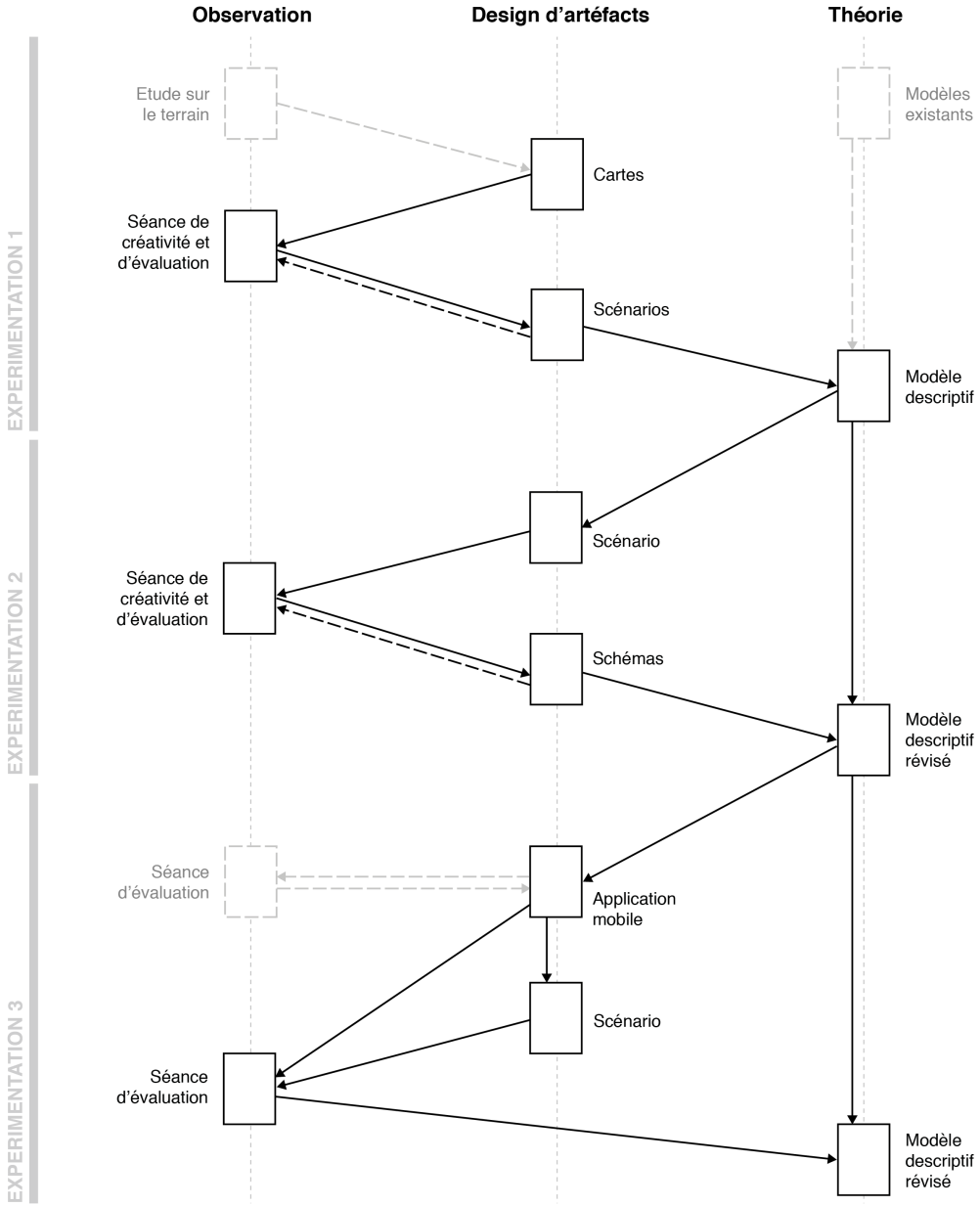


Figure 30. Conduite de la phase d'expérimentation.

Les éléments du modèle présentés de manière grisée correspondent à des activités qui ne sont évoquées que de manière très succincte dans ce document, du fait des résultats mineurs qu'elles ont produits. Elles s'articulent donc à la production théorique ou d'artéfact de manière plus « lâche » et moins évidente, se posant plutôt comme des « tentatives » que de réels jalons. Nous avons choisi de les représenter afin de refléter de manière la plus fidèle possible notre approche.

Les trois expérimentations conduites afin d'étudier et mesurer la perception des applications par les utilisateurs, portent chacune sur un aspect des applications. Nous distinguons en effet trois niveaux à prendre en compte dans la définition de ces dernières:

- Les *interconnexions* qu'elles mettent en place entre une ou plusieurs ressources (produits ou services Web),
- Les *mécanismes* qu'elles instaurent entre deux ressources interconnectées et amènent à des échanges de données,
- Les *catégories* dans lesquelles elles s'inscrivent et qui reflètent une composition particulière d'interconnexions et de mécanismes.

La *première expérimentation* conduit ainsi les utilisateurs à envisager par eux-mêmes les interconnexions possibles entre des ressources. Elle s'appuie sur une méthode de génération d'idées, supportée par des cartes.

La *deuxième expérimentation* les incite à envisager les mécanismes sous-jacents aux applications et à représenter ces derniers sous la forme d'un schéma. Un scénario préétabli, cristallisant certaines de nos intuitions, les guide dans ce travail.

La *troisième expérimentation* les amène à apprécier différents types d'applications. Une application mobile, qui joue le rôle d'outil de médiation[126] permet aux utilisateurs d'apprécier ces dernières.

Chaque expérimentation traite donc d'un aspect différent des applications et développe une posture, un point de vue et un artéfact différent. Notre point de vue s'élargit ainsi au fur et à mesure des expérimentations, passant du produit, à un écosystème de produits puis de lieux afin d'étudier de la manière la plus complète possible la manière dont les utilisateurs se figurent les applications. Cette progression est résumée dans le Tableau 3.

[126] Cet outil de médiation permet de communiquer à l'utilisateur les applications, au travers de représentations imaginées par le designer, ainsi que d'interagir avec elles.

Exp.	Dimension ciblée	Artéfact développé	Posture des utilisateurs	Point de vue adopté
1	Les interconnexions	Cartes	Seuls	Produit
2	Les mécanismes	Scénario	Guidés	Écosystème de produits
3	Les types d'applications	Application mobile + scénario	Equipés	Ecosystème de lieux

Tableau 3. Présentation des expérimentations menées pour étudier la perception des applications.

3.2. Phase de modélisation

Cette seconde phase du processus de recherche marque la fin de la première étape de notre travail, portant sur la définition des applications orientées produit, et le début de la réflexion sur les produits. Elle s'articule autour de la création d'un modèle descriptif répondant à la problématique P1, et la définition de principes de conceptions permettant au designer d'envisager la création de produits augmentés. Ces principes s'appuient sur le modèle descriptif et constituent une réponse préliminaire à la problématique P2. Ces deux productions théoriques sont représentées dans la Figure 31.

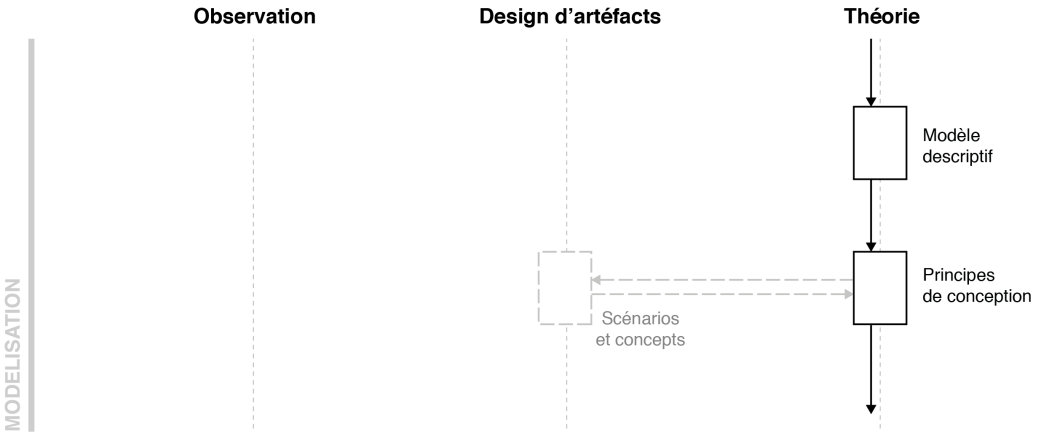


Figure 31. Conduite de la phase de modélisation.

Le *modèle descriptif* des applications s'appuie sur les résultats des trois expérimentations menées dans la première phase. S'il n'est réellement formalisé que lors de cette phase de modélisation, il émerge, sous la forme d'intuitions, à mesure des observations collectées et des analyses effectuées. Nous considérons donc l'existence de plusieurs versions de ce modèle, enrichies et révisées au fil de notre progression, dont nous ne retenons que la dernière itération. Il décrit de manière synthétique la variété des interconnexions et des mécanismes sous-jacents aux applications et généralise les catégories ou types d'applications. Ce modèle constitue un

cadre nécessaire au concepteur, dans la mesure où il décrit l'ensemble des potentialités des applications, et met en avant celles susceptibles d'avoir un impact sur la conception de produits.

Les *principes de conception* des produits augmentés se basent sur une partie du modèle descriptif. Ils sont établis de manière réflexive, à partir de l'analyse de notre propre expérience, ou de celle d'autres concepteurs, rapportée dans la littérature scientifique. Ils résultent d'une identification d'enjeux posant, du point vue du designer, plus particulièrement question : comme la composition libre des fonctions, l'intelligibilité des applications et les interactions homme-produit. Cette démarche amène à généraliser certains principes pouvant être opérationnalisés afin d'en évaluer leur validité et leur « transférabilité » dans la pratique.

3.3. Phase d'opérationnalisation

Cette troisième phase vise à opérationnaliser le modèle et les principes de conception de produits augmentés précédemment développés au travers d'un cas d'étude pratique. Elle permet de vérifier l'hypothèse H2, selon laquelle des aménagements formels et interactionnels doivent être opérés par les concepteurs de produits et d'apporter une réponse à la problématique P2. Elle s'articule autour de la production de prototypes, d'une séance d'évaluation, et de la révision des principes, comme l'illustre la Figure 32.

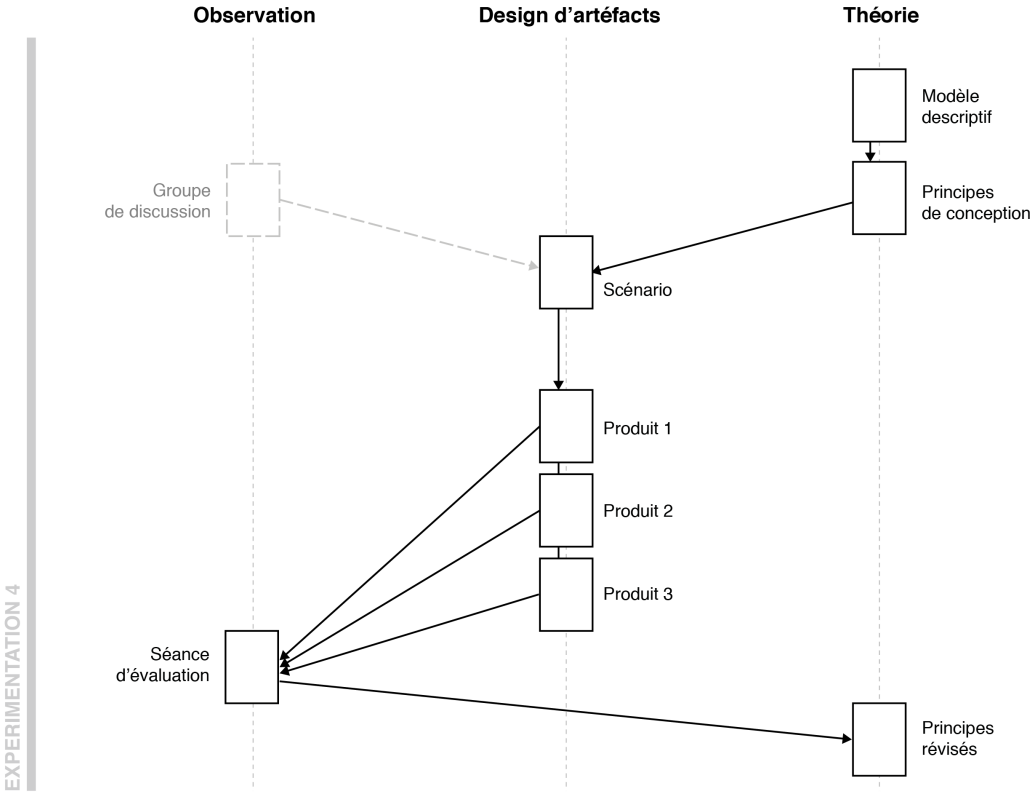


Figure 32. Conduite de la phase d'opérationnalisation.

Cette phase peut être considérée comme une nouvelle expérimentation. Les principes de conception établis lors de la phase de modélisation sont en effet appliqués dans le cadre du cas d'étude permettant de contextualiser le travail de conception. Ce cas pratique permet de traiter l'augmentation fonctionnelle d'un produit particulier, dont les applications sont envisagées au regard de son contexte d'usage. Il conduit au prototypage de trois versions du même produit, illustrant des alternatives possibles quant au design de l'interface utilisateur. Chacun de ces produits est ensuite évalué par des utilisateurs au travers d'un test d'utilisabilité et des entretiens. Des mesures performatives et qualitatives sont employées afin d'apprécier la qualité de l'expérience utilisateur délivrée par chaque produit.

La démarche réflexive, initiée lors de la phase de modélisation, amène enfin à estimer la *validité* des principes mis en œuvre et à en proposer une éventuelle révision, venant corriger ou compléter certains aspects. Bien que cette phase n'ait pas été reproduite dans le cas de notre recherche, elle est structurée de manière à permettre l'itération. De nouveaux prototypes, reflétant les modifications potentielles des principes proposés, pourraient ainsi être créés et évalués afin de s'assurer de leur bien-fondé et de leur généralité.

3.4. Phase de projection

La quatrième et dernière phase de notre processus de recherche vise à ré-éxaminer les solutions conjoncturelles apportées au cours de notre travail et à déplacer le cadre de réflexion vers un terrain plus prospectif. Elle nous conduit à répondre à la question de l'impact des applications sur la conception de produits en produisant des artéfacts « incarnant » à la fois le problème et quelques unes des réponses possibles. Ces artéfacts reflètent d'une certaine manière notre *thèse*, c'est-à-dire la proposition que nous soumettons à la communauté de chercheurs afin qu'elle soit envisagée, adoptée ou critiquée. Nous les considérons comme support de discussion, mais également de connaissances. Cette phase, représentée par la Figure 33, s'articule autour de la définition d'un nouveau type de produits, et de la production de concepts les illustrant dans un contexte donné.

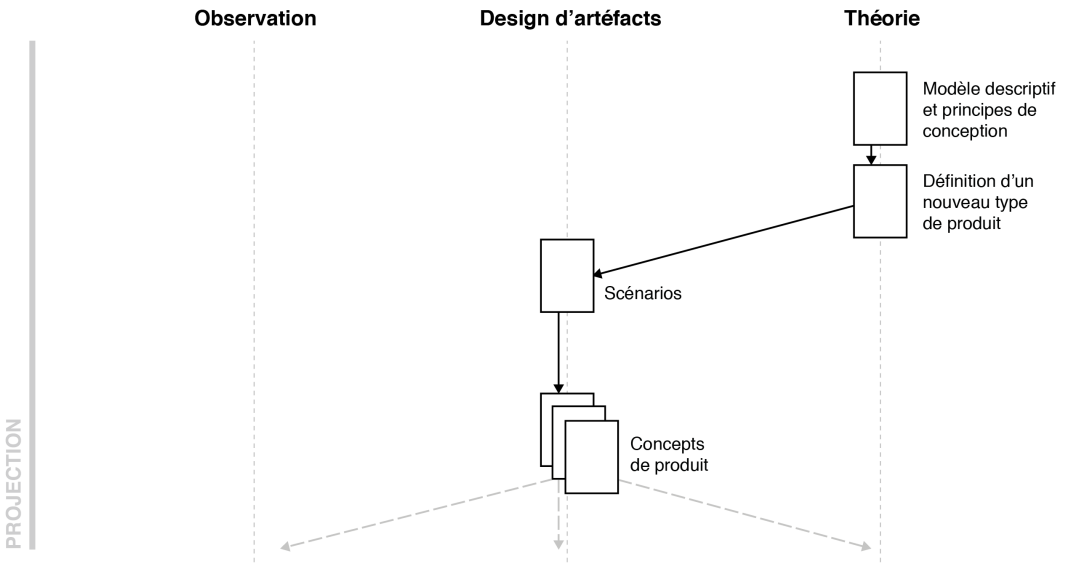


Figure 33. Conduite de la phase de projection.

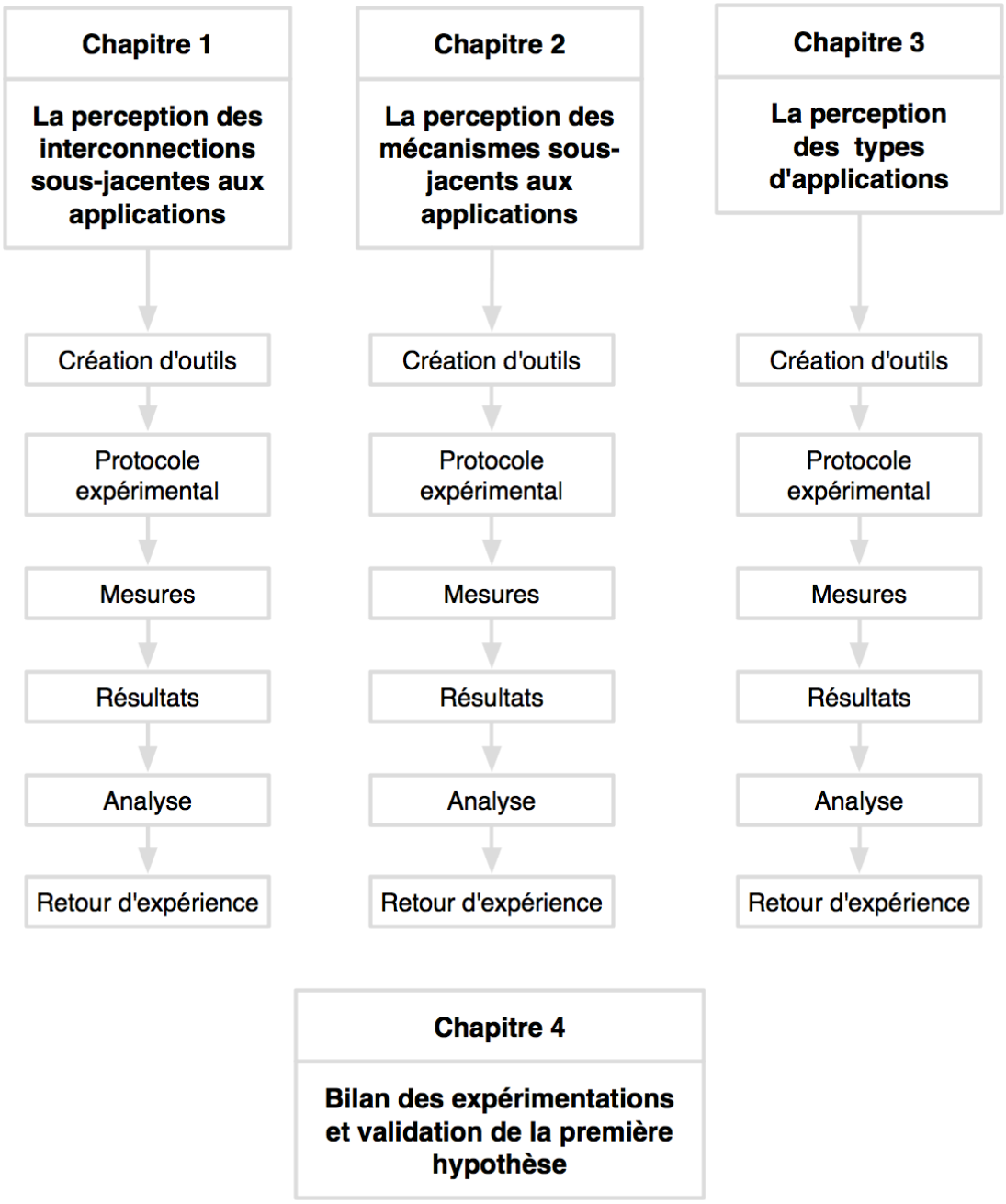
Notre *définition*, qui peut être considérée comme un modèle descriptif préliminaire, pose les produits comme des plateformes d'applications. Elle n'amène pas le concepteur à intégrer ces dernières dans des produits existants, mais à les repenser complètement. Elle est mise en perspective avec les modèles précédemment établis, et succinctement développée au regard des potentialités offertes quant au design de la forme et des interactions.

Des concepts de ces nouveaux produits sont ensuite développés à partir de plusieurs scénarios. Ils visent à illustrer sous la forme de séquences animées la valeur ajoutée de ces produits dans la vie quotidienne d'utilisateurs potentiels. Ces concepts ont été réalisés par des étudiants designers, et correspondent de ce fait à une forme d'opérationnalisation de notre modèle. Dans la mesure où nous avons participé et induit l'élaboration des propositions, et qu'elles n'ont pas fait l'objet d'une évaluation, nous avons cependant choisi les placer sur la branche « design d'artéfacts » de la Figure 33. Elles constituent selon nous des supports intéressants pour la poursuite d'observations ou de prototypes.

Cette phase ouvre donc de nouvelles perspectives dépassant le cadre de notre recherche. Nous espérons pouvoir les traiter dans le contexte d'études ou de collaborations futures.

Les parties suivantes de ce document présentent de manière détaillée les différentes étapes du processus de recherche décrit dans ce chapitre. Elles correspondent respectivement aux phases d'expérimentation (Partie IV) de modélisation, (Partie V), d'opérationnalisation (Partie VI) et de projection (Partie VII).

PARTIE IV. EXPERIMENTATIONS VISANT A ETUDIER LA PERCEPTION DES APPLICATIONS PAR LES UTILISATEURS



Nota Bene : Dans cette partie, et du fait du travail mené avec les utilisateurs, nous emploierons un vocabulaire volontairement général. Les *applications orientées produit* se définissent par les interconnexions entre les *ressources* qu'elles mettent en place. Ces *ressources* peuvent être des *produits* (des appareils, des objets ou choses intégrant des capacités de traitement de l'information et capables de se connecter à Internet) ou des *sources d'information* (tout service Web susceptible de fournir des contenus ou de l'information utilisable par les applications).

Chapitre 1 : La perception des interconnections sous-jacentes aux applications.

Dans le cadre de cette première expérimentation, nous avons souhaité étudier la manière dont les utilisateurs perçoivent les interconnexions mises en place par les applications orientées produit. Nous avons choisi d'adopter le point de vue des produits, en nous focalisant sur l'opportunité d'articuler autour d'eux des ressources tierces, qu'il s'agisse d'autres produits ou de sources d'information hébergées sur le Web. Nous nous sommes intéressés à la manière dont les utilisateurs imaginent ces interconnexions au travers d'applications : quelles compositions sont envisagées par les utilisateurs ? Comment tirent-elles parti des différents types d'interconnexions ? Quelles sont les configurations qui semblent susciter le plus d'intérêt ? Pour répondre à ces questions, nous avons essayé d'identifier, lors d'une séance de créativité, les applications que les utilisateurs connaissent déjà, celles dont ils pensent avoir besoin ou encore celles qu'ils pourraient inventer. Ces idées d'applications produites par les utilisateurs constituent le terreau de cette expérimentation : il cristallise la vision des utilisateurs et reflète leur perception des interconnexions possibles.

1. CREATION D'OUTILS DE CONCEPTION D'APPLICATIONS

Un jeu de cartes et un modèle de fiche « idée » ont été créés afin de permettre la génération d'idées d'applications par des utilisateurs. Ces outils ont été conçus pour être utilisés lors d'une séance de créativité, durant laquelle les utilisateurs sont amenés à associer des cartes pour créer des exemples d'applications dont le fonctionnement est ensuite décrit au travers d'une fiche. Dans cette section, nous revenons sur les choix ayant guidé la création de ces outils, et nous détaillons leurs spécificités.

1.1. Un jeu de cartes pour associer produits et sources d'information

Cent quinze cartes représentant des produits habituellement présents dans l'habitat et des sources d'information ont été créées. Une trentaine de cartes vides pouvant être complétées par les utilisateurs ont également été ajoutées au jeu afin de pouvoir l'étendre. Chaque carte est composée d'une photo du produit ou d'une capture d'écran de la source d'information ainsi que d'une légende. Sur les cartes représentant les sources d'information, un logo vient compléter la légende. D'un format carré d'environ 10 cm de côté, elles sont conçues pour être rapidement identifiées et manipulées par les utilisateurs. La Figure 34 illustre une partie du jeu de cartes disposé sur une table dans les conditions de l'expérimentation.

Figure 34. Utilisation du jeu de cartes lors de la séance de créativité.

Soixante quatre produits et 51 sources d'informations, résumés dans le Tableau 4, ont été identifiés de manière empirique lors des phases préparatoires à cette expérimentation. Notre sélection s'est faite à partir d'un sondage réalisé auprès d'un groupe de 6 personnes (i.e. ce groupe constitue le groupe 1, détaillé dans la section suivante) et de notre pratique personnelle. Il a été demandé aux utilisateurs de renseigner sur un livret, pendant une semaine, tous les produits qu'ils utilisent au quotidien. Afin de ne pas limiter notre sélection aux retours formulés par ce panel, nous avons fait le choix de l'élargir avec des produits susceptibles d'être utilisés dans une maison par d'autres populations. Aux traditionnels produits « bruns » (électroménager de loisir) et « blancs » (électroménager principalement destiné à la cuisine et à la salle de bains) s'ajoutent ainsi des produits comme la sonnette, la boîte aux lettres ou des moyens de locomotion.

Les sources d'information ont, quant à elles, été sélectionnées parmi les plateformes ou sites Web les plus populaires, de manière à ce qu'elles soient représentatives de plusieurs types d'activités (communications, loisirs, déplacements, travail, développement personnel, etc.). Trois logiciels de communication, dont un équivalent existe sous la forme d'une plateforme Web, ont également été ajoutés à la liste. Afin de refléter les possibilités des plateformes telles que les réseaux sociaux, nous avons créé plusieurs cartes pour une même source d'information. Elles mettent en avant une fonctionnalité ou un type d'information particulier.

Ces cartes ont été conçues afin d'être combinées les unes avec les autres par les utilisateurs. En proposant une représentation visuelle d'une ressource, nous avons souhaité stimuler la créativité des utilisateurs, en permettant des logiques associatives. Elles peuvent également être utilisées de manière aléatoire.

Produits	Sources d'information
Appareils photo (compact et réflex) Aspirateurs (de sol, de table) Barbecue Boîte aux lettres Bouilloire Brosse à dents Cadre photo Caméra Chaîne hi-fi Climatiseur Consoles de jeu vidéo (de salon, portable) Décodeur tv Enceintes Epilateur Fer à repasser Fours (micro-ondes, traditionnel) GPS Grille pain Humidificateur d'air Imprimante Lampes (multicolore, de bureau, de salon, de chevet, de table, de plafond) Lave-vaisselle Lecteur enregistreur Lecteur mp3 Livre électronique Machine à café Machine à laver Mixeur Nabaztag/Karotz Ordinateurs (portable, de bureau) Perceuse Pèse- personne Radiateur Radio Réveil Rasoir Réfrigérateur Scooter Sèche-cheveux Sonnette Station météo, Station multimédia, Tablette Téléphones (fixe et mobile), Télévision Tondeuse de jardin, Tournevis Vélos (personnel, de location) Ventilateur Vibromasseur Voiture Webcam	Achetez Facile (comparateur de prix) Airparis (pollution) Allociné (bandes annonces, fiches films, horaires, sorties de la semaine) Amazon (boutique en ligne) Bourse (cours) Covoiturage (recherche, ajout de trajet) Culture (agenda culturel) Dailymotion (vidéo) Deezer (morceau/liste de lecture) Facebook (fil d'actualité, message privé, message public) Flickr (fil d'actualité, photo/album, poster une photo, moteur de recherche) Flux RSS (site), Fnac (boutique en ligne) Foursquare (check-ins) Gmail (e-mails) Google Latitude (géolocalisation) Horoscope (du jour) Infoconcert (agenda culturel) L'Equipe (agenda sportif, résultats) Le Bon Coin (petites annonces) Météo France (prévisions, cartes) MSN (conversations) MySpace (morceau/liste de lecture) RATP (horaires, plan du réseau, bulletin trafic) Reverso (traducteur) Skype (conversations) Spotify (morceau/liste de lecture) Sytadin (trafic routier) Télé-Loisirs (programme TV), Thunderbird (e-mails) Trip Advisor (comparateur d'hôtels) Twitter (fil d'actualité, message privé, message public) Vimeo (vidéos) Youtube (vidéos populaires, envoyer une vidéo, vidéos)

Tableau 4. Liste des produits et sources d'information utilisées pour le jeu de cartes.

1.2. Une fiche « idée » pour décrire les applications

Un modèle de fiche visant à décrire une application de l'Internet des Objets a été créé afin de garder une trace des idées générées par les utilisateurs. Chaque fiche se compose d'un intitulé et de trois espaces à compléter relatifs à la composition, la description et à l'intérêt ou la valeur ajoutée de l'application. Pour chaque espace, une phrase a été ajoutée afin d'éclairer les utilisateurs sur le contenu attendu. Imprimées au format A5, les fiches ont été conçues pour être rapidement complétées et limiter les descriptions trop longues. La Figure 35 illustre leurs utilisations pendant l'expérimentation.

Figure 35. Utilisation de la fiche « idée » lors de la séance de créativité.

La partie composition invite les utilisateurs à lister les produits ou sources d'information utilisés. Elle permet d'identifier les cartes qui ont été utilisées pour construire l'application et d'évaluer sa complexité et sa portée dans l'habitat. La partie description vise à expliquer brièvement le fonctionnement de l'application. Les utilisateurs y détaillent les interconnexions qui unissent les produits et les sources d'information. La partie intérêt ou valeur ajoutée permet d'identifier les raisons qui ont mené les utilisateurs à développer cette idée. Elle complète la description de l'application, nous éclaire sur sa valeur perçue et facilite le travail de sélection des idées. L'intitulé de la fiche est enfin susceptible de nous éclairer sur la manière dont les utilisateurs perçoivent l'application et la considèrent ou non comme liée à un produit en particulier.

Il est important de noter que, sur ce support, durant toute l'expérimentation, nous avons fait le choix d'utiliser le terme « service » plutôt que celui d'« application ». Lors de la phase préparatoire, nous avons en effet observé que plusieurs utilisateurs associaient le terme « application » à l'univers du téléphone mobile. Les nombreuses campagnes publicitaires

menées par Apple autour de la capacité de son terminal à télécharger et installer des applications depuis un « marché » ont certainement eu un impact sur la manière dont les utilisateurs comprennent et utilisent ce mot. Afin d'éviter d'éventuels biais, nous avons préféré utiliser le mot « service », qui nous a semblé moins connoté. Du point de vue de l'utilisateur, il évoque de manière plus générale l'usage que l'on peut faire d'un produit et l'avantage qu'il peut conférer à l'utilisateur dans une situation donnée. Dans cette section et les suivantes, nous utilisons systématiquement le terme « application » pour faire référence aux idées produites.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Dans cette expérimentation, notre analyse repose sur la qualité et le nombre d'idées d'applications générées par les utilisateurs lors de la séance de créativité. Si les outils développés visent à faciliter la transcription des idées, il est néanmoins crucial que les utilisateurs soient en mesure d'appréhender le concept même de l'Internet des Objets. C'est pourquoi nous avons travaillé avec une population assez jeune, n'ayant pas simplement une pratique des produits de l'habitat, mais également des plateformes Web. Nous détaillons dans cette section le profil des utilisateurs à notre expérimentation, la procédure appliquée et les modalités de sélection nécessaire à l'analyse des idées générées lors de la séance de créativité.

2.1. Echantillon

Onze utilisateurs issus de deux écoles de design françaises se sont portés volontaires pour participer à cette expérimentation. Agés de 22 à 27 ans ($m=23,64$; $\sigma=1,63$), tous préparaient un Master en design produit ou d'interactivité. Les étudiants, répartis en deux groupes distincts de 6 et 5 personnes, ont été recrutés par des professeurs de chaque établissement en fonction de leur parcours, de leur motivation et de l'intérêt qu'ils portaient au sujet de l'Internet des Objets.

Aucun d'entre eux ne possédait, au moment de l'expérimentation, un produit connecté ou augmenté, ou ne disposait de connaissances particulières sur le sujet. De par leur formation, tous ont néanmoins acquis une culture du produit industriel et la capacité à proposer des réponses créatives à des problèmes d'amélioration. Ces qualités nous ont semblé nécessaires à la réalisation de l'exercice proposé.

En effet, lors de la préparation de cette expérimentation, des pré-tests réalisés au sein des Bell Labs avec des ingénieurs ont mis en évidence la difficulté de ces derniers à produire dans un court laps de temps une grande quantité d'idées. Celles-ci révélaient également la difficulté à envisager les applications orientées produit. Nous avons donc choisi de travailler avec des étudiants designers, plus à même d'appréhender des concepts nouveaux et à diverger, afin de récolter des données plus pertinentes et pour mener notre étude.

2.2. Conditions

Nous avons invité les utilisateurs à s'installer autour d'une table sur laquelle étaient disposés deux jeux de cartes identiques. Après avoir rapidement introduit les enjeux de l'Internet des Objets, en mettant l'accent sur la possibilité de créer des interconnexions entre les produits et des sources d'information disponibles sur le Web, nous avons présenté les différents types de cartes et expliqué l'objectif de la séance. Il a été demandé aux utilisateurs de combiner plusieurs ressources afin de générer des idées d'applications, puis de décrire ces dernières en suivant la trame fournie.

La phase de génération d'idées a duré 45 minutes, pendant lesquelles les utilisateurs ont travaillé de manière individuelle. Les fiches « idée » ont été accrochées sur un mur tout au long de la séance, afin de permettre à ceux qui manquaient d'idées de s'inspirer de celles de leurs camarades.

A l'issue de la séance, nous avons demandé aux utilisateurs de sélectionner les idées d'applications qui leur semblaient les plus intéressantes, à l'aide d'une gommette de couleur. Le groupe 1 a bénéficié de cinq votes, tandis que le groupe 2 n'en a disposé que de trois. Nous avons fait le choix de réduire ce nombre afin d'inciter les utilisateurs à prendre parti. Une fois le processus de sélection terminé, les fiches ont été collectées et classées par nombre de votes.

La procédure a été reproduite à deux reprises, pour chacun des groupes, dans des lieux différents. Les mêmes consignes ont été appliquées, les mêmes outils utilisés.

3. MESURES DES PRODUCTIONS DES UTILISATEURS

Les fiches « idée » produites par les utilisateurs durant la séance de créativité nous permettent d'analyser la manière dont ils envisagent les interconnexions mises en place par les applications. Nous proposons donc de mesurer les types de ressources utilisées pour composer les applications et les types de liens qu'elles mettent en place. L'appréciation des utilisateurs peut également être prise en compte afin d'évaluer leur perception générale des idées proposées au sein d'un même panel. Nous revenons dans cette section sur les critères ayant guidé l'analyse des résultats, ainsi que sur le processus de sélection des productions qui a été effectué de manière préalable.

3.1. La composition des applications

Les applications orientées produit visent à assembler, combiner ou associer des produits avec d'autres ressources. Les types de ressources qu'elles mobilisent constituent donc un premier élément discriminant. Une application peut en effet articuler des produits, ou des sources d'information, ou les deux. Le nombre de ressources apparaît comme un autre facteur important. Nous pouvons observer si les utilisateurs envisagent des applications complexes,

opérant de nombreuses ressources, ou plutôt des applications à la portée plus réduite. Dans cette optique, il est utile de dénombrer les applications centrées sur un produit en particulier, dont elles viennent augmenter les fonctionnalités. Enfin, nous proposons de vérifier l'utilisation des terminaux (téléphone mobile, tablette, ordinateur ou console de jeu portable) et d'en analyser l'usage.

3.2. Les types d'interconnexions

Les applications permettent de mettre en place de nouvelles interconnexions entre des ressources. Nous avons fait le choix d'en distinguer deux types : le premier englobe celles reliant les produits à des sources d'information, le deuxième se réfère à celles reliant les produits à d'autres produits. Dans le premier cas, nous dissocions les interconnexions ascendantes et descendantes. Dans le second, nous considérons de la même manière les interconnexions entrantes et sortantes d'un produit. En effet, cette distinction ne peut être effectuée que dans le cadre de compositions d'applications particulières, impliquant un nombre de ressources limité. Dans le cadre de cette expérimentation, une analyse aussi fine ne nous a pas paru nécessaire[127]. Notre analyse se porte donc sur trois types d'interconnexions, pouvant mener à sept configurations détaillées dans le Tableau 5.

Configuration	Source d'information > Produit	Produit > source d'information	Produit <> produit
1	Non	Non	Oui
2	Oui	Oui	Non
3	Non	Oui	Oui
4	Oui	Non	Non
5	Oui	Non	Oui
6	Oui	Oui	Non
7	Oui	Oui	Oui

Tableau 5. Configurations d'interconnexions observées.

[127] Nous avons néanmoins pris en considération cet aspect dans la définition de la seconde expérimentation.

3.3. L'intérêt des utilisateurs

Toutes les applications ne sont pas appréciées de la même manière par les utilisateurs. Parmi toutes les idées générées, nous avons souhaité identifier celles qui ont suscité le plus d'intérêt. Nous avons donc mis en place un processus d'évaluation à la fin de notre séance de créativité pour prendre en compte cette dimension qualitative. Avec ces données, nous souhaitons confronter notre vision des applications orientées produit à celles des utilisateurs, et mettre en avant leurs éventuelles différences.

3.4. Processus de sélection

Nous avons effectué une sélection des idées produites par les utilisateurs avant de procéder à leur analyse. Dans le cadre de cette expérimentation, nous considérons comme valides toutes les propositions d'applications visant à interconnecter des ressources entre elles et apportant une valeur ajoutée à un utilisateur (quel qu'il soit). Les applications portant sur la modification seule d'un produit, ou décrite comme délivrée par un terminal ont donc été écartées. De la même manière, celles ne visant pas à faciliter une tâche ou activité clairement identifiée n'ont pas été considérées comme valides. Enfin, les idées impliquant une réalisation technique très complexe ou irréalisable compte tenu de l'état de l'art industriel n'ont pas non plus été prises en compte. Les idées jugées non valides constituent cependant des éléments de discussion intéressants.

4. RESULTATS

Les utilisateurs ont formulé 76 idées d'applications, dont 61,84% ont été considérées comme valides dans le cadre de l'exercice. Le groupe 1 a généré 43 idées (dont 67,44% ont été retenues) tandis que le groupe 2 en a produit 33 (dont 54,55% ont été retenues). Le Tableau 7 et le Tableau 8 récapitulent les idées produites. L'analyse des propositions retenues révèle que les utilisateurs ont utilisé plus de cartes représentant des produits (66,22%) que des sources d'informations (33,78%). Ce sont néanmoins les plateformes musicales qui reviennent le plus souvent dans les propositions (14,86% des occurrences), suivies par les réseaux sociaux (9,46%) et les services météo (8,11%) ou de qualité de l'air (6,76%). Le produit le plus récurrent est la lampe (12,16%), suivi de la machine à café, à laver, du lave vaisselle, de la

chaîne hi-fi et des radiateurs (6,76%). Le nuage de mots-clés présenté en Figure 36 permet de visualiser l'utilisation des différents types des ressources par les utilisateurs[128].

Figure 36. Nuage de mots-clés des cartes les plus utilisées par les utilisateurs.

4.1. Composition des applications

31,9% des applications imaginées se composent exclusivement de produits, tandis que les autres font également appel à des sources d'information. En moyenne, les applications se composent de 3,64 ressources (σ= 1,86). Elles mobilisent 2,47 produits (σ= 1,46) et 1,17 source d'information (σ= 1,86).

72,34% des applications s'articulent autour d'un produit spécifique (σ= 0,45), clairement identifié dans la description de l'application. Il s'agit le plus souvent d'une lampe (11,76%), d'un radio-réveil (8,82%), d'un appareil photo, d'un aspirateur, d'une boîte aux lettres ou d'un livre électronique (5,88%). Les autres semblent agir de manière plus globale sur l'environnement, et mobilisent un nombre plus important de ressources (5,08 ressources en moyenne contre 3,09 dans le cas d'applications centrées sur un produit).

Dans 23,40% des propositions, les utilisateurs ont explicitement mentionné un terminal (téléphone mobile, tablette, ordinateur ou console de jeu portable). Ce dernier permet d'interagir avec des produits in-situ ou à distance (54,55% des cas), de délivrer une information nécessaire

[128] Les noms des ressources s'affichent dans une police de caractère d'autant plus grande qu'ils sont utilisés par les utilisateurs. Les sources d'informations apparaissent de manière plus claire que les produits. Générés par le site Wordle.net, les accents et espaces ont volontairement été supprimés afin d'assurer le fonctionnement de l'algorithme.

au fonctionnement de l'application (27,27% des cas) ou de notifier l'utilisateur (18,18% des cas).

4.2. Types d'interconnexions

Plus de la moitié des idées d'applications retenues implique une interconnexion entre produits. Ainsi, 36,17% d'entre elles visent à créer un lien entre deux ou plusieurs produits permettant généralement le pilotage à distance de certaines fonctions ou leur déclenchement automatique. 23,40% des applications s'appuient sur la même interconnexion, mais tissent également un lien entre un produit et une source d'information. Les données téléchargées par le produit peuvent, une fois analysées, jouer un rôle dans le déclenchement de ses fonctions ou dans l'orchestration d'autres produits.

Les autres applications proposées par les utilisateurs mettent en place un lien entre le monde physique et numérique. 19,15% visent ainsi à faciliter le téléchargement de données d'une source d'information vers un produit, tandis que 21,28% rendent possible l'acheminement de données du produit vers une source d'information. Des contenus peuvent alors être transmis à l'une ou l'autre des ressources sans que l'utilisateur n'ait à utiliser un terminal. Le Tableau 6 récapitule ces données et met en évidence l'absence de certaines configurations d'interconnexion dans les propositions des utilisateurs. Aucune application combinant des transferts ascendants et descendants d'un produit vers une source d'information, ou mêlant des interactions entre produits avec un transfert vers une source d'information, n'a été décrite. Enfin, aucun exemple intégrant les trois types de liens n'apparaît.

Config.	Type	Grp. 1	Grp. 2	Total	%
1	Interconnexion simple entre produits	12	5	17	36,17
5	Interconnexion entre produits + interconnexion descendante entre produit et source d'information	8	3	11	23,40
2	Interconnexion ascendante entre produit et source d'information	5	5	10	21,28
4	Interconnexion descendante entre produit et source d'information	4	5	9	19,15
3	Interconnexion entre produits + interconnexion ascendante entre produit et source d'information	0	0	0	0,00
6	Interconnexions ascendante et descendante entre produit et source d'information	0	0	0	0,00
7	Combinaison de toutes les interconnexions	0	0	0	0,00

Tableau 6. Analyse des applications en fonction des types d'interconnexion.

4.3. Intérêt pour les applications

31 propositions ont été plébiscitées par les utilisateurs. Le groupe 1 a sélectionné 19 applications, dont 9 ont fait l'objet d'au moins deux votes. Le groupe 2 en a sélectionné 12 dont seulement 2 ont mobilisé plus d'un vote. Cette différence s'explique par le fait que les utilisateurs du groupe 2 n'ont pu voter que pour 3 propositions, contre 5 dans le groupe 1. Ce changement de protocole n'a pas eu l'effet attendu sur la répartition des votes, que l'on considère ici comme dispersée.

64,52% des idées sélectionnées correspondent aux applications considérées comme valides. Parmi ces dernières, 65% impliquent des interconnexions entre produits (dont seulement 23,07% mobilisent un lien vers une source d'information), tandis que les autres mettent en place des interconnexions avec une source d'information (dont 57,14% sont ascendantes). Dans le groupe 1, la proposition 43, décrivant l'utilisation d'une lampe multicolore pour représenter la qualité de l'air a été la plus plébiscitée. Les propositions 35 et 37, visant également à notifier les utilisateurs d'une information spécifique (le statut d'une commande ou la réception de courrier) ont également recueilli plusieurs votes. Les propositions 36, 39 et 41, automatisant des produits de l'habitat se distinguent également. Dans le groupe 2, c'est l'idée 75, proposant d'orchestrer plusieurs produits pour créer une ambiance de lecture qui sort du lot, suivie de l'idée 76, mettant en avant un lien entre une radio et un réseau social.

35,48% des applications plébiscitées par les utilisateurs correspondent à des propositions que nous n'avons pas considérées comme recevables. Si la plupart d'entre elles n'ont recueilli qu'un vote, les propositions 42 et 40, issues du groupe 1, ont respectivement reçu trois et deux votes. Elles décrivent une automatisation des produits de la cuisine, capables de préparer les repas des utilisateurs sans leur intervention, et une analogie entre une tâche ménagère (aspirer) et la gestion de données personnelles (les emails). Nous proposons de revenir sur ce fait remarquable dans la partie discussion.

Id.	Grp.	Résumé de l’application	Votes
1	1	Le réfrigérateur organise la vie de la cuisine.	0
2	1	Les températures de la maison sont gérées automatiquement.	0
3	1	La caméra publie les fichiers sur le Web.	0
5	1	L'aspirateur est piloté à distance.	0
6	1	Le vibromasseur est piloté à distance.	0
7	1	La musique est distribuée au travers des différents produits de la maison.	0
9	1	L'ouverture et la fermeture des volets sont gérées automatiquement.	0
13	1	L'alimentation des produits de la maison est coupée pour économiser l'énergie.	0
14	1	Le cadre photo affiche des informations pour préparer son départ.	0
15	1	Le baladeur est capable d'afficher des vidéos et des photos.	0
16	1	La machine à laver est programmée automatiquement.	0
17	1	La machine à café se synchronise avec le grille-pain.	0
18	1	La voiture déclare sa position sur les réseaux sociaux.	0
19	1	La lampe fait varier sa couleur selon la météo.	0
23	1	Les produits régulent leur niveau sonore dans la maison.	0
24	1	L'épilateur se charge automatiquement en fonction d'événements externes.	0
26	1	Les produits signalent les pannes et indiquent la pièce à changer.	1
27	1	L'appareil photo publie les fichiers sur le Web et le partage avec un autre appareil.	1
28	1	Le radio-réveil délivre les contenus spécifiés par l'utilisateur.	1
29	1	Le barbecue publie une invitation sur les réseaux sociaux.	1
32	1	Le radio-réveil commande les produits de la cuisine.	1
33	1	La lampe indique quand quelqu'un sonne à la porte.	1
35	1	La boîte aux lettres indique le statut de la commande passée sur une boutique en ligne.	2
36	1	La lumière et la température de la maison sont gérées automatiquement.	2
37	1	La boîte aux lettres avertit l'utilisateur du courrier reçu.	2
38	1	Une plateforme agrège des données liées à la ville.	2
39	1	La clé USB fonctionne sans fil.	2
41	1	Le radio-réveil commande les produits de la maison et gère le réveil/coucher.	2
43	1	La lampe indique la qualité de l'air.	3
46	2	Les produits de la maison sont prêts quand l'utilisateur rentre chez lui.	0

47	2	Le vélo prend des photos et les délivre sur les réseaux sociaux.	0
48	2	Le Nabaztag avertit l'utilisateur de différents événements.	0
49	2	Les produits de la maison démarrent aux meilleurs moments.	0
50	2	Le ventilateur se règle en fonction de la météo.	0
52	2	Le ventilateur et le radiateur se règlent en fonction du temps.	0
56	2	L'appareil photo publie le contenu sur le Web.	0
57	2	La lampe adapte sa couleur par rapport au planning.	0
60	2	La montre mesure la température corporelle et adapte celle de la pièce.	0
62	2	Le livre électronique fait la lecture du livre via des enceintes.	0
64	2	L'air de la maison est pur quand l'utilisateur rentre chez lui.	0
66	2	L'aspirateur est commandé à distance.	1
67	2	Le matériel de sport déclenche des morceaux pour motiver l'utilisateur.	1
71	2	Les produits de la maison démarrent aux meilleurs moments.	1
73	2	Le scooter prend des vidéos et les délivre sur les réseaux sociaux.	1
74	2	La brosse à dents commande la chaîne hi-fi pour le temps du brossage.	1
75	2	Le livre électronique crée une ambiance avec les produits disponibles.	3
76	2	La radio est capable d'identifier le morceau musical et de l'ajouter à un réseau social.	2

Tableau 7. Récapitulatif des idées d'applications considérées comme valides.

Id.	Grp.	Résumé de l’application	Votes
12	1	Un fer à repasser intègre un tutorial à destination des hommes.	0
20	1	Un réfrigérateur calcule les stocks en fonction des résultats sportifs.	0
22	1	Une application sature l'écran de l'ordinateur en fonction des lampes allumées.	0
40	1	L'aspirateur efface les e-mails.	2
59	2	Les produits déclenchent la lecture de morceaux musicaux.	0
61	2	Les produits adaptent leur comportement par rapport à l'horoscope.	0
10	1	Un film est généré à partir des votes des spectateurs.	0
21	1	Un produit rassemble toutes les données personnelles.	0
65	2	Le réfrigérateur force l'utilisateur à suivre son régime.	1
25	1	La machine à laver et le fer à repasser fonctionnent sans l'intervention de l'utilisateur.	1
31	1	Les produits deviennent des robots.	1
34	1	Le téléphone traduit automatiquement les conversations.	1
42	1	Les produits de la cuisine fonctionnent tout seuls.	3
68	2	Le réfrigérateur commande automatiquement les denrées.	1
69	2	L'appareil photo traduit automatiquement les conversations.	1
72	2	Les personnes qui sonnent à la porte sont automatiquement identifiées.	1
8	1	Un robot aspire les miettes présentes sur la table.	0
30	1	Les produits communiquent ensemble.	1
45	2	Une radio diffuse des vidéos Youtube sans se connecter à Internet.	0
4	1	La lampe devient projecteur et permet d'interagir avec des services.	0
11	1	Le réfrigérateur est doté d'un écran permettant de scruter l'intérieur.	0
44	2	Une plateforme de réservation de concert avec voyage compris.	0
51	2	Une plateforme permettant de créer des itinéraires.	0
53	2	Application mobile permettant d'obtenir des informations météo/trafic.	0
54	2	Application GPS permettant de visualiser la position de ses amis.	0
55	2	Application mobile permettant d'obtenir le plan du métro.	0
58	2	Un service permettant de créer son agenda culturel.	0
63	2	Application mobile permettant de créer des itinéraires.	0
70	2	Une plateforme proposant des contenus relatifs aux centres d'intérêts des utilisateurs.	1

Tableau 8. Récapitulatif des idées d'applications considérées comme non recevables.

5. ANALYSE

Les résultats de la séance de créativité montrent que les utilisateurs ont réussi à utiliser les cartes et les fiches « idées » pour créer des applications représentatives de l'Internet des Objets. Si aucun produit ou source d'information n'a été ajouté au jeu de cartes, malgré la présence de cartes vierges, la plupart de celles mises à disposition ont été mobilisées durant la séance. Les utilisateurs se sont donc focalisés sur les ressources disponibles pour construire leurs applications, plutôt que de s'interroger sur des alternatives possibles. Dans la mesure où la liste des produits et des sources d'information proposée nous semble représentative de la vie d'un utilisateur potentiel de l'Internet des Objets, nous ne considérons pas cette contrainte comme un biais. L'utilisation d'un corpus commun favorise au contraire notre travail d'analyse, illustré par la Figure 37. Dans cette section, nous présentons notre interprétation des résultats précédemment décrits, et mettons en avant les difficultés rencontrées par les utilisateurs pour appréhender les différents types d'interconnexions caractérisant les applications.

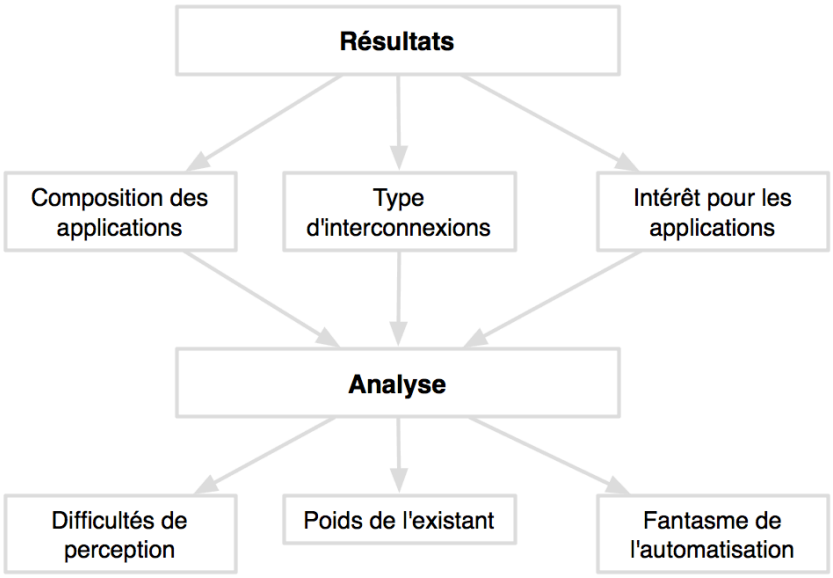


Figure 37. Analyse des résultats de l'expérimentation 1.

5.1. Difficultés de perception

L'analyse des propositions a montré que les utilisateurs envisagent sans difficulté des interconnexions entre produits, ou entre produit et source d'information. Ils peinent néanmoins à appréhender leur utilisation combinée, ce qui suggère une possible dichotomie dans la perception des applications.

Pour beaucoup des utilisateurs, les applications orientées produit opèrent ainsi exclusivement dans la sphère physique. Le fait que de nombreuses applications imaginées se composent exclusivement de produits et tirent parti d'une unique interconnexion entre produits

révèle leur caractère local. Dans la plupart des cas, l'application confère à un produit spécifique la capacité d'échanger des informations ou de commander les fonctions d'autres produits. Elles mènent ainsi à la construction de plusieurs écosystèmes de taille réduite, dans lesquels certains produits jouent le rôle de coordinateurs. Un clivage apparaît entre ces derniers, porteurs d'intelligence, et les autres, receveurs d'ordres ou de commandes.

Un autre type d'application proposé par les utilisateurs vise à articuler la sphère physique avec la sphère numérique. De nombreuses applications décrivent ainsi des interconnexions ascendantes ou descendantes entre un produit et une source d'information. Elles mettent en évidence l'importance des plateformes Web, vers lesquelles convergent aujourd'hui de nombreuses données. En conférant aux produits la capacité de s'interopérer avec ces plateformes, les applications facilitent la circulation de l'information. Les produits apparaissent alors comme des alternatives aux terminaux, jusqu'à présent seule passerelle vers la sphère numérique.

Une mixité des interconnexions apparaît cependant dans quelques unes des applications décrites par les utilisateurs. Dans plusieurs cas, ces derniers envisagent de mobiliser des données disponibles sur des plateformes Web en complément d'interconnexions entre produits. Capable de traiter et d'analyser une information externe à l'écosystème de produits, l'application développe alors une nouvelle forme d'intelligence. Les applications ne s'articulant sur aucun produit en particulier, et mobilisant un ensemble de ressources plus important, semblent plus propices à la diversification des interconnexions. Elles impliquent une logique d'orchestration plus riche, mais souvent moins facile à décrire. De manière générale, l'absence de propositions combinant les trois types d'interconnexions dénote enfin la difficulté des utilisateurs à percevoir réellement les richesses offertes par l'Internet des Objets. Ils ne semblent développer qu'une vision fragmentée et parfois confuse du sujet, que révèle l'analyse des propositions écartées au moment de l'analyse.

5.2. Poids de l'existant

Bien qu'une majorité des idées produites par les utilisateurs nous confortent dans l'idée que les utilisateurs sont en mesure d'appréhender les interconnexions mises en place par les applications orientées produit, le nombre important de propositions jugées irrecevables reflète la difficulté de cet exercice. Comme dans tout exercice de créativité, les connaissances des utilisateurs ont eu une influence sur la production des idées.

28% des applications écartées décrivent ainsi une plateforme Web (propositions 44, 51, 58, 80) ou une application pour un terminal (propositions 53, 54, 55, 63) souvent déjà disponibles sur le marché. Destinées à être utilisées via un terminal, ces applications ne mobilisent pas ou peu de produits. Elles révèlent le besoin des utilisateurs d'accéder à des informations spécifiques, facilitant notamment la prise de décisions (où aller? quand? avec qui?

pour quoi faire?) dans des situations données. Si l'usage du mot « service » dans la fiche « idée » est susceptible d'avoir orienté les choix de certains utilisateurs, ces propositions reflètent également les limites très floues qui distinguent, dans l'esprit des utilisateurs, les applications orientées produit des applications pour des terminaux.

31% des idées jugées non recevables mettent en avant, quant à elles, une automatisation idéalisée des produits. L'idée que les produits accomplissent notamment les tâches ménagères de manière automatique (propositions 8, 25, 31, 42, 68), sans que l'utilisateur n'ait à intervenir, est très présente. Elle amène également les produits à développer des facultés nouvelles, qui les rapprochent des robots: celles de reconnaître les utilisateurs (proposition 72), de comprendre leur langage (propositions 34 et 69), ou même d'accomplir des choix pour eux (proposition 65). Ces propositions ont, de manière inattendue, été très plébiscitées par les utilisateurs lors de la phase d'évaluation. Cet intérêt tout particulier pour l'orchestration automatique des produits dénote le poids d'un imaginaire particulier sur la perception de l'Internet des Objets par les utilisateurs.

5.3. Fantasme de l'automatisation

De nombreuses applications proposées par les utilisateurs font écho à l'univers de la domotique. Elles visent à améliorer le confort et la sécurité des habitants, en centralisant et contrôlant les différents produits de l'habitat. Cette vision de la maison « intelligente », éco-responsable et agréable vivre, promise par les médias et critiquée au cinéma[129], ne s'est jamais véritablement incarnée dans la réalité. Le réfrigérateur intelligent, capable de gérer les stocks et de commander les denrées automatiquement, constitue sans aucun doute le produit iconique de la domotique, tout en étant un flop commercial[130]. Profondément ancré dans l'esprit des gens, il représente néanmoins une forme d'idéal autour duquel s'est développé un imaginaire qui oriente aujourd'hui la vision des utilisateurs.

Jean Baudrillard, dans son ouvrage « Le système des objets » évoquait déjà ce « vœu fondamental, de chaque instant, que "tout marche tout seul", que chaque produit, dans la fonction qui lui est dévolue, accomplisse ce miracle de la perfection du moindre effort » (Baudrillard, 1978, p.156). Il évoque une « fascination » pour la ressemblance entre le produit automatisé et l'individu humain, qu'il qualifie de « nouvel anthropomorphisme ». Si les applications orientées produit contribuent aujourd'hui à conscientiser les produits et permettre l'automatisation de leurs fonctions, elles ne promettent en rien de remplacer l'utilisateur dans

[129] Nous pensons notamment aux films « Playtime » de Jacques Tati et « Brazil » de Terry Gilliam qui dépeignent les dysfonctionnements d'une cuisine « intelligente ».

[130] Nicolas Nova évoque notamment l'échec des réfrigérateurs intelligents dans l'ouvrage « Les Flops technologiques » (Nova, 2011).

ses tâches ou activités. A l'inverse, elles visent à mieux les prendre en compte pour mieux les supporter, et ce grâce à des mécanismes qu'il nous faut définir, développer et expliquer afin que les utilisateurs transcendent leur fascination pour appréhender au mieux les possibles de l'Internet des Objets.

6. RETOUR D'EXPERIENCE

Dans cette partie, nous avons montré que les utilisateurs ont développé une vision parcellaire des applications orientées produit, souvent nourrie par l'imaginaire de la domotique. Nous présentons ici, de manière très succincte, les principales conclusions de cette expérimentation.

• Les utilisateurs se figurent deux types d'interconnexions qui sont rarement combinées : celles permettant aux produits d'interagir ensemble et celles leur permettant de s'interopérer avec des sources d'information sur le Web.
• Les utilisateurs peinent à discerner les mécanismes sous-jacents aux interconnexions. Ils imaginent principalement des mécanismes de transfert de données et d'orchestration des fonctions.
• Les utilisateurs sont fascinés par le « tout automatique » et attribuent souvent des propriétés « magiques » aux applications.
• Nous considérons que le poids de l'imaginaire de la domotique amène les utilisateurs à éluder les questions du fonctionnement réel des applications et biaise leur perception.

Il parait donc nécessaire, dans la suite de notre travail, de détailler les mécanismes pouvant être mobilisés dans les différentes configurations d'interconnexions, afin que les utilisateurs soient en mesure de percevoir la richesse des applications et disposent d'un langage commun.

Chapitre 2 : La perception des mécanismes sous-jacents aux applications.

Au cours de cette deuxième expérimentation, nous nous sommes attachés à étudier les figurations ou les transcriptions que forment les utilisateurs pour appréhender les mécanismes sous-jacents aux applications orientées produit. Nous avons adopté un point de vue plus large que lors de la précédente expérimentation, celui d'un écosystème de produits. Si l'échelle du produit est intéressante pour étudier les interconnexions et les mécanismes sous-jacents aux applications, elle ne permet pas de mettre en exergue la manière dont ces dernières trouvent leur place dans un tissu ou une infrastructure plus globale. Nous avons ainsi souhaité explorer la manière dont les gens se représentent précisément les applications: comment s'articulent-elles dans l'écosystème de ressources? Comment les mécanismes qu'elles mettent en place sont-ils compris et perçus par les utilisateurs? Sont-elles réellement perçues comme des entités indépendantes? Pour explorer ces questions, nous avons imaginé un exercice de schématisation visant à étudier les transcriptions figurales[131] développées par des utilisateurs face à un écosystème donné.

1. CREATION D'OUTILS PERMETTANT L'ETUDE DE TRANSCRIPTIONS FIGURALES

Un écosystème de produits et de sources d'information a été imaginé afin d'amener les utilisateurs à se projeter dans une réalité où plusieurs ressources fonctionnent de concert. Il met en perspective différents types d'interconnexions, mobilisées par plusieurs applications pour supporter les activités des utilisateurs. Il constitue un scénario plausible de l'Internet des Objets, communiqué aux utilisateurs par le biais d'une fiche décrivant au travers de courtes phrases les interconnexions entre les ressources. Ce support imprimé, partagé par tous les utilisateurs est l'outil principal de cette séance de co-création. Il vise à supporter la création de transcriptions figurales par les utilisateurs. Dans cette section, nous décrivons les choix ayant mené à la création de ce support, ainsi que le questionnaire élaboré pour évaluer la perception des schémas produits par les utilisateurs.

[131] Dinet et Kitajima (Dinet et al., 2011) ont mené une exercice similaire visant à étudier la manière dont des enfants schématisent une recherche sur le World Wide Web.

1.1. Le choix de l'écosystème de produits

Nous avons imaginé un écosystème de taille réduite, mobilisant 8 produits de l'habitat et 8 sources d'information. La plupart des ressources, listées dans le Tableau 9, sont ancrées dans la pratique des utilisateurs[132]. Nous les avons sélectionnées afin qu'elles fassent écho à des situations du quotidien : la préparation matinale, l'attente de courrier, la réception d'amis, le départ en vacances.

Produits	Sources d'information
Lampe multicolore Radio-réveil Radiateur Cadre photo numérique Boîte aux lettres Machine à café Volet électrique Lampe de salon	Morceau ou liste de lecture (Deezer) Calendrier (Google) Message public (Facebook) Géolocatisation (Google Latitude) Photo (Facebook) Prévision météo (Météo France) Horaire (RATP) Circulation (Sytadin)

Tableau 9. Liste des ressources utilisées pour créer l'écosystème.

Quatre ensembles d'applications ont ainsi été imaginés autour de ces ressources. Deux d'entre eux sont centrés sur un produit spécifique (le réveil et la lampe), tandis que les autres s'articulent autour d'un événement (la présence ou l'absence des habitants). Elles visent toutes à améliorer le quotidien des utilisateurs, en automatisant certaines tâches, en augmentant leur perception (par des notifications ou la prise en compte d'événements externes) ou en personnalisant l'expérience délivrée par les produits. Le Tableau 10 décrit les actions réalisées par les applications, en faisant apparaître les types d'interconnexions et les mécanismes mobilisés.

L'écosystème que nous avons élaboré s'articule ainsi autour de 9 interconnexions entre produit et source d'information (8 descendantes, 1 ascendante) et de 3 interconnexions entre produit (2 sortantes, 1 entrante). Nous avons souhaité mettre en avant des interconnexions entre produit et source d'information dans notre écosystème. Ces dernières sont en effet susceptibles d'être moins bien comprises que les interconnexions entre produits. De la même manière, nous avons essayé d'illustrer des situations où les produits tirent parti de sources d'information pour adapter leurs fonctions.

[132] A posteriori, nous observons qu'elles ont été citées dans de nombreuses propositions d'applications générées lors de la première expérimentation.

N°	Action	Ressources	Interconnexion	Ensemble
1	Jouer la liste de lecture.	Réveil Deezer	Source d'information > produit	1
2	Publier un statut lors du réveil.	Réveil Facebook	Produit > source d'information	1
3	Synchroniser le réveil et la météo.	Météo Réveil	Source d'information > produit	1
4	Synchroniser l'alarme et le trafic.	Trafic Réveil	Source d'information > produit	1
5	Lancer le radiateur avant le réveil.	Réveil Radiateur	Produit > produit	1
6	Lancer le café avant le réveil	Réveil Machine à café	Produit > produit	1
7	Avertir s'il y a du courrier.	Lampe multicolore Boite aux lettres	Produit < produit	2
8	Savoir s'il y a des amis	Google Latitude Cadre photo	Source d'information > produit	3
9	Afficher les photos Facebook.	Facebook Cadre photo	Source d'information > produit	3
10	Avertir quand il faut partir.	Horaires Lampe multicolore	Source d'information > produit	2
11	Simuler la présence.	Calendrier Lampe de salon	Source d'information > produit	4
12	Simuler la présence.	Calendrier Volets	Source d'information > produit	4

Tableau 10. Découpage de l'écosystème par action et type d'interconnexion.

Nous reconnaissons que la manière dont les utilisateurs hiérarchisent les ressources et répartissent l'intelligence peut mener à interpréter différemment une interconnexion. Dans le cas de la boîte aux lettres notifiant l'utilisateur du courrier reçu, est-ce ainsi la lampe qui active sa fonction après avoir vérifié le statut de la boîte aux lettres, ou cette dernière qui commande la lampe lorsqu'elle est pleine? Si nous faisons l'hypothèse qu'il est plus facile d'appréhender les applications concentrant les mécanismes autour d'un produit, plutôt que celles en mobilisant plusieurs, nous ne pouvons à ce stade de l'étude attester qu'une vision est plus pertinente que l'autre. C'est pour cette raison que nous n'avons pas proposé aux utilisateurs le même tableau que celui présenté dans cette section, mais nous avons créé un support décrivant de manière plus globale notre écosystème. Les utilisateurs étant également susceptibles de percevoir

différemment le découpage des applications, nous avons fait le choix de ne pas les dénombrer de manière plus précise[133].

1.2. La description de l'écosystème de produits

Une fiche décrivant le fonctionnement de l'écosystème de produits et récapitulant les ressources mobilisées par les applications a été créée afin de servir de support aux utilisateurs. Imprimée au format paysage sur une feuille A4 et intitulée « Exemple d'écosystème de produits », elle se compose de deux parties. La première représente graphiquement les produits et sources d'informations utilisés, en reprenant la mise en page adoptée pour créer le jeu de cartes de l'expérimentation 1. La deuxième moitié présente une description la plus neutre possible des interconnexions et des mécanismes mis en place par les applications. Ces dernières ont été résumées sous la forme de 8 courtes phrases, récapitulées dans le Tableau 11.

Nous avons fait le choix de formuler ces descriptions de manière passive, afin de ne pas biaiser la perception des utilisateurs. Plutôt que d'affirmer qu'un produit commande un autre produit, nous avons ainsi décrit le déclenchement d'une fonctionnalité par rapport à un événement ou une situation donnée. Les termes « comportements ou événements » ont été adoptés, tandis que le mot « application » n'a pas été employé. De cette manière, nous espérons que les utilisateurs puissent se figurer l'écosystème, en recomposant les différentes interconnexions et les classant selon leurs propres critères.

[133] Un des objectifs de cette expérimentation est d'observer la manière dont les utilisateurs se représentent les applications.

N°	Description
1	Mon radio réveil joue chaque matin un morceau issu de ma liste de lecture Deezer.
2	Lorsque j'appuie sur le bouton d'arrêt de mon réveil, un message public est automatiquement posté sur mon profil Facebook.
3	S'il neige et que les routes sont bloquées, l'heure de mon réveil est décalée afin que je puisse dormir plus longtemps.
4	Le radiateur de ma salle de bains et la machine à café de la cuisine sont mis en route 15 minutes avant que l'alarme du radio réveil ne se mette en route.
5	Ma lampe éclaire d'une couleur verte lorsqu'il y a du courrier dans ma boîte aux lettres.
6	Lorsque mes amis sont géolocalisés comme étant chez moi, mon cadre photo affiche des photos issues de leur profil Facebook.
7	Le matin, en semaine, ma lampe clignote en rouge jusqu'à ce que je sois sorti pour m'avertir que je dois partir si je ne veux pas manquer mon métro.
8	Lorsque je pars en vacances (dont les dates sont inscrites sur mon calendrier), l'ouverture de mes volets et l'éclairage de la maison sont modulés afin de simuler ma présence.

Tableau 11. Description de l'écosystème.

La Figure 38 illustre la fiche distribuée aux utilisateurs. Nous considérons qu'elle constitue un support nécessaire à la conduite de l'exercice. En effet, les pré-tests réalisés lors de la phase préparatoire à cette expérimentation ont révélé l'importance de fournir aux utilisateurs un support visuel qui permette d'appréhender la globalité de l'écosystème. Lors de nos premières tentatives, nous lisions une à une les descriptions aux utilisateurs. Ces derniers devaient alors dessiner sur un tableau blanc les interconnexions adéquates entre les ressources. A mesure que nous avancions dans la description de l'écosystème et que le schéma se complexifiait, nous avons observé que les utilisateurs rencontraient plus de difficultés. Certains se sont retrouvés bloqués, n'arrivant pas à modifier leurs schémas pour prendre en considération les nouvelles interconnexions. L'utilisation d'un support imprimé nous a permis d'éviter ces problèmes.

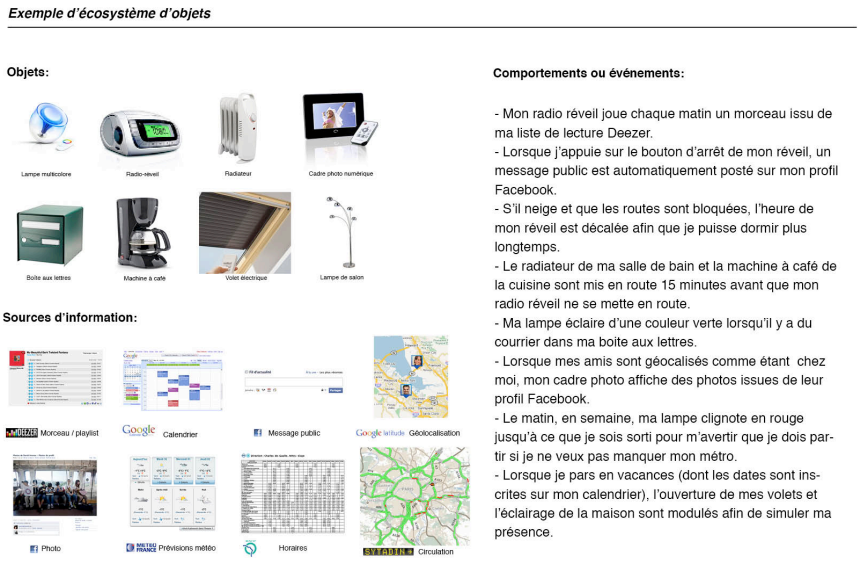


Figure 38. Fiche décrivant l'écosystème.

1.3. Le questionnaire d'évaluation

Un questionnaire basé sur une échelle de Likert[134] à 6 points a été créé afin d'évaluer la clarté générale des schémas produits par les utilisateurs et leur compréhension des interconnexions entre les ressources. Il leur a été demandé de mesurer leur degré d'agrément (la valeur l de l'échelle correspondant à un désaccord complet et la valeur 6 à un accord total) avec les phrases suivantes: « Je ne trouve pas que le schéma soit clair » et « Je comprends les liens entre tous les produits et sources d'information présents dans le système ». Les utilisateurs ont rempli un questionnaire pour chaque schéma produit par leur groupe, en reportant systématiquement l'identifiant du schéma.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Dans cette expérimentation, notre analyse repose sur les capacités des utilisateurs à comprendre l'écosystème de produits décrit et à traduire leurs modèles mentaux sous la forme de schémas. Si, dans le cadre de cette expérimentation, nous n'attendons pas des utilisateurs d'être créatifs, nous devons veiller à ce qu'ils soient en mesure d'appréhender les interconnexions représentatives de l'Internet des Objets. Nous avons à nouveau fait le choix de travailler avec une population assez jeune, n'ayant pas simplement une pratique des produits de

[134] Du nom du psychologue américain Rensis Likert. Il s'agit d'une échelle de mesure permettant d'exprimer un degré d'accord ou de désaccord vis-à-vis d'un énoncé.

l'habitat, mais également des plateformes Web. Nous détaillons dans cette section le profil des utilisateurs à notre expérimentation, la procédure appliquée et les problématiques liées à l'interprétation des schémas produits.

2.1. Echantillon

Vingt-trois utilisateurs, âgés de 22 à 45 ans (m=25,48; σ=5,21), ont participé à cette expérimentation. Le panel se compose de deux groupes de 6 utilisateurs et d'un troisième groupe de 11. Les groupes 1 et 2 rassemblent les étudiants ayant participé à la première expérimentation et dont le profil a été précédemment décrit. Chacun d'eux a donc pris part à la séance de créativité portant sur la création d'applications avant d'aborder ce nouvel exercice. Dans le groupe 2, une responsable pédagogique souhaitant participer à l'expérimentation a rejoint les étudiants.

Le groupe 3 est constitué d'étudiants préparant un Master commun entre une université, une école d'ingénieurs et une école de design. S'ils ne sont pas spécifiquement formés aux métiers du design, leur formation les amène à élaborer une démarche d'innovation dans des domaines où des pratiques d'origine artistique peuvent s'associer à des pratiques industrielles. A l'instar des autres étudiants, ils ne disposaient d'aucun produit connecté ou augmenté et n'avait pas traité le sujet dans le cadre de leurs cours. Ils ont néanmoins bénéficié d'un cours présentant de manière très générale les enjeux de l'Internet des Objets avant de participer à l'expérimentation.

Nous considérons que ces utilisateurs disposent des qualités nécessaires pour mener cette expérimentation. Bien que certains aient été formés aux arts plastiques, nous jugeons que la maîtrise du dessin n'est pas nécessaire à la réalisation de cet exercice. Nous attendons plutôt des utilisateurs qu'ils fassent preuve d'une certaine ouverture d'esprit et d'une capacité à s'interroger sur leur mode de pensée.

2.2. Conditions

Nous avons distribué aux utilisateurs la description de l'écosystème de produits et leur avons présenté l'objectif de l'exercice. Il leur a été demandé de transcrire, au travers d'un schéma, les produits et les sources d'information mentionnées dans le scénario. Les dessins reflètent les mécanismes décrits et font apparaître les interconnexions entre les ressources. Ils ont été invités, s'ils le souhaitaient, à découper les vignettes représentant ces dernières, ou à les représenter de tout autre manière. Nous leur avons fourni des feuilles au format A3 en quantité suffisante, des feutres de couleurs, des ciseaux et de la colle. La phase de schématisation a duré 45 minutes, pendant laquelle les utilisateurs ont travaillé de manière individuelle, assis à un bureau.

Les schémas ont ensuite été numérotés et accrochés sur un mur à la fin de la séance. Nous avons veillé à ce qu'aucun nom n'apparaisse sur les feuilles et avons demandé aux utilisateurs de ne pas révéler leur schéma ou de commenter les autres. Nous avons enfin distribué aux utilisateurs les questionnaires et leur avons demandé d'évaluer chacune des productions, y compris les leurs. Les questionnaires ont été collectés une fois complétés.

La procédure a été reproduite à trois reprises, pour chacun des groupes, dans des lieux différents. Les mêmes consignes ont été appliquées, les mêmes outils utilisés. Un temps supplémentaire a enfin été aménagé avec le groupe 2, pour que nous puissions nous entretenir de manière individuelle avec les utilisateurs. Il leur a été demandé de nous décrire à voix haute leur schéma et de nous proposer une définition du mot « application ». Les contraintes liées à l'organisation de l'expérimentation (disponibilité des utilisateurs et des locaux) ne nous ont cependant pas permis de reproduire l'expérience avec les autres groupes. C'est la raison pour laquelle nous ne présentons les retours formulés par ces derniers que dans la section discussion.

Les photos présentées dans la Figure 39 illustrent les deux principales phases de la séance de co-création.

Figure 39. Production et évaluation des schémas par les utilisateurs.

3. MESURES DES SCHEMAS PRODUITS PAR LES UTILISATEURS

Nous proposons d'utiliser les schémas produits par les utilisateurs durant la séance de co-création afin d'analyser la manière dont ils se figurent les mécanismes sous-jacents aux applications. Les stratégies employées pour transcrire ces mécanismes, et de manière plus globale, les applications, peuvent donc être étudiées. Deux aspects nous paraissent intéressant à prendre en compte : les types de métaphores employées et le degré de détail apporté pour représenter visuellement les applications. A l'instar de la première expérimentation, nous prendrons également en compte les évaluations des schémas réalisées par les utilisateurs au cours de chaque panel. L'ensemble des critères préalable à l'analyse des résultats est présenté dans cette section.

3.1. Stratégie de transcription et de catégorisation

Une fois déployées à l'échelle d'un lieu comme l'habitat, les applications sont susceptibles d'interconnecter des ressources sollicitées par plusieurs produits. Si les mécanismes peuvent varier en fonction des applications, et n'opérer que dans des circonstances données, cette multiplication génère une nouvelle complexité, qu'il est nécessaire de se figurer. Ce sont ces stratégies de transcription ou de figuration que nous souhaitons analyser, en faisant apparaître les métaphores communes. Nous souhaitons également observer les stratégies de catégorisation adoptées par les utilisateurs. Nous proposons ainsi de dénombrer et de discriminer les groupes qui apparaissent. Dans la mesure où nous ne pouvons à priori déterminer les critères qui permettront d'analyser les schémas, nous avons adopté une démarche empirique, basée sur les productions collectées.

3.2. Transcription des applications et de leur logique

Pour l'ingénieur, le concept d'application est évident et communément employé pour évoquer les moyens informatiques utilisés pour supporter une activité. Il peut cependant paraître plus abstrait pour un utilisateur non averti, surtout dans le domaine de l'Internet des Objets. En se basant sur les productions des utilisateurs, nous souhaitons vérifier si les applications apparaissent comme des entités clairement matérialisées ou sont au contraire absentes des schématisations des utilisateurs. Nous proposons d'essayer de les dénombrer, en observant les éventuels regroupements de ressources. Il est également intéressant d'étudier les différences potentielles entre ces regroupements, susceptibles de représenter des applications, ainsi que les éléments destinés à décrire la logique des applications.

3.3. Perception des utilisateurs

Les utilisateurs sont susceptibles de développer leurs propres figurations de l'écosystème décrit. Si nous ne pouvons pas établir qu'une transcription est meilleure qu'une autre, il est cependant intéressant de mesurer la compréhension de chacun des schémas produits par les utilisateurs. Nous avons donc demandé à ces derniers d'évaluer la clarté de chaque schéma et leur niveau de compréhension des interconnexions entre les différentes ressources. Ces retours qualitatifs nous permettent de mettre en évidence les stratégies de catégorisation et les métaphores qui sont le mieux comprises. Ils peuvent également orienter la création d'outils de visualisation et de gestion des applications. De courts entretiens ont également été organisés avec un des groupes afin d'appuyer ou d'éclairer les données collectées.

3.4. Lecture et interprétation des schémas

Une analyse empirique et comparative des schémas collectés a permis d'élaborer une grille de lecture des transcriptions proposées. Cette dernière vise à relever et à recouper tous les éléments graphiques utilisés par les utilisateurs pour représenter et organiser les ressources. Au cours d'une première lecture, nous avons essayé de saisir la manière dont ils hiérarchisaient ces dernières et constituaient des groupes, représentés par des séparations ou des titres. Dans un second temps, nous avons observé la manière dont les ressources sont organisées dans l'espace de la feuille et dont les éventuels liens qui les unissent sont dirigés. Pour finir, nous avons relevé les pictogrammes, légendes ou descriptions annotant les ressources et décrivant la logique des applications. S'il se base sur des éléments remarquables et quantifiables, ce travail d'interprétation reste subjectif. Nous avons essayé de rentrer dans la logique des utilisateurs, de saisir la manière dont ils se représentaient les applications, sans la déformer. Les retours formulés par les utilisateurs avec lesquels nous nous sommes entretenus ont facilité l'identification des éléments clés des schémas et orienté la création de notre grille. Ils nous ont permis de vérifier la validité de notre approche en confrontant nos propres observations aux explications des utilisateurs.

4. RESULTATS

Les utilisateurs ont chacun produit une transcription schématique de l'écosystème que nous leur avons proposé. 23 schémas, illustrés dans la Figure 41 (groupe 1), la Figure 41 (groupe 2), la Figure 42 et la Figure 43 (groupe 3) ont ainsi été collectés au cours de l'expérimentation. Plus de la moitié des utilisateurs (65,22%) ont découpé les vignettes proposées dans la fiche pour les intégrer à leur schéma, tandis que les autres ont préféré dessiner les produits et sources d'informations. A l'exception de trois d'entre eux, tous ont utilisé au moins deux couleurs dans leur schéma, souvent pour distinguer des ressources ou des interconnexions. 34,78% d'entre eux ont enfin ajouté une légende afin de préciser l'emploi des différentes couleurs.

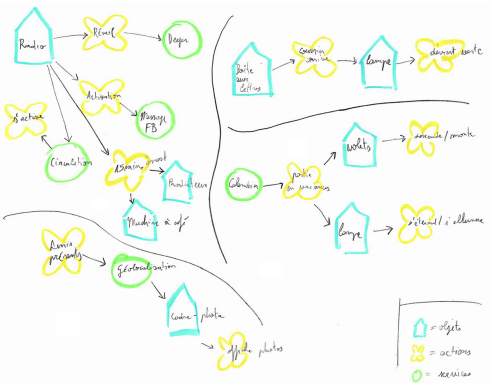


Schéma 1

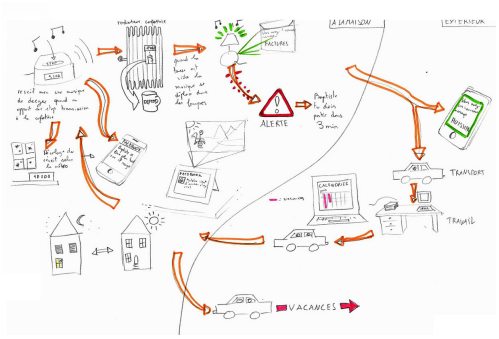


Schéma 2

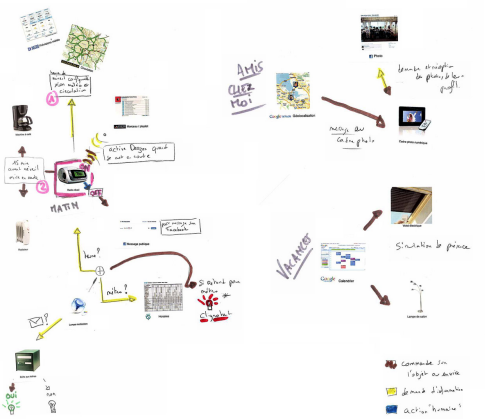


Schéma 3

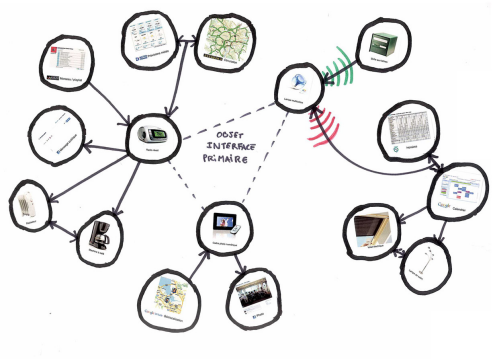


Schéma 4

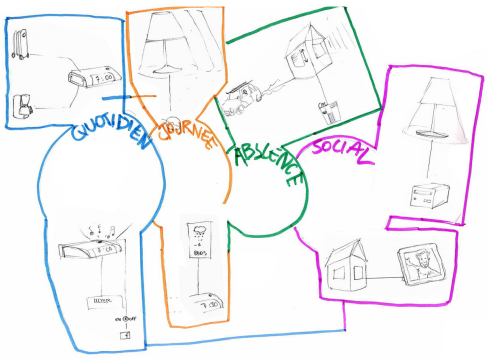


Schéma 5

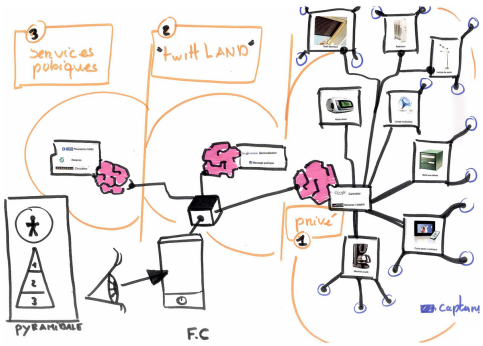


Schéma 6

Figure 40. Schémas produits par le groupe 1.

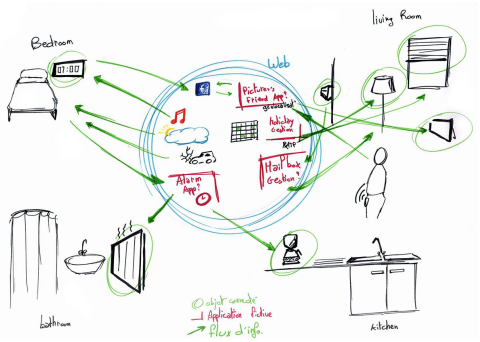


Schéma 7

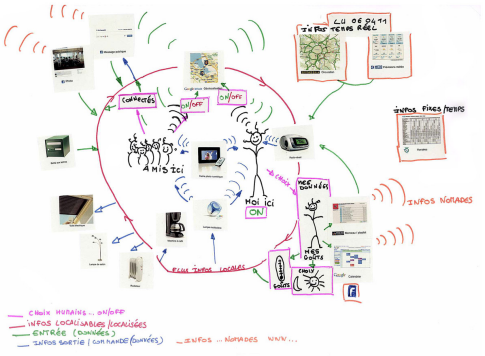


Schéma 8

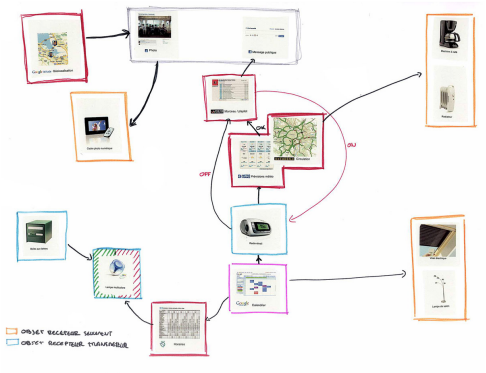


Schéma 9

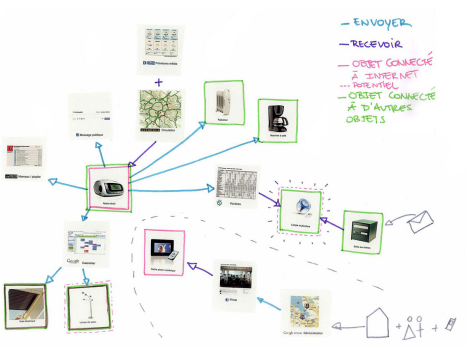


Schéma 10

Schéma 11

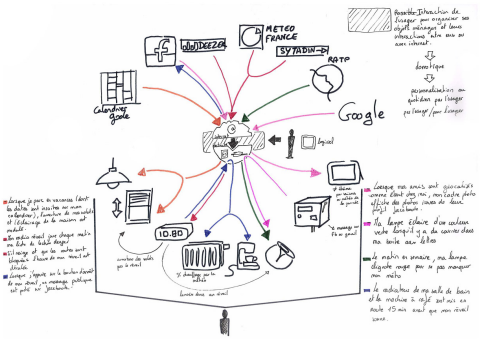


Schéma 12

Figure 41. Schémas produits par le groupe 2.

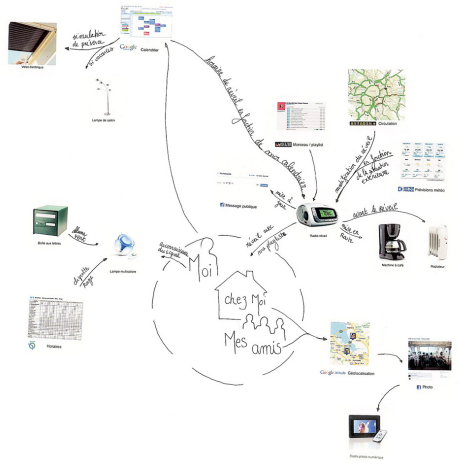


Schéma 13

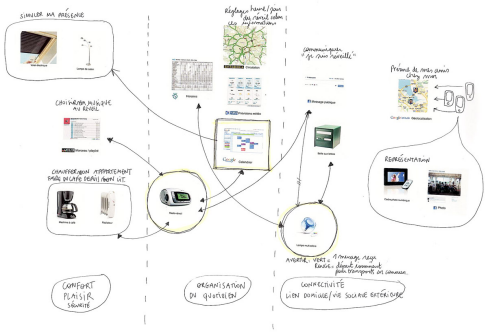


Schéma 14

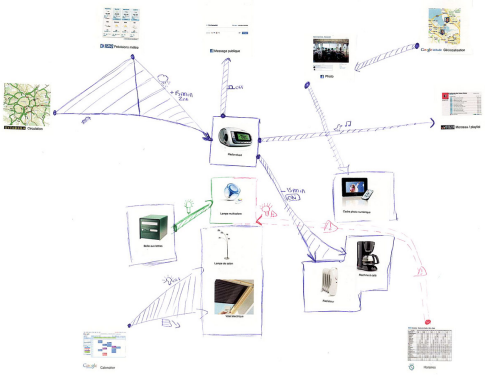


Schéma 15

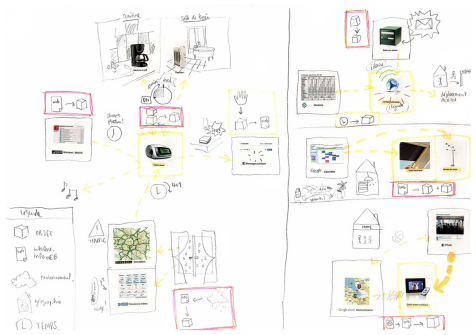


Schéma 16

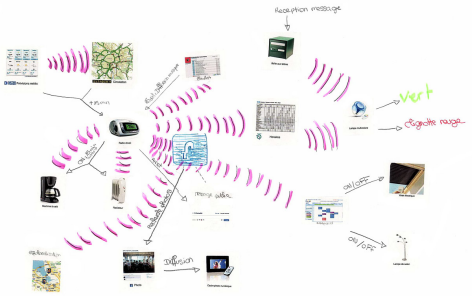


Schéma 17

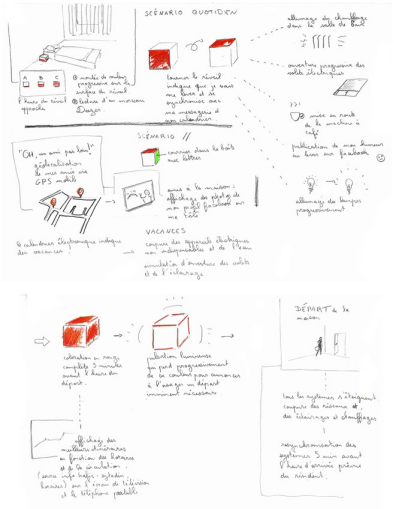


Schéma 18

Figure 42. Schémas produits par le groupe 3 (1/2).

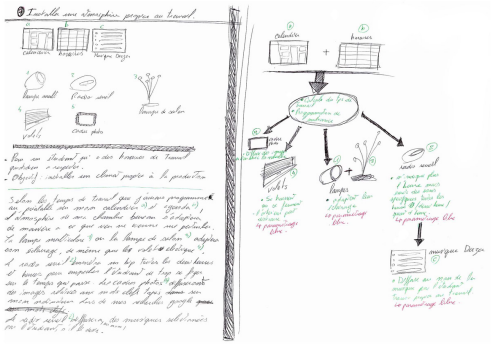


Schéma 19

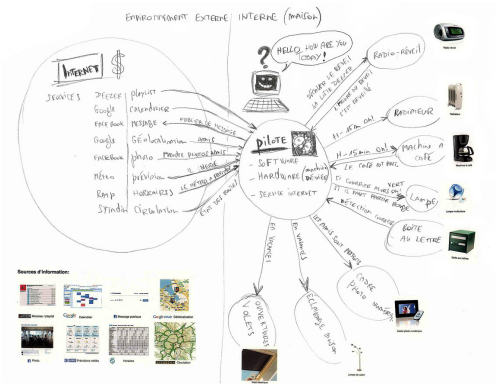


Schéma 20

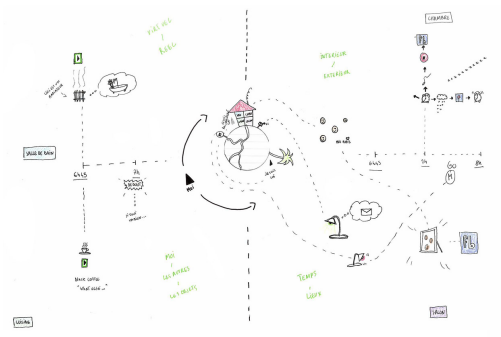


Schéma 21

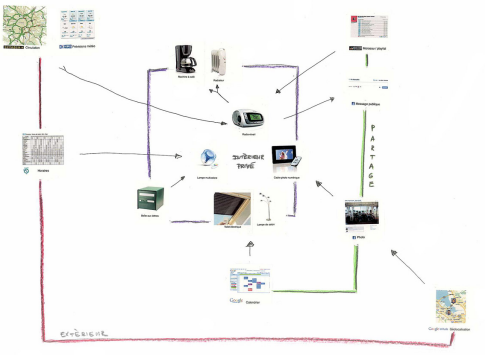


Schéma 22

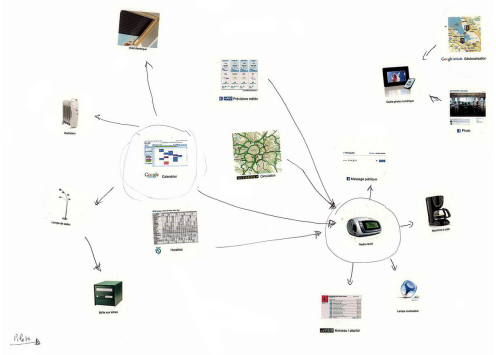


Schéma 23

Figure 43. Schémas produits par le groupe 3 (2/2).

4.1. Stratégie de transcription et de catégorisation

L'analyse des schémas collectés au cours de l'expérimentation nous a permis d'identifier 4 modes de transcription utilisés par les utilisateurs. 60,87% des utilisateurs ont ainsi dessiné des *graphes*, dans lesquels les ressources constituent un ensemble de nœuds liés par des relations. 21,27% ont produit plusieurs *logigrammes*, décrivant de manière plus précise les opérations ou séquences d'actions réalisées par les ressources. 13,04% ont représenté l'écosystème sous la forme d'un *scénarimage* formé d'une suite de dessins et de textes agencés selon un découpage temporel. 4,35% (13,03% si l'on ajoute les schémas combinant ce mode de transcription avec un autre) s'articulent autour d'une *grille*, ou d'un ensemble de colonnes dans lesquelles les produits et sources d'information sont organisées selon des thématiques définies par les utilisateurs.

Si la grande majorité des utilisateurs envisagent des interconnexions directes entre les produits et les sources d'information, certains d'entre eux mobilisent des métaphores particulières. Quatre schémas (6, 12, 19, 20) font ainsi apparaître une arborescence s'articulant autour d'une entité centrale représentée par un cerveau, un ordinateur ou un programme informatique. Ces derniers semblent assurer la médiation entre des sources d'information et des produits alors clairement dissociés. Nous évoquons cette métaphore comme celle du *serveur intelligent*. Le schéma 7 dénote une dichotomie similaire, mais en concentrant les sources d'information dans une *bulle* représentant le Web, autour de laquelle gravitent les produits. Plus complexe, le schéma 8 met en avant un *flux de données* présenté sous la forme d'une boucle, sur laquelle viennent se raccrocher les ressources.

Le Tableau 12 récapitule ces modes de transcription et ces métaphores, et présente également les stratégies de catégorisation employées par les utilisateurs. 73,91% des schémas présentent une organisation remarquable des ressources, où l'on dénombre 3,06 catégories en moyenne (σ=0,83). Parmi ceux-ci 30,43% font ainsi apparaître des agrégats de ressources, s'articulant autour d'un produit ou d'une source d'information. Cette répartition spatiale fait souvent écho aux ensembles d'applications que nous avons décrits. Dans 17,39% des cas, les utilisateurs ont organisé les ressources selon les types d'information qu'ils génèrent ou transmettent. Ils dissocient souvent les données personnelles (considérées comme privées), des données « sociales » (pouvant être partagées sur des plateformes Web), et des données « publiques » (fournies par des sources d'information). De manière similaire, 13,04% des utilisateurs font une distinction plus radicale entre les sphères physiques et numériques. Produits et sources d'information sont alors dissociés. D'autres utilisateurs ont quant à eux organisé les ressources selon des catégories librement définies. Il s'agit souvent d'un découpage thématique mettant en avant la dimension sur laquelle l'application intervient (la sécurité, le confort, la sphère sociale) ou la période concernée (journée, absence). Deux autres stratégies basées sur la

perception de l'habitat (intérieur/extérieur, pièces de la maison) ont enfin été observées. Elles correspondent chacune à 4,35% des schémas dont les catégories sont remarquables.

Id.	Grp.	Mode de transcription	Métaphore	Nbr. de catégories	Types
1	1	Logigramme		4	Agrégats
2	1	Scénarimage		2	Intérieur/extérieur
3	1	Logigramme		4	Agrégats
4	1	Graphe		3	Agrégats
5	1	Grille		4	Catégories libres
6	1	Graphe / grille	Serveur intelligent	3	Données générées
7	2	Graphe	Bulle Web	2	Physique/numérique
8	2	Graphe	Flux de données	3	Données générées
9	2	Graphe		1	
10	2	Logigramme		2	Agrégats
11	2	Scénarimage		1	
12	2	Graphe	Serveur intelligent	2	Physique/numérique
13	3	Graphe		4	Agrégats
14	3	Graphe / grille		3	Données générées
15	3	Graphe		1	
16	3	Logigramme		4	Agrégats
17	3	Graphe		1	
18	3	Scénarimage		1	
19	3	Graphe	Serveur intelligent	1	
20	3	Graphe	Serveur intelligent	2	Physique/numérique
21	3	Logigramme		4	Pièces de la maison
22	3	Graphe		3	Données générées
23	3	Graphe		3	Agrégats

Tableau 12. Stratégies de transcription et de catégorisation observées à travers les schémas.

4.2. Transcription des applications et de leur logique

Un seul des schémas produits par les utilisateurs, le numéro 7, propose une transcription explicite des applications. Ces dernières sont matérialisées par un intitulé encadré en rouge, précédé du terme « app ». De par la métaphore employée (celle de la bulle Web), il est cependant difficile de faire le lien entre ces applications et les ressources présentes sur le schéma. Si les autres utilisateurs n'ont pas utilisé le mot « application », 43,48% des schémas présentent des éléments suggérant une perception limitée du concept d'application. Sur les schémas 1, 10 et 16, des traits séparent ainsi plusieurs agrégats de ressources, faisant apparaître des ensembles distincts. Des ensembles sont également observables sur les schémas 3, 5, 10 et 16. Les schémas 3 et 14 intègrent quant à eux des titres similaires au schéma 7. De manière moins évidente, des parties du graphe composant les schémas 4, 13 et 14 semblent s'articuler autour des nœuds directeurs. Certains d'entre eux sont d'ailleurs parfois entourés (schémas 14 et 23). Au vu de ces observations, nous considérons que les applications sont représentées de manière implicite dans les productions collectées.

Lorsque cela était possible, nous avons essayé de dénombrer les applications dans les schématisations des utilisateurs. En moyenne, 4,3 applications sont visibles, ce qui correspond au découpage que nous avions envisagé. Leur nombre varie néanmoins de manière significative (σ=2,17), révélant des différences importantes dans la manière de percevoir les applications. Dans les schémas 5 et 14, les utilisateurs semblent considérer chaque interconnexion comme une application à part entière.

Nous avons également remarqué de subtiles variations dans la manière de transcrire les applications. Dans les schémas 14 et 23, trois ressources ont été entourées. Le schéma 14 fait ainsi ressortir deux sources d'information et un produit, tandis que le 23 met en avant une source d'information et deux produits. Ces distinctions nous confortent dans l'idée que les applications sont susceptibles de s'articuler autour d'un produit spécifique ou d'une source d'information. Cette dernière orchestre alors des produits en fonction d'un événement dont elle comprend la teneur (la présence d'amis pour Google Latitude, le départ en vacances pour le calendrier). Si des articulations particulières sont également remarquables sur les schémas 3, 4, 10, 13 et 17, cette dualité des types d'applications ne semble pas évidente pour les utilisateurs.

65,22% des schémas présentent des éléments visant à transcrire la logique des applications. Parmi eux, 53,33% intègrent des légendes venant compléter une interconnexion. Elles apparaissent à proximité des liens tissés entre les ressources. Dans 40% des cas, des pictogrammes ont également été dessinés pour indiquer certains paramètres (temps nécessaire pour activer une fonction, nature de l'information transmise, etc.) des applications. De courtes descriptions (46,67%) ou des textes de plusieurs phrases (26,67%) viennent également compléter les schémas. Ils reprennent généralement des éléments de la description de l'écosystème. Seulement deux schémas mettent en avant un moyen potentiel de contrôler les

applications. Dans le schéma 12, un logiciel opéré par l'utilisateur permet d'intervenir sur les interconnexions. Dans le schéma 6, c'est un terminal qui est représenté. L'œil de l'utilisateur suggère alors une simple visualisation des interconnexions.

4.3. Perception des utilisateurs

Le Tableau 13 récapitule les résultats des questionnaires remplis par les utilisateurs. Les valeurs ont été contrebalancées afin de faciliter l'analyse et de calculer un score global sur 6. Il combine l'appréciation de la clarté générale de ces derniers, et de la bonne compréhension des interconnexions par les utilisateurs. De manière générale, la grande dispersion des résultats dénote des écarts de perception entre les utilisateurs et leur difficulté à s'accorder sur des schémas spécifiques. Les scores moyens, mis en évidence dans le Tableau 14, semblent indiquer que les utilisateurs n'ont pas trouvé de schémas à la fois clairs et précis dans l'illustration des interconnexions. Plusieurs schémas se démarquent néanmoins.

Dans le groupe 1, c'est le schéma 4 ($m=3,75$; $\sigma=0,6$) qui a été le plus plébiscité. Dans le groupe 2, les utilisateurs ont majoritairement voté pour le schéma 10 ($m=3,3$; $\sigma=0$), tandis que ceux du groupe 3 ont mieux perçu les schémas 22 ($m=4,00$; $\sigma=1,67$) et 14 ($m=3,95$; $\sigma=0,84$). Parmi ces schémas, trois présentent des graphes et un des logigrammes, ce qui nous amène à penser que ces modes de transcription sont susceptibles d'être mieux perçus par les utilisateurs. Les schémas 5, 12, 19 ont obtenu de chaque groupe le score global le plus faible. Très épuré, le premier agence les ressources à travers une grille. Les deux autres se basent sur la métaphore du serveur central et présentent beaucoup de texte. Etonnamment, le schéma 11, représenté par un scénarimage a été très bien perçu au sein du groupe 2, alors que les schémas 2 et 18, que nous considérons comme assez proches, n'ont pas été plébiscités dans les autres groupes. Nous reviendrons sur cette particularité dans la partie discussion.

Les différences de perception entre certains schémas suggèrent que les utilisateurs plébiscitent avant tout les productions des utilisateurs pour leur aspect graphique. Le schéma 23 arrive ainsi en bas du classement du groupe 3 alors que le schéma 4, s'articulant de la même manière, arrive en tête de celui du groupe 1. Si l'organisation est similaire, le schéma 23 semble moins abouti que le 4. Les utilisateurs ayant découpé et utilisé les vignettes des ressources dans leur schéma ont également reçu une meilleure évaluation que ceux les ayant redessinées. Dans la mesure où ces transcriptions ne sont pas destinées à supporter une tâche clairement définie, il semble normal que les critères de simplicité et de clarté aient été privilégiés. Une évaluation des schémas par un panel extérieur aurait peut-être permis de vérifier leur caractère auto descriptif.

Schéma	Grp.	Clarté des schémas	Ecart type standard	Compré -hension des liens	Ecart type standard	Score global	Ecart type standard	Clas- sement
1	1	3,67	1,03	2,33	1,97	3,00	0,94	5
2	1	3,50	1,52	2,67	1,03	3,08	0,59	4
3	1	2,83	2,04	3,83	0,75	3,33	0,71	2
4	1	4,17	1,72	3,33	1,51	3,75	0,59	1
5	1	2,33	1,03	3,67	1,21	3,00	0,94	6
6	1	4,33	1,37	2,17	1,47	3,25	1,53	3
7	2	3,00	1,10	2,83	1,33	2,92	0,12	3
8	2	3,33	1,21	2,00	1,26	2,67	0,94	5
9	2	2,67	1,75	2,83	1,72	2,75	0,12	4
10	2	3,33	1,97	3,33	1,37	3,33	0,00	1
11	2	3,50	1,64	2,67	1,97	3,08	0,59	2
12	2	2,33	1,37	2,50	1,76	2,42	0,12	6
13	3	4,27	1,27	3,55	1,04	3,91	0,51	3
14	3	4,55	0,82	3,36	1,57	3,95	0,84	2
15	3	4,00	1,34	2,45	1,21	3,23	1,09	8
16	3	4,09	1,38	2,82	1,40	3,45	0,90	5
17	3	3,55	1,04	3,18	0,75	3,36	0,26	6
18	3	3,45	1,29	1,91	1,58	2,68	1,09	9
19	3	2,73	1,49	2,09	1,22	2,41	0,45	11
20	3	4,27	1,01	2,36	0,92	3,32	1,35	7
21	3	4,27	2,05	3,18	1,40	3,73	0,77	4
22	3	5,18	1,94	2,82	1,47	4,00	1,67	1
23	3	3,18	0,98	2,00	0,63	2,59	0,84	10

Tableau 13. Scores correspondant à l'évaluation des schémas par les utilisateurs.

Grp.	Score Min.	Score Max.	Score moyen	Ecart type standard
1	3	3,75	3,23	0,29
2	2,42	3,33	2,86	0,32
3	2,41	4	3,33	0,56

Tableau 14. Variations des scores entre les groupes.

5. ANALYSE

Les résultats de la séance de co-création montrent que les utilisateurs ont réussi à utiliser les supports que nous leur avons confiés et à retranscrire leur vision de l'écosystème décrit sous la forme d'un schéma. L'exercice a cependant semblé difficile pour de nombreux utilisateurs. Plusieurs d'entre eux ont ressenti le besoin de travailler au brouillon afin d'organiser leurs idées et reconnu les difficultés qu'ils ont rencontrées à créer une transcription satisfaisante. Bien qu'elle n'ait pas été mesurée précisément, la durée de production a varié. Si certains n'ont mis qu'une vingtaine de minutes à produire un schéma, la plupart a utilisé tout le temps qui lui été imparti (45 minutes). Nous proposons dans cette section d'évoquer les difficultés des utilisateurs à retranscrire l'écosystème proposé et atteindre le niveau d'abstraction nécessaire à l'appréhension des applications. Nous discuterons particulièrement de la manière dont ces dernières sont perçues et des différences qui ont pu être observées. L'articulation de notre analyse est illustrée par la Figure 44.

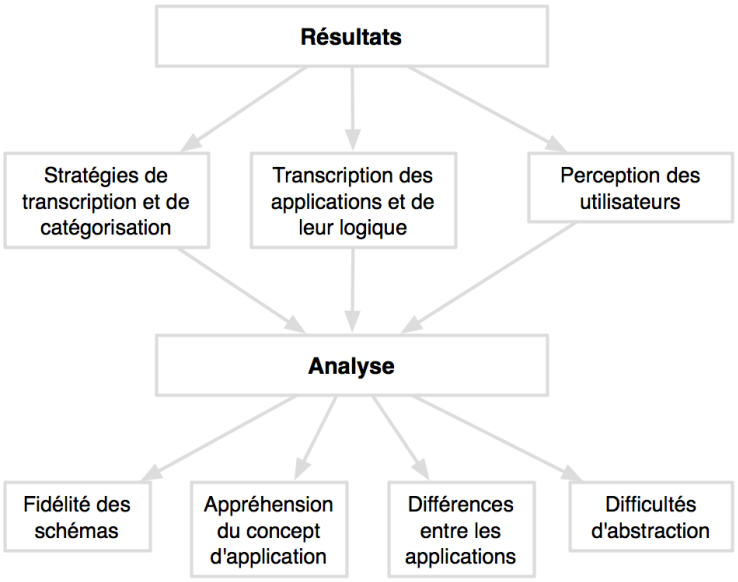


Figure 44. Analyse des résultats de l'expérimentation 2.

5.1. Fidélité des schémas

Le niveau de détails des schémas varie de manière importante selon les modes de transcription utilisés. Les graphes et les logigrammes reflètent généralement plus précisément les différentes interconnexions entre les ressources et permettent de mieux apprécier la compréhension des utilisateurs. Les transcriptions se basant sur un scénarimage dénotent à l'inverse la difficulté des utilisateurs à respecter le scénario proposé. Les schémas 2, 11 et 18 mettent ainsi en avant des produits réinventés, proposant de nouvelles interactions et de nouvelles interconnexions avec des ressources. Ils semblent indiquer le besoin de certains utilisateurs de simplifier l'écosystème, en l'articulant par exemple autour d'un seul produit comme le réveil.

Si les utilisateurs se sont pour la plupart tenus à la description de l'écosystème proposé, au moins une nouvelle interconnexion a été introduite dans 34,86% des transcriptions. Nous avons ainsi observé un lien entre le réveil et le calendrier dans 7 des 23 schémas (n°9, 10, 13, 14, 17, 19 et 23), et un lien entre le réveil et les horaires de métro dans 4 schémas (n°3, 10, 17 et 23). Certains utilisateurs ont justifié cette liberté par le fait qu'il leur semblait « logique » ou « normal » que ce produit puisse s'interconnecter avec ces sources d'information, au même titre que d'autres ressources. Le fait que nous ayons mentionné l'exemple d'un réveil capable de synchroniser l'heure de son alarme avec un agenda électronique lors de la phase introductive de l'expérimentation est vraisemblablement à l'origine de cet ajout, volontaire ou non.

5.2. Appréhension du concept d'application

L'analyse des schémas a montré que les applications ne sont pas représentées de manière explicite, sauf dans un cas. Nos observations nous ont cependant menés à envisager les applications comme sous-jacentes aux transcriptions des utilisateurs. Les entretiens que nous avons menés avec le groupe 2 à l'issue de la séance de co-création nous permettent de mieux comprendre la manière dont les utilisateurs sont susceptibles de percevoir ces applications.

Il est tout d'abord intéressant de relever l'appellation employée par l'utilisateur 7, seul utilisateur à avoir matérialisé les applications sur son schéma. La légende venant compléter son schéma décrit ces applications comme « fictives ». L'usage de ce terme n'est pas anodin: il révèle que les applications ne semble exister que par supposition, par l'imagination et ne sont donc pas matérielles. Quand nous avons interrogé l'utilisateur sur ce point, il a évoqué ces applications comme quelque chose « qui n'a pas été prévu au départ » et fonctionnerait comme un « pont ». Les utilisateurs avec lesquels nous nous sommes entretenus ont évoqué des notions similaires. L'application se pose ainsi comme une « possibilité d'étendre les fonctionnalités d'un produit » (utilisateur 9). Elle « permet de gérer un produit ou des données » (utilisatrice 12) ou de « traduire des données d'entrée en données de sortie » (utilisatrice 8). Cette notion de médiation entre les produits et les sources d'information est d'ailleurs très présente dans les

schémas utilisant la métaphore du serveur central. L'utilisateur 20 a ainsi matérialisé une entité « pilote », qui articule de manière automatique mais néanmoins incertaine (un point d'interrogation a été ajouté) l'interconnexion entre les ressources.

Si le rôle des applications n'est pas clairement défini, leur place dans l'écosystème l'est encore moins. Les visions diffèrent ainsi largement dans le groupe interrogé: pour l'utilisatrice 13, les applications s'inscrivent à l'intersection des « mondes Internet et électriques ». Elles semblent néanmoins se cristalliser sous la forme d'un « logiciel » placé dans l'habitat. Pour l'utilisateur 7, les applications se placent au même niveau que les sources d'information, qu'elles mobilisent ainsi plus « facilement ». Elles appartiennent clairement au monde du « Web ». Pour l'utilisatrice 8, elles apparaissent plutôt au niveau de chaque ressource. Elles se posent comme des « interrupteurs on/off » qui autorisent ou non la « communication » d'information. L'utilisatrice 11 envisage enfin les applications comme « intégrées dans l'électronique » des produits. Elles paraissent indissociables des puces Bluetooth ou Wi-Fi.

Quand elles ne sont pas définies clairement par les utilisateurs, les applications transparaissent dans certains regroupements, certains agrégats qui semblent se détacher des autres. Les utilisateurs que nous avons interrogés prennent parfois conscience du concept d'application à mesure qu'ils commentent leur schéma. L'utilisatrice 10 a ainsi évoqué la combinaison des sources d'information trafic et météo (où le signe « + » apparaît) comme une « application de synchronisation » qui permettrait de « choisir » différentes modalités. Si elles ne sont pas clairement représentées, localisées, les applications sont également souvent figurées par les nombreuses interconnexions intitulées, légendées ou décrites qui unissent les ressources. Les éléments décrivant la logique renforcent cette idée et confirment l'hypothèse que les utilisateurs se figurent une entité abstraite, capable de « gérer » les ressources, dont les spécificités et les différences restent encore très floues.

5.3. Différences entre les applications

Lors de la phase d'analyse, nous avons observé que certains schémas présentaient une organisation particulière des ressources. La plupart des utilisateurs ont ainsi organisé une partie d'entre elles autour du réveil et la lampe (ou la boîte aux lettres), suggérant que les applications s'articulaient autour d'un produit. Un autre groupe de ressources s'organise autour du calendrier et de la plateforme de géolocalisation, Google Latitude. Cette différenciation, opérée de manière consciente ou non, semble avoir suscité des interrogations chez les utilisateurs que nous avons interrogés.

Comme nous, l'utilisateur 7 a ainsi envisagé quatre ensembles d'applications. Il a indiqué avoir clairement perçu les applications se basant sur les produits, mais a eu plus de mal à appréhender les deux autres. Il s'est demandé si l'application qui « régit le lien avec la lumière et les volets » était « vraiment une application », ou s'il s'agissait d'une nouvelle fonction du

calendrier. L'utilisatrice 10 a évoqué des questions similaires au sujet de l'application relative au cadre photo. Elle a considéré qu'elle pouvait « être une application Facebook mais comme c'est un cadre photo, ça va de soi que ça sera uniquement pour les images ». Le fait que la plateforme de géolocalisation entre également en compte bouleverse son raisonnement : « c'est une autre application ou est-ce que ça va aussi de soi avec Facebook? ».

Nous déduisons de ces témoignages que les utilisateurs ont moins de difficultés à percevoir des applications venant ajouter de nouvelles fonctionnalités à des produits, ou permettant à certains produits d'en commander d'autres, qu'à imaginer des applications capables d'orchestrer des produits à partir d'une « suite logique » (utilisatrice 10) d'événements ou de données issues de sources d'information. Ces dernières sont d'autant plus difficiles à appréhender qu'elles ne sont pas déclenchées par l'utilisation d'une fonction d'un produit mais par des opérations ou un traitement logique. L'idée d'une application combinant plusieurs sources d'information pour orchestrer un ou plusieurs produits semble trop abstraite. Les utilisateurs ont ainsi tendance à considérer ces applications comme de nouvelles fonctionnalités d'une source d'information. Dans une certaine mesure, ces questions rejoignent celles que nous évoquions précédemment au sujet de la répartition de l'intelligence entre les ressources et révèlent les difficultés des utilisateurs à se figurer l'infrastructure sous-jacente aux applications.

5.4. Difficultés d'abstraction

Pour appréhender l'écosystème que nous leur avons soumis, les utilisateurs ont été amenés à se figurer l'interconnexion de ressources hétérogènes selon une logique propre. Ils ont dû isoler certaines fonctions d'un produit ou d'une source d'information et les considérer indépendamment des autres, et de leur contexte d'utilisation. Le fait que les applications ne soient pas clairement matérialisées dans les schémas, ou que les utilisateurs emploient des métaphores impliquant une médiation entre les ressources, révèle ainsi des difficultés d'abstraction

Si ces derniers envisagent sans difficulté une interconnexion entre deux ressources, ils semblent avoir du mal à appréhender leur structuration et leur hiérarchisation. Les schémas 9, 15 et 17 illustrent ainsi la complexité susceptible de surgir lorsque de nombreuses ressources s'interconnectent les unes avec les autres. Produits et sources d'information semblent placés de manière aléatoire, provoquant des chevauchements de liens rendant la lecture plus difficile. Le fait que certains utilisateurs aient créé de nouvelles interconnexions entre des ressources suscite plusieurs interprétations. D'abord, ces modifications du scénario peuvent s'expliquer par le désir des utilisateurs de créer un graphe homogène, ne faisant pas apparaître d'agrégats indépendants. Elles peuvent également révéler leur envie d'interconnecter toutes les ressources disponibles à une d'entre elles en particulier, qui articulera la majorité des produits et sources d'information. Dans les schémas 3, 10 et 23, le réveil se distingue par son caractère central et

semble concentrer une plus grande intelligence. Les schémas 10 et 17 font ainsi apparaître une interconnexion que nous jugeons non nécessaire entre le réveil et le calendrier. Elle suggère que le produit fournit une information, peut-être la date du jour, qui permet au calendrier d'orchestrer les volets et la lumière. Cette approche est exacerbée dans le schéma 11, où le scénario a été complètement déformé afin qu'il s'articule uniquement autour du réveil. Il devient donc plus simple à appréhender pour les utilisateurs.

La récurrence des éléments graphiques représentant les utilisateurs ou le contexte d'utilisation des produits indique également la difficulté des utilisateurs à abstraire totalement l'écosystème. Dans 30,43% des schémas (2, 5, 7, 13, 16, 18, 21), on retrouve ainsi le dessin d'une maison qui rappelle l'ancrage des ressources dans le réel. De la même manière, 43,48% des schémas font apparaître un humain, représenté par une figure ou un personnage. Ces derniers représentent les utilisateurs comme des utilisateurs de l'écosystème (schémas 6, 8, 12 et 13), des visiteurs dont on vérifie la présence (schémas 7, 8, 10, 13, 16 et 21) ou des acteurs d'une action particulière (schéma 11, 16 et 18). Pour certains utilisateurs, il semble donc important de replacer les ressources dans leur contexte d'utilisation réelle ou de mettre en avant leur relation avec les utilisateurs.

6. RETOUR D'EXPERIENCE

Dans ce chapitre, nous avons montré que les applications orientées produit ne sont pas clairement perçues par les utilisateurs ayant participé à cette expérimentation, dont nous dressons ici le bilan. Les stratégies de catégorisation employées et le langage graphique élaboré suggèrent néanmoins qu'elles sont souvent sous-jacentes aux transcriptions produites par les utilisateurs pour se figurer l'écosystème que nous leur avons décrit.

• Les utilisateurs envisagent les applications comme une entité assurant la médiation entre les différentes ressources. Ils peinent cependant à les matérialiser et à les rattacher aux produits et aux sources d'information.
• Deux types d'applications, correspondant à des configurations d'interconnexions différentes, émergent des transcriptions des utilisateurs. Le premier s'appuie sur les fonctions ou les événements liés à un produit spécifique. Le second tire parti de données fournies par une ou plusieurs sources d'information pour orchestrer des produits.
• Plusieurs métaphores employées par les utilisateurs pour se figurer l'écosystème proposé les conduisent à dissocier les produits des sources d'information.

- Les utilisateurs ont des difficultés à abstraire un grand nombre d'interconnexions. Ils tendent à replacer les ressources dans leur contexte d'utilisation ou à se figurer un fonctionnement différent de celui que nous avons décrit.

Afin de pallier ces lacunes, nous proposons de créer une taxonomie d'applications susceptibles d'être déployées au sein d'un écosystème de ressources. Nous pensons que cette dernière, en constituant un référentiel commun, permettra de faciliter la figuration des applications.

Chapitre 3 : La perception des types d'applications.

Cette troisième expérimentation vise à mesurer l'appréciation des différents types d'applications orientées produit par les utilisateurs. Dans ce cadre, nous avons souhaité élargir notre point de vue en plaçant les utilisateurs non pas au cœur d'un espace privé, l'habitat, mais face à plusieurs lieux semi-publics. Si l'échelle d'un écosystème de produits nous a paru idéale pour étudier la manière dont les utilisateurs se figurent les applications, elle ne permet d'appréhender qu'une partie de l'expérience globale susceptible d'être délivrée. Nous l'avons vu, elle implique de nombreuses interconnexions entre produits permettant l'automatisation de certaines tâches au sein d'un même environnement. En quittant l'intérieur pour l'extérieur, nous avons souhaité mettre en perspective d'autres types d'interconnexions, susceptibles de supporter d'autres activités. Ce point de vue permet aussi d'introduire auprès des utilisateurs la notion d'accès à distance, et d'illustrer le rôle des lieux comme entité représentative d'un écosystème de ressources, également capable de porter ses propres applications. Par cette expérimentation, nous souhaitons étudier la manière dont les gens se confrontent à un plus grand nombre d'applications, dans un contexte multi-environnements: quels types arrivent-ils le plus facilement à utiliser? Lesquels suscitent-ils le plus d'intérêt? Comment perçoivent-ils l'expérience délivrée par le lieu? Pour explorer ces questions, nous avons demandé à des utilisateurs d'expérimenter un ensemble d'applications réellement déployées dans des lieux qu'ils fréquentent au quotidien. Un outil de médiation, proposant des représentations graphiques des applications avec lesquelles les utilisateurs peuvent interagir, a été créé afin d'évaluer leur perception des applications, mais également de l'expérience globale.

1. CREATION D'UN OUTIL DE MEDIATION PERMETTANT D'INTERAGIR AVEC DES APPLICATIONS

Dans le cadre de cette expérimentation, nous avons créé un ensemble d'applications pouvant être expérimenté par des utilisateurs dans plusieurs lieux du site français des Bell Labs. Toutes ont été imaginées en fonction du contexte dans lequel elles s'inscrivent, et des activités susceptibles d'être supportées. Elles sont communiquées aux utilisateurs au travers d'un téléphone mobile, grâce à une application permettant de « naviguer » d'un lieu à un autre et d'interagir avec elles. Dans cette section, nous proposons de revenir sur les choix ayant guidé la création de ces supports d'expérimentation. C'est à partir de ces derniers que nous avons élaboré une série de tâches, soumise aux utilisateurs lors de l'expérimentation, ainsi qu'un questionnaire de satisfaction ayant permis de mesurer la perception des applications.

1.1. Les applications et l'écosystème de lieu

Déployer et maintenir un ensemble d'applications dans l'espace public, en vue d'une utilisation par des utilisateurs, nécessite des efforts considérables, dont la difficulté est reconnue par la communauté scientifique[135]. Au-delà des efforts techniques nécessaires, il est important que les applications développées fassent écho aux lieux qui les délivrent, et supportent des activités habituellement menées par la population fréquentant ces espaces. Pour ces raisons, nous avons fait le choix de mener notre expérimentation dans un cadre que nous pourrions mieux contrôler: celui du site de Villarceaux des Bell Labs.

Douze applications ont ainsi été créées dans le but d'être expérimentées par nos collègues. Elles sont associées à différentes parties de nos locaux, identifiées comme étant clés dans le quotidien d'un employé: une salle de réunion, l'espace café, la cantine, l'arrêt de bus. Ainsi, certains de ces lieux ont facilement pu être investis et instrumentés avec des capteurs ou des produits afin de concevoir les applications. Nous avons également tiré parti de l'environnement de test simulant une pièce de la maison pour créer des applications pour l'habitat. Nous avons fait l'effort d'imaginer des applications plausibles et immédiatement familières pour les utilisateurs, de manière à ce qu'ils puissent facilement se les approprier, les expérimenter et les commenter.

A l'inverse des précédentes expérimentations, ces applications, récapitulées dans le Tableau 15 ne mettent pas en place d'interconnexions entre des produits et des sources d'information. Elles proposent des représentations de l'état des ressources, ou des contenus qu'elles génèrent. Elles correspondent principalement à un type d'application permettant de surveiller des produits, et lorsque cela est possible, de l'interagir avec certaines fonctions. D'autres applications correspondent à des adaptations de source d'information existante, dont elles extraient et présentent certaines données ou fonctionnalités. Elles sont volontairement moins riches que celles mentionnées dans les précédentes expérimentations, afin de favoriser leur appréhension par des utilisateurs considérés comme moins créatifs. Nous souhaitons ici mettre moins l'accent sur les configurations d'interconnexions que sur la potentielle valeur cumulée des applications et l'expérience globale qu'elles contribuent à façonner.

[135] Carter et Mankoff (Carter et al., 2004) évoquent ces difficultés dans un article portant sur les méthodes d'évaluation des systèmes UbiComp.

Lieux	Applications	Ressources	Statut	Interaction
Habitat	Lampe	Produit	X	X
	Boîte aux lettres	Produit	X	-
Salle de réunion	Disponibilité	Produit	X	-
	Planning du jour	Source d'information	X	X
	Planning du lendemain	Source d'information	X	X
Cantine	Menu du jour	Source d'information	X	-
	Charger son compte	Source d'information	-	X
Coin café	Machine à café	Produit	X	-
	Messages du Bell Labs Screen	Source d'information	X	-
	Ecrire sur le Bell Labs Screen	Source d'information	-	X
Arrêt de bus	Ecran d'information	Produit	X	-
	Horaires	Source d'information	X	-

Tableau 15. Récapitulatif des applications déployées dans les différents lieux.

D'autres types d'applications se rapportant à la vie des lieux ont également été développés. Celle qui nous intéresse le plus dans le cadre de cette expérimentation concerne la capture de l'ambiance. Elle s'appuie sur des capteurs pour proposer des représentations moyennées ou en temps réel du niveau sonore mesuré et sur des caméras pour diffuser un flux vidéo du lieu. Nous les avons déployées dans différents lieux, selon les modalités détaillées dans le Tableau 16. D'autres applications[136], reprenant des fonctionnalités déjà proposées par des applications se basant sur la géolocalisation ont enfin été intégrées à l'outil de médiation afin de nourrir un projet de recherche sur les villes connectées, que nous évoquons ci-après. Dans la mesure où elles n'impliquent pas directement d'interaction avec des ressources, nous ne les évoquerons que de manière très succincte dans le cadre de cette expérimentation.

[136] L'application « présence » propose d'agréger les check-in de la plateforme sociale Foursquare. L'application « activité » permet d'archiver au sein du lieu les commentaires et les contenus photos ou vidéos susceptibles d'être partagés par les utilisateurs. L'application « liste » permet enfin de relier plusieurs lieux selon une taxonomie proposée par les utilisateurs.

Lieux	Ambiance	
	Niveau sonore	*Flux vidéo*
Habitat	-	-
Salle de réunion	Moyen	-
Cantine	Temps réel	X
Coin café	Temps réel	-
Arrêt de bus	-	X

Tableau 16. Spécificités des applications représentant l'ambiance des lieux.

1.2. L'outil de médiation et l'implémentation technique des applications

Une application pour téléphone mobile a été conçue et développée afin de permettre aux utilisateurs de visualiser et d'interagir avec les applications précédemment décrites. Intitulée Env-B, pour *environnement browser* (littéralement : le navigateur à environnement), elle assure la médiation entre les applications et les utilisateurs. Les lieux sont communiqués sous la forme de portails agrégeant des widgets représentant les applications. Les utilisateurs ont ainsi la possibilité d'accéder au portail d'un lieu lorsqu'ils sont physiquement présents dans ce dernier, ou à distance. Il est donc possible de naviguer d'un lieu à un autre, sans se déplacer, et de tirer parti des informations générées par les ressources dans différents contextes d'utilisation (in-situ ou ex-situ).

Cet outil de médiation s'inscrit dans un projet de recherche plus large, mené en collaboration avec une équipe de chercheurs des Bell Labs. Ce projet, documenté dans un article publié dans le journal « ACM Transactions on Interactive Intelligent System » (Thébault et al., 2013), visait à concevoir une architecture technique et des composants logiciels permettant d'augmenter les lieux par des applications. Il nous a menés à conduire une expérimentation avec des utilisateurs avancés d'applications basées sur la géolocalisation[137]. Les données collectées dans ce cadre ont permis d'orienter la conception de l'application Env-B telle que nous la présentons aujourd'hui. Cette dernière s'articule ainsi autour d'une liste de lieux, pouvant

[137] Cette expérimentation visait à mesurer la perception de nouveaux types d'information facilitant la prise de décision dans un contexte de mobilité. Une application mobile, pouvant être considérée comme une maquette d'Env-B, a été soumise à un panel d'utilisateurs tirant souvent parti d'informations contextuelles aux lieux pour décider quels bars, restaurants ou lieux culturels visiter. Elles mêlent des représentations en temps réel du niveau sonore, des places disponibles et du décor du lieu à des types d'informations habituellement délivrés par les applications basées sur la géolocalisation (avis des gens, check-in).

également être représentés sur une carte. La Figure 45 illustre ces différents écrans. Les applications sont matérialisées au travers d'un portail dédié au lieu, sous la forme de widget situés dans une zone clairement délimitée. Les utilisateurs peuvent les faire défiler en effectuant un geste horizontal sur l'écran. Trois exemples d'applications déployées dans le cadre de l'expérimentation sont présentés dans la Figure 46. 4 onglets, correspondant aux applications ambiance, présence, activité, listes sont enfin disposés en bas de chaque portail. Leur contenu est communiqué via des fenêtres flottantes.

Env-B a été implémentée sous la forme d'une application pour téléphones Android par l'équipe « Hybrid Communications » des Bell Labs. La plupart des applications s'appuient sur une infrastructure technique opérationnelle, également développée et opérée par cette équipe de chercheurs. Les applications exposant les fonctionnalités ou le statut de la boîte aux lettres et de la lampe mobilisent ainsi des produits réels, déployés dans un environnement de test, recréant une pièce de l'habitat. L'application « Bell Labs Screen » se connecte quant à elle à un écran affichant un réseau social d'entreprise. Dans la mesure où ne pouvions accéder aux données de la machine à café et de l'arrêt de bus, pour des raisons de propriété, nous avons créé des représentations dites de « magicien d'Oz ». De la même manière, l'absence d'interfaces de programmation avec la plateforme de réservation de salles de réunion nous a mené à simuler les fonctionnalités de l'application. Nous avons fonctionné de manière similaire avec les applications liées à la cantine. Pour celles visant à retranscrire l'ambiance des lieux et à indiquer la présence des gens, nous avons filmé les lieux à des moments clés de la journée et créé des représentations animées du niveau sonore. Des contenus spécifiques, ont enfin été créés pour les applications présence, activités et listes.

Figure 45. Présentation des lieux sous la forme d'une liste et d'une carte.

Figure 46. Exemples d'applications délivrées par des lieux.

1.3. Le questionnaire de tâches

Quinze tâches ont été spécifiées à partir de l'écosystème de lieux et des applications définis. Elles nécessitent que les utilisateurs utilisent l'outil de médiation pour trouver une information spécifique, communiquée par une application. Elles constituent un parcours que les utilisateurs doivent emprunter. En les amenant à suivre cette trame, nous veillons ainsi à ce qu'ils soient confrontés aux mêmes applications. Nous considérons également ces tâches comme des fragments d'expérience, qui, une fois combinés, contribuent à créer une expérience plus globale.

Présentées sous la forme de questions, récapitulées dans le Tableau 17, les tâches varient dans leur niveau de complexité: plusieurs nécessitent de reporter des données explicites, d'autres de les interpréter ou les utiliser pour faire un choix, et certaines d'interagir avec une ressource. Les questions ont été numérotées et imprimées sur une feuille A4 distribuée aux utilisateurs. Un espace a été prévu afin de recueillir leurs réponses. Elles couvrent également différents types d'applications: 3 concernent des produits, 3 autres des sources d'information et 4 la représentation de l'ambiance des lieux. Les questions 4, 7, 12 et 15 ont été grisées dans le tableau. Elles se rapportent aux applications relatives à la présence, aux activités et aux listes, qui nous intéressent moins dans le cadre de cette expérimentation. Elles ont néanmoins permis d'évaluer des fonctionnalités d'Env-B et de générer des retours supplémentaires de la part des utilisateurs.

N°	Questions	Lieux	Ressources	Type de question
1	Est-il possible d'obtenir un Café Latte à la machine à café du 2ème étage?	Espace café	Produit	Lecture
2	Qui a posté le dernier message sur le Bell Labs Screen du 2ème étage?	Espace café	Source d'information	Lecture
3	Iriez-vous prendre un café si vous cherchiez à faire une pause au calme?	Espace café	Ambiance	Choix
4	Qui cherche un collègue pour jouer au tennis?	Espace café	Activités des utilisateurs	Lecture
5	Qu'aimeriez-vous manger à la cantine aujourd'hui?	Cantine	Source d'information	Choix
6	Beaucoup de gens sont-ils en ce moment en train de déjeuner à la cantine?	Cantine	Ambiance	Interprétation
7	Est-ce que Dominique D. a déjà quitté le bâtiment pour aller déjeuner?	Cantine	Présence	Lecture
8	Réservez un créneau horaire pour demain dans la salle de réunion 2E50.	Salle de réunion	Source d'information	Action
9	La salle de réunion 2E50 est-elle habituellement calme le vendredi?	Salle de réunion	Ambiance	Lecture
10	Combien de salles de visioconférences sont-elles disponibles sur le site de Villarceaux?	Salle de réunion	Liste	Lecture
11	Avez-vous oublié d'éteindre votre lampe avant de quitter votre domicile ?	Habitat	Produit	Lecture
12	David A. était-il présent à votre fête il y a 2 jours?	Habitat	Présence ou activités utilisateurs	Lecture
13	A quelle heure le prochain bus pour Massy arrive-t-il à l'arrêt de bus?	Arrêt de bus	Produit	Lecture
14	Beaucoup de gens sont-ils en train d'attendre à l'arrêt de bus en ce moment?	Arrêt de bus	Ambiance	Interprétation
15	Est-ce que Cédric voyage avec Pierrick dans le bus?	Arrêt de bus	Présence	Lecture

Tableau 17. Tâches soumises aux utilisateurs sous la forme de questions.

1.4. Le questionnaire de satisfaction

Un questionnaire a été imaginé afin d'étudier la manière dont les utilisateurs perçoivent les applications. Il se compose de 10 affirmations et d'une échelle de Likert à 5 points permettant de mesurer l'agrément des utilisateurs. Certaines visent à mesurer l'utilité perçue des principaux types d'application (questions 2, 4, 5 et 8). D'autres explorent des dimensions plus générales: la satisfaction des utilisateurs (question 1), la désirabilité des applications (question 10) et leur impact sur le quotidien (question 9). Les questions 3, 6 et 7, grisées dans le Tableau 18, nous intéressent moins dans le cadre de cette expérimentation. Le questionnaire a enfin été

créé à l'aide de la plateforme Google Documents et rempli par les utilisateurs sur un ordinateur portable.

N°	Affirmations
1	J'ai aimé la manière dont je peux me connecter aux lieux à travers des portails
2	Cet outil m'a fourni des informations à propos des lieux qu'il est difficile de récupérer à distance.
3	Les commentaires et les contenus postés par les gens enrichissent les portails.
4	Afficher le niveau sonore du lieu est utile pour certains types de lieux.
5	Diffuser un flux vidéo du lieu est utile pour certains types de lieux.
6	J'ai trouvé intéressant l'agrégation des check-ins Foursquare.
7	J'aimerais découvrir de nouveaux lieux en naviguant dans les listes de lieux créées par les gens.
8	Cet outil me permet d'interagir avec des produits distants de manière simple.
9	Cet outil m'aiderait à prendre des décisions dans la vie quotidienne.
10	J'aimerais que plus de lieux soient connectés et accessibles depuis cet outil.

Tableau 18. Questionnaire de satisfaction.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Dans cette expérimentation, notre analyse s'appuie sur les mesures collectées dans le cadre de l'évaluation de l'utilisabilité d'Env-B et sur les retours formulés par les utilisateurs au travers du questionnaire de satisfaction et pendant la phase d'entretien. Nous attendons des utilisateurs qu'ils soient en mesure de manipuler l'outil de l'application pour traiter les tâches que nous avons imaginées. Nous avons mobilisé une population moins spécialisée, mais à l'aise avec les terminaux de dernière génération et les applications mobiles. Nous décrivons dans cette section de manière plus spécifique le panel recruté, la procédure appliquée et les problématiques liées à l'évaluation des tâches accomplies.

2.1. Utilisateurs

Vingt utilisateurs (m=31,25; σ=7,28) ont été recrutés au sein des Bell Labs. Ils constituent un panel de chercheurs, de doctorants et de stagiaires travaillant à la création de technologies liées au multimédia, à la sécurité et aux interfaces homme-machine. La plupart disposent d'un diplôme d'ingénieur en télécommunications ou en informatique, et peuvent être considérés comme des technophiles avertis. Ils maîtrisent en effet de nombreux outils et de par leur travail, se tiennent au courant des innovations réalisées dans leur secteur.

Dans le cadre de cette expérimentation, nous avons souhaité que les utilisateurs soient confrontés aux mêmes lieux et activités. Il nous semble en effet important qu'ils connaissent suffisamment leur environnement de travail afin de mettre en perspective les applications développées par rapport à leurs besoins ou difficultés quotidiennes. Nous avons veillé à ce qu'ils occupent ainsi des bureaux similaires et déjeunent ou prennent leurs pauses dans les mêmes espaces.

Un autre prérequis concerne leur pratique des applications mobiles, s'appuyant notamment sur la géolocalisation des utilisateurs. S'ils ne permettent pas d'interagir avec des produits, ces derniers se posent comme des outils de médiation avec les lieux. Des applications telles que Foursquare, Yelp ou DisMoiOù constituent donc des points de références dans l'offre existante, qu'il nous paraît nécessaire de connaître, sinon d'utiliser, pour envisager les applications orientées produit. Si seulement 30% des utilisateurs les mobilisent de manière occasionnelle, tous connaissent leurs particularités. 80% d'entre eux possèdent un terminal mobile de dernière génération, le plus souvent opéré par Android (63%) ou iOs (25%). Les autres utilisent un téléphone plus ancien, ne permettant pas d'accéder à un marché d'applications.

2.2. Conditions

Les utilisateurs ont été invités à rejoindre une salle d'expérimentation située dans nos laboratoires. Ils ont suivi l'expérimentation de manière individuelle, assis à un bureau, comme l'illustre la Figure 47. Tout d'abord, nous leur avons présenté l'outil de médiation comme une évolution des applications basées sur la géolocalisation. Nous avons mis l'accent sur le fait que ce dernier permet de se connecter à distance à des lieux et d'interagir avec des produits et des sources d'information. Une courte démonstration leur a été donnée afin d'illustrer les modes de représentations des lieux et des applications et les éléments permettant de naviguer. Nous avons notamment montré la gestuelle associée au défilement des applications, et expliqué les icônes présents à travers les différents écrans.

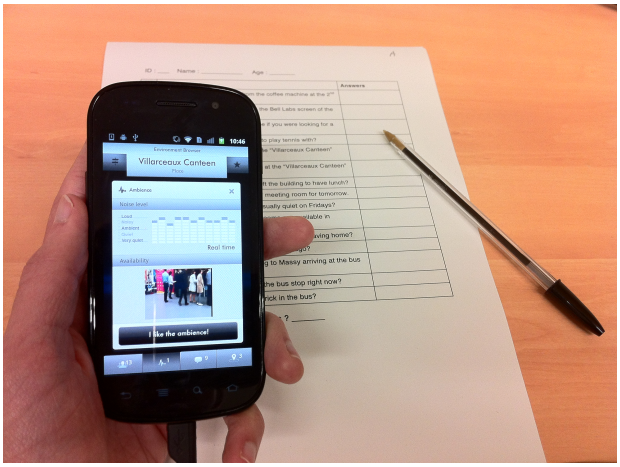


Figure 47. Utilisation de l'outil de médiation.

Nous leur avons ensuite distribué le questionnaire de tâches et leur avons demandé de traiter les questions dans l'ordre. Afin d'éviter d'éventuels biais liés à un effet d'apprentissage dans la mesure de l'efficience, nous avons créé 4 versions du questionnaire où les blocs de questions ont été agencés de différentes manières. Le Tableau 19 récapitule ces variations. Le temps nécessaire pour accomplir chacune des tâches a été mesuré à l'aide d'un chronomètre. La période observée commence à partir du moment où les utilisateurs achèvent la lecture de la question et se termine lorsqu'ils inscrivent leur réponse dans le questionnaire. Nous leur avons demandé de lire les questions à voix haute afin de faciliter cette mesure. Les incompréhensions, remarques ou éventuelles questions ont été notées durant l'expérimentation.

Groupes de questions	Questionnaire A (groupe 1)	Questionnaire B (groupe 2)	Questionnaire C (groupe 3)	Questionnaire D (groupe 4)
Espace café	1	3	5	3
Cantine	2	1	3	4
Salle de réunion	3	2	1	5
Habitat	4	5	4	2
Arrêt de bus	5	4	2	1

Tableau 19. Ordre des questions selon les groupes.

Les utilisateurs ont ensuite rempli un questionnaire d'utilisabilité et de satisfaction via des formulaires informatisés affichés sur un ordinateur portable. Nous avons enfin ouvert la discussion en leur demandant de nous faire part des aspects qu'ils avaient jugé intéressants et moins intéressants. S'ils n'évoquaient pas naturellement les applications, nous leur avons demandé de formuler un avis les concernant. Pour conclure la séance, nous les avons interrogés

sur les types de lieux qu'ils aimeraient voir augmentés par des applications. Les entretiens ont été enregistrés afin de faciliter leur retranscription.

3. MESURES DE L'UTILISABILITE DE L'OUTIL DEVELOPPE

Nous proposons, afin d'étudier la façon dont les utilisateurs perçoivent les différents types d'applications, d'évaluer l'utilisabilité de l'outil de médiation développé. Ce dernier permet en effet de se confronter à une situation d'utilisation proche des conditions réelles, et constitue par conséquent un support permettant des mesures de l'efficacité, de l'efficience mais également de la satisfaction. Dans cette section, nous présentons l'intérêt de conduire un test d'utilisabilité et décrivons les critères d'évaluation retenus.

3.1. L'utilisabilité comme révélateur de la perception des applications

Du point de vue de l'utilisateur, les applications orientées produit n'existent que si elles sont communiquées au travers de l'interface utilisateur d'un produit ou d'un autre support assurant la médiation. Dans cette expérimentation, nous avons fait le choix de tirer parti d'un terminal pour représenter ces applications et permettre aux utilisateurs d'interagir avec elles. Cette solution permet de mettre en perspective un grand nombre d'applications. Il devient alors plus facile pour les utilisateurs d'appréhender les possibles et de se projeter dans la vision de l'Internet des Objets. Les choix pris sur les fonctionnalités, la hiérarchisation et la présentation de l'information influencent de manière drastique la perception des applications par les utilisateurs. Ces choix, néanmoins indispensables, contribuent à créer une expérience utilisateur dont nous pouvons mesurer, par des méthodes quantitatives et qualitatives, certains aspects. En évaluant l'utilisabilité de notre outil de médiation, nous espérons ainsi « révéler » la manière dont les utilisateurs perçoivent les applications telles que nous les communiquons. Plusieurs critères de l'utilisabilité, définis dans la norme ISO 9241-11 (ISO, 1998), peuvent être étudiés. Nous les détaillons ci-dessous.

3.2. Efficacité et efficience

L'utilisabilité permet de mesurer le degré selon lequel les utilisateurs arrivent à utiliser les applications pour atteindre des objectifs définis dans un contexte donné. En proposant aux utilisateurs de remplir certaines tâches, nous pouvons ainsi évaluer de manière quantitative l'efficacité et l'efficience des représentations des applications, et par extension de leur pertinence. L'efficacité se réfère aux capacités des utilisateurs à accomplir les tâches attendues, tandis que l'efficience prend en compte l'effort requis pour atteindre le résultat. Ces critères constituent une première étape dans l'étude de la perception des applications. Ils indiquent, jusqu'à un certain seuil, le degré de compréhension des utilisateurs.

3.3. Satisfaction et perception de l'utilité

La mesure de l'utilisabilité fait également intervenir un critère de satisfaction. Il vise à prendre en compte le ressenti de l'utilisateur, vis à vis de la complexité perçue du système, de sa facilité d'utilisation ou de l'apprentissage nécessaire. Cette dimension plus subjective peut être mesurée à l'aide d'échelles d'utilisabilité telles que le « System Usability Scale » (SUS),[138] considéré par les ergonomes comme un outil robuste et versatile. Elles permettent généralement d'obtenir un score unique facilitant la comparaison de systèmes similaires ou l'évaluation de plusieurs itérations d'un même système. Nous proposons également de mesurer la satisfaction, mais également la perception de l'utilité de manière qualitative, par le biais d'un questionnaire et d'entretiens. L'analyse des retours des utilisateurs permettra ainsi de confirmer ou d'éclairer les résultats obtenus par les précédentes mesures.

3.4. Evaluation des succès

Il nous paraît important de préciser la manière dont nous avons traité les données collectées dans le cadre du questionnaire de tâches. Dans notre analyse, nous considérons une tâche comme achevée dès lors qu'un utilisateur a extrait l'information que nous lui avons demandé de trouver, interprété cette dernière et inscrit la réponse que nous attendions dans le questionnaire. Nous pouvons alors parler de succès. A l'inverse, nous distinguons deux types de tâches non achevées: les échecs, lorsque les utilisateurs ne sont pas en mesure de fournir de réponse, et les erreurs, lorsqu'ils délivrent une réponse jugée fausse ou incomplète. Dans le premier cas, c'est l'abandon de l'utilisateur, et le passage à la question suivante, qui marque l'échec. Dans le second cas, c'est une mauvaise interprétation de l'information fournie par une application, ou la mauvaise compréhension de la question qui caractérise l'erreur.

Cette distinction est importante à faire dans le traitement des données liées à la mesure de l'efficience. En effet, le temps observé en cas d'échec varie de manière importante selon les utilisateurs, et dépasse très largement celui mesuré en cas d'erreur ou de succès. Afin de ne pas biaiser les résultats et d'équilibrer ces derniers, nous proposons d'utiliser une valeur moyenne dans le cas d'un échec. Elle correspond à l'addition de la valeur moyenne observée pour la question et de deux fois l'écart type standard. Nous avons conservé les mesures observées dans le cas d'erreurs et de succès, dans la mesure où nous avons pu mesurer le temps nécessaire à l'utilisateur pour fournir une réponse, qu'elle soit correcte ou non.

---

[138] Développé par John Brook en 1996, dans le cadre du programme « Usability-engineering in integrated office systems development » à Digital Equipment Co Ltd (Royaume Uni), il se compose de 10 affirmations dont le niveau d'agrément est mesuré avec une échelle de Likert à 5 points.

4. RESULTATS

Les utilisateurs ont accompli avec succès 87% des tâches (σ=8,51) en approximativement six minutes (m=360,90 secondes; σ=124,52). Sur les 15 tâches proposées, ils n'ont, en moyenne, pas fourni les réponses attendues à deux questions (m=1,95; σ=1,28). Dans 74,36% des cas, les tâches non achevées sont liées à une erreur des utilisateurs. Dans 25,64% des cas, elles correspondent à des échecs. Moins de 25 secondes (m=24,06; σ=16,43) ont en moyenne été nécessaires pour accomplir les tâches. La Figure 48 et la Figure 49 illustrent l'efficacité et l'efficience, tandis que la Figure 50 met en perspective les scores du SUS. Le score moyen de 74,5 (σ=9,55) atteste de l'utilisabilité de notre outil de médiation[139]. 80% des utilisateurs ont ainsi attribué un score supérieur à 70 à notre outil, et 30% au dessus de 80. Les résultats du questionnaire de satisfaction nous confortent également dans l'idée qu'Env-B est utilisable. Ils révèlent en effet que les principes de navigation ont été positivement perçus par les utilisateurs (m=4,20; σ=0,76). Les utilisateurs 7, 11, 19 et 20 ont d'ailleurs spontanément évoqué l'outil de médiation comme « facile à utiliser ». Dans cette section, nous proposons de croiser les différentes données collectées dans le cadre de cette expérimentation pour analyser la manière dont les types d'application sont perçus par les utilisateurs. Nous étudierons plus en détails les applications basées sur un produit, liées à des sources d'information et celles représentant l'ambiance.

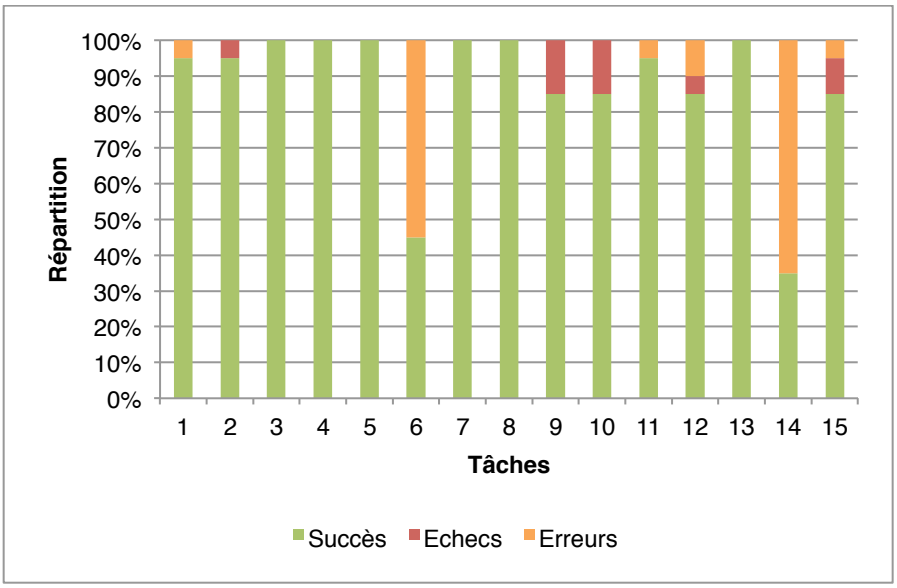


Figure 48. Efficacité par tâches.

[139] Les recherches menées en ergonomie les amènent en effet à considérer des scores supérieurs à 70 comme « bons » et supérieurs à 80 comme « excellents ». Ces appréciations se basent sur une compilation de nombreuses études, dont la méthode est présentée par Bangor (Bangor et al., 2008).

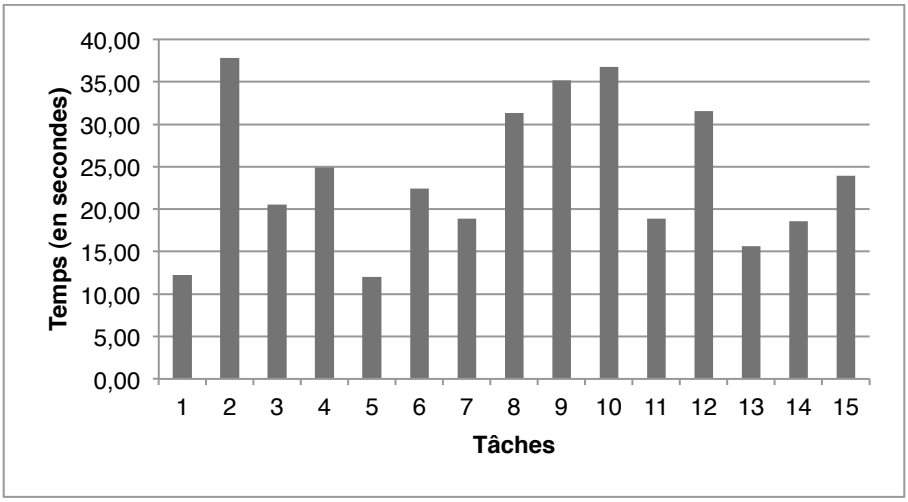


Figure 49. Efficience par tâches.

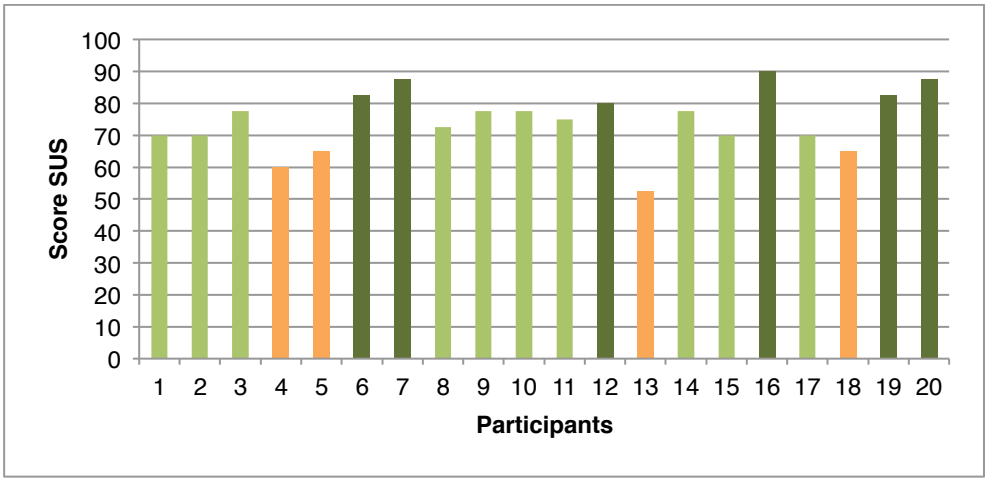


Figure 50. Répartitions des scores du SUS.

4.1. Applications basées sur un produit

L'analyse des résultats révèle que les utilisateurs ont, dans une grande majorité, réussi à compléter les tâches liées aux applications représentant des produits. 96,66% d'entre elles ont ainsi été accomplies avec succès. Seuls deux utilisateurs ont fait une erreur en interprétant le statut de la lampe et la machine à café. Les tâches liées à ces applications n'ont donc pas posé de difficultés aux utilisateurs, qui les ont réalisées en un temps moyen très court ($m=15,6$, $\sigma=7,71$).

Les applications liées aux produits ont suscité des réactions positives de la part des utilisateurs, qui rejoignent les données collectées grâce au questionnaire de satisfaction ($m=4,45$; $\sigma=0,60$). Pour l'utilisateur 4, Env-B permet ainsi « d'être connecté à son environnement, de voir et d'interagir dessus ». Les statuts de la machine à café et de l'écran d'information situé au niveau de l'arrêt de bus ont globalement été bien perçus. Les utilisateurs ont jugé ces applications « pertinentes » dans la mesure où elles permettent d'optimiser leur

temps et d'éviter des frustrations liées à des pannes (utilisateur 16) ou des périodes d'attente (utilisateur 11). Elles « évitent » ainsi des « peines », des « déplacements » ou encore de se « casser le nez » (utilisatrice 20). Seul l'utilisateur 12 a émis des doutes quant à l'utilité des informations délivrées par les applications, jugeant qu'elles « arrivent bien assez tôt » aux yeux des utilisateurs lorsque ceux-ci se déplacent dans les lieux.

Bien que très basique, l'application permettant de représenter le statut de la lampe et de la contrôler à distance a retenu l'attention des utilisateurs. L'utilisateur 13 s'est ainsi exclamé qu'il avait « bien aimé éteindre (sa) lampe! » tandis que l'utilisateur 8 a jugé ces types d'applications « indispensables » dans le cas d'une lampe ou d'un fer à repasser. Pour l'utilisateur 3, la possibilité d'interagir avec les produits est « toujours valide », peu importe le lieu. Si le utilisateur 12 a déclaré qu'il les trouvait intéressantes, il a cependant mentionné qu'il « n'avait pas de domotique chez (lui) ». L'utilisatrice 20 s'est enfin interrogée sur leur utilité (« pourquoi pas, je ne sais pas trop »), bien qu'elle ait reconnu parfois oublier d'éteindre la lumière chez elle.

4.2. Applications liées à une source d'information

Le taux de succès des tâches se rapportant à des applications liées à des sources d'informations est également très bon (98,33%). Elles ont néanmoins nécessité plus de temps ($m=27,06$; $\sigma=18$) que celles centrées sur les produits. Cette différence peut s'expliquer par le fait que l'information présentée aux utilisateurs est dans le premier cas souvent plus complexe, et donc plus longue à lire et à assimiler. Dans le cas de l'application « réservation » de la salle de réunion, les utilisateurs ont également dû saisir du texte sur le clavier virtuel du terminal. Seule une erreur a été comptabilisée. Un des utilisateurs n'a en effet pas réussi à trouver l'application « Bell Labs Screen », à laquelle il était confronté au tout début du questionnaire.

Les utilisateurs ont jugé que les informations délivrées par les applications étaient « utiles », « pertinentes » et « pratiques » malgré le fait qu'elles soient disponibles sur Internet (utilisateur 4) ou pouvaient être « trouvées ailleurs » (utilisateur 3). Elles sont néanmoins délivrées de manière plus « directe » et « rapide ». L'utilisateur 17 considère ainsi qu'Env-B permet « d'utiliser plusieurs applications existantes dans une seule », ce qu'il juge très « appréciable ». Le questionnaire de satisfaction révèle également la bonne perception de ce type d'application ($m=4,3$; $\sigma=0,73$).

Pour de nombreux utilisateurs, la valeur des applications réside dans leur capacité à transmettre de l'information ou à interagir avec le lieu à distance. L'application est alors utile « sur le moment » (utilisateur 17). Les applications permettant de réserver la salle de réunion ou de recharger son compte contribuent à « gagner du temps » (utilisateur 18) et ne procurent « que des avantages » (utilisateur 13). Pour l'utilisatrice 11, qui n'utilise jamais la plateforme de réservation fournie par l'entreprise, la nouvelle application est « pratique » car elle permet de

« vérifier (la disponibilité de la salle de réunion) depuis (son) bureau ». Elle lui évite de se déplacer de salle en salle. A l'inverse, l'utilisateur 13 préfère utiliser son ordinateur pour réserver une salle, même s'il déclare qu'il « le fera via l'application s' (il peut) le faire parmi plein d'autres trucs ». Les applications délivrées par les lieux augmentent donc dans une certaine mesure la perception des utilisateurs, à l'instar de l'application « menu du jour » liée à la cantine. La simple idée de « voir le menu à distance avant de se déplacer » (utilisatrice 11) a suscité l'enthousiasme des utilisateurs. L'application est considérée comme un « plus », qui permet de combler des d'attentes (utilisateur 8).

4.3. Applications représentant l'ambiance

Les tâches se rapportant aux applications représentant l'ambiance des lieux ont posé plus de difficultés aux utilisateurs. Seulement 66,25% de ces derniers les ont accomplies avec succès. Les questions 6 et 14 ont ainsi respectivement généré 11 et 13 erreurs. Cette répartition homogène s'explique car plusieurs versions du questionnaire ont été créées. L'analyse des réponses fournies par les utilisateurs révèle que ces derniers n'ont pas mobilisé l'application représentant l'ambiance des lieux lorsqu'ils ont été confrontés pour la première fois à ce type de tâche. Ils ont à l'inverse tiré parti des informations liées à la présence des utilisateurs, ce qui nous a conduit à considérer leur réponse comme erronée. Lorsqu'ils ont été amenés, pour la seconde fois, à se renseigner sur l'ambiance d'un lieu, 40% des utilisateurs ont réussi à trouver l'application dédiée. Lorsque nous les avons interrogés à ce sujet, ils nous ont expliqué qu'ils étaient « passés à côté » (utilisateur 1) ou n'avaient pas « vu » (utilisateur 8) ou « prêté attention » (utilisateur 4) à ce type d'application. Nous considérons que la démonstration donnée au début de l'expérimentation n'a pas permis à tous les utilisateurs d'appréhender ce type d'application, relativement nouveau. A l'instar de l'utilisateur 4, ils n'ont donc pas eu le « réflexe » de chercher cette application car ils ne sont pas « familiarisés » avec cette dernière.

Pour les autres utilisateurs, l'application représentant l'ambiance a suscité de nombreuses réactions, pour la plupart très positives. Pour l'utilisateur 3, elle fournit des informations sur la fréquentation d'un lieu, qu'il considère comme « intéressantes, peu important le lieu ». Elle constitue souvent un support à la prise de décision: elle permet de décider « quand partir » ou « quand y aller » (utilisateurs 1, 2, 18). Tous ne perçoivent cependant pas de la même manière le flux vidéo et le graphe matérialisant le niveau sonore, ce qui apparaît dans les résultats obtenus à partir du questionnaire de satisfaction. Globalement, la représentation du niveau sonore, qu'elle soit en temps réel et moyennée ($m=4,10$; $\sigma=1,02$), a suscité moins d'engouement que le flux vidéo ($m=4,40$; $\sigma=1,10$). Les retours formulés par les utilisateurs confirment ces mesures.

La représentation de l'ambiance via une vidéo est ainsi jugée « efficace pour savoir s'il y a trop de monde, ou pas assez » (utilisateur 19). Elle permet de « plus facilement se rendre

compte » du lieu, dans la mesure où il est possible « de le voir de ses yeux » (utilisateur 16). Sa pertinence dépend néanmoins de l'emplacement de la caméra (utilisateur 5). Elle suscite également des questions liées au respect de la vie privée et à l'éthique d'un tel procédé (utilisateurs 1, 3 et 14). La représentation de l'ambiance au travers du niveau sonore mesuré dans le lieu a fait l'objet de nombreuses critiques. Si l'utilisatrice 13 considère que cette modalité « rajoute un plus », l'utilisateur 3 a trouvé qu'elle était « difficile à comprendre ». Elle est souvent jugée non « pertinente » (utilisateur 14), dans la mesure où elle n'est pas toujours « significative d'une bonne ambiance » (utilisateur 19). L'utilisateur 12 a déclaré qu'il ne « fonderait pas sa décision sur ces critères ».

4.4. Autres applications

Les tâches liées à l'utilisation des applications présence et activités ont été accomplies avec succès (92,5%) dans un temps raisonnable (respectivement m=25,22; σ=19,80 et m=24,45; σ=22,29). Le questionnaire de satisfaction révèle que ces applications ont été moins bien perçues que les autres. L'application présence (m=3,35; σ=1,09) a ainsi été considérée comme « anecdotique », « limitée » (utilisateur 9), voire même « gadget » (utilisateur 4). Seul l'utilisateur 18 a mentionné l'intérêt qu'il portait à l'agrégation des check-ins Foursquare.

L'application activités (m=3,45; σ=1,05), qui agrège les commentaires des utilisateurs a été jugée « sans intérêt » (utilisateurs 12 et 13), de par l'hétérogénéité des contenus qu'elle est susceptible de délivrer (utilisateur 3). Pour l'utilisateur 19, la différence avec l'application présence n'est d'ailleurs pas flagrante.

Seulement 85% des tâches liées à l'application liste ont enfin été complétées, nécessitant souvent un temps plus long des utilisateurs (m=24,45; σ=22,29). Les scores collectés grâce au questionnaire de satisfaction sont légèrement meilleurs que ceux relatifs aux applications présence et activité (m=3,70; σ=0,98). Les utilisateurs n'ont néanmoins pas évoqué les listes durant les entretiens.

5. ANALYSE

L'analyse des résultats collectés, schématisée dans la Figure 51, indique que les utilisateurs n'ont pas eu de difficultés à mener cette expérimentation. Ils ont très vite appréhendé l'écosystème de lieux et les applications que nous avions imaginés. Le fait que nous ayons simulé certaines des applications ne semble pas les avoir perturbés. Si la plupart des utilisateurs ont réalisé que plusieurs contenus ont été produits à partir de données statiques, ils ont apprécié que certaines applications aient réellement été implémentées. Le temps très court durant lequel ils ont été confrontés aux applications constitue néanmoins une limite qu'il nous faut prendre en compte. Il aurait en effet été préférable qu'ils puissent manipuler l'outil de médiation sur une période plus longue, susceptible de générer des retours plus objectifs et

riches. De la même manière, les choix liés au design d'Env-B ont certainement influencé leur perception des applications, et ont parfois généré des incompréhensions à l'origine de certaines erreurs dans le traitement des tâches. Nous considérons néanmoins que l'approche adoptée dans le cadre de cette expérimentation nous a permis de recueillir des éléments intéressants, révélant la manière dont les utilisateurs ont perçu les applications, du point de vue de leurs représentations, de leur caractère dynamique et de leur utilité.

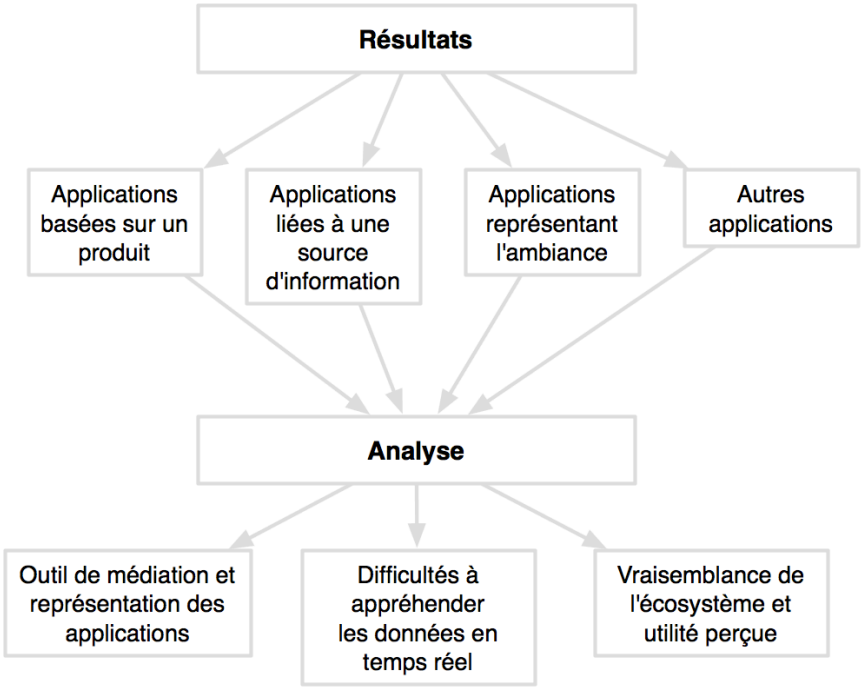


Figure 51. Analyse des résultats de l'expérimentation 3.

5.1. Outil de médiation et représentation des applications

Les analyses menées à partir des résultats collectés suggèrent que les applications représentant un produit ou liées à une source d'informations ont été mieux perçues que celles communiquant l'ambiance des lieux. Accessibles via un onglet situé en bas de chaque portail, ces dernières sont en effet moins visibles que celles présentées sous la forme d'un widget central. Comme nous l'évoquions dans la partie précédente, ce découpage a influé sur le succès des tâches. Les utilisateurs 10 et 19 ont néanmoins jugé les « catégories (d'application) assez claires. » L'utilisateur 8 a expliqué qu'il « n'avait pas trop cherché les boutons » et « savait toujours où (il) était » tandis que l'utilisatrice 11 a déclaré qu'elle n' « avait pas mis trop longtemps à s'habituer » à l'outil de médiation car il « reprenait des interactions dont (elle) avait l'habitude ». L'utilisateur 8 a néanmoins mentionné le risque que la navigation devienne plus difficile dès lors que plus d'applications seraient délivrées. Il conviendrait en effet de mener un nouveau test, à partir d'un écosystème plus complexe.

Peu d'utilisateurs ont commenté les choix que nous avons pris pour représenter les applications. L'utilisateur 4 est le seul à avoir évoqué la manière dont les informations relatives aux produits sont agencées et mises en forme. Il a notamment indiqué qu'il n'avait pas « reconnu » l'écran d'information situé à l'arrêt de bus. Il s'attendait à trouver via l'outil de médiation les mêmes informations que celles communiquées par le produit, et à ce que ces dernières soient présentées de la même manière. Son souhait de voir les produits représentés « comme ils existent dans la vie réelle », suggère qu'une forme de skeuomorphisme[140] permettrait d'améliorer la perception des applications par les utilisateurs. Ces derniers développeraient alors un sentiment de familiarité, qui les amènerait à penser, souvent à tort, qu'ils n'ont pas besoin d'apprendre à utiliser l'interface à laquelle ils sont confrontés. Bien qu'elle n'ait pu être abordée plus en profondeur dans nos expérimentations, cette question nous paraît intéressante à traiter dans la poursuite de nos travaux. La représentation du niveau sonore, visant à communiquer l'ambiance des lieux, a également fait l'objet de plusieurs commentaires de la part des quelques utilisateurs. L'utilisateur 3 aurait ainsi préféré avoir une représentation en trois états plutôt qu'un graphe. L'utilisateur 4 aurait quant à lui aimé disposer de mesures moyennées et en temps réel, qu'il mobiliserait à l'envie. Le caractère dynamique de l'information délivrée par les applications a d'ailleurs suscité de nombreuses interrogations de la part des utilisateurs.

5.2. Difficultés à appréhender les données en temps réel

Dans cette expérimentation, nous avons souhaité mettre l'accent sur la dynamicité des données relayées au travers des applications. Ces dernières reflètent ainsi en temps réel les statuts des produits, les contenus des sources d'information et les mesures des capteurs. Cette immédiateté caractérise les applications orientées produit, capables de mobiliser des ressources pour créer une représentation fidèle des lieux. Les données ne transitent plus par d'éventuels intermédiaires, elles sont générées et présentées directement au travers de l'outil de médiation. Du point de vue de l'utilisateur, ce sont ces particularités qui font la valeur des applications proposées. L'utilisateur 3 a ainsi déclaré que les données n'étaient « valides » que si elles

[140] Néologisme désignant des éléments d'interfaces utilisateur qui reproduisent des produits (notamment des textures ou matériaux), dans le but d'améliorer la perception de l'utilisateur. Ces éléments revêtent un caractère ornemental, indissociable du produit d'origine, qui ne sont néanmoins pas nécessaires dans la présentation des fonctions du système. Les interfaces des applications iBooks, iCal et GameCenter d'Apple intègrent ainsi des textures de bois, de cuir et de textile pour développer une forme de sentimentalisme et de nostalgie chez l'utilisateur. Elles sont souvent considérées comme « kitsch » par les designers.

étaient mises à jour. Pour l'utilisateur 7, le fait que les informations soient fournies en temps réel l'encouragerait à abandonner les applications traditionnelles au profit d'Env-B.

Ce renouvellement continu des informations communiquées par les applications n'est cependant pas toujours évident à percevoir. Les utilisateurs 1 et 11 n'étaient par exemple pas « sûrs » que certaines fonctionnaient en temps réel et ont ressenti le besoin de nous poser la question durant la phase d'entretien. L'utilisateur 9 nous a, quant à lui, confié qu'il « n'avait pas bien vu » si l'application ambiance liée à l'arrêt de bus était composée d'une image ou une d'une vidéo. Sa confusion s'explique par le fait qu'aucun mouvement n'était perceptible dans cette dernière. On y découvrait, via un plan fixe, l'arrêt de bus vide. L'utilisateur 7 n'a pas non plus perçu le caractère dynamique des représentations du niveau sonore. En voyant que certaines d'entre elles étaient moyennées sur la semaine, il en a conclu qu'aucune ne mesurait l'ambiance en temps réel.

Au-delà du probable manque d'attention de ces utilisateurs, et du possible manque de clarté de certaines des représentations proposées, ces retours dénotent leurs difficultés à envisager des produits ou capteurs capables de générer des représentations dynamiques, accessibles à distance. L'étonnement et l'enthousiasme suscités par ces applications illustrent également leur caractère nouveau ou disruptif. Un travail sur l'animation et l'intégration d'éléments graphiques indiquant la temporalité des représentations contribuerait sans doute à améliorer la perception des utilisateurs vis à vis de ce type d'application. Comme l'a évoqué l'utilisateur 3, il s'agit de nouvelles « habitudes à prendre », dont la valeur se révèle « dans la durée ».

5.3. Vraisemblance de l'écosystème et utilité perçue

Au cours des entretiens menés avec les utilisateurs, la plupart ont évoqué l'adéquation des lieux et des applications proposées. L'utilisateur 9 a par exemple mentionné qu'il s' « attendait à trouver ce genre d'information dans ces lieux », tandis que l'utilisateur 8 a déclaré: « ce sont des lieux que l'on visite tous les jours, on a besoin de ces informations au quotidien ». Les résultats du questionnaire de satisfaction nous confortent également dans l'idée que nous avons créé un écosystème d'applications qui « fait sens » (utilisateur 12) pour les utilisateurs. Ces derniers s'accordent en effet à penser que les applications proposées contribueraient à faciliter leur prise de décisions ou à supporter leurs activités ($m=3,9$; $\sigma=0,71$). Pour l'utilisateur 4, il serait néanmoins « possible de pousser chaque fonction (d'Env-B) encore plus loin ».

Le fait de délivrer des applications au travers des lieux, posant ces derniers comme un point d'accès privilégié vers des ressources contribue, selon les utilisateurs, à améliorer leur expérience. L'utilisateur 4 a ainsi apprécié l'idée de « tout mettre dans un seul endroit », indiquant qu'il « navigue souvent d'une application (mobile) à une autre sans trouver l'information recherchée ». L'utilisateur 2 a, quant à lui, mis en avant le fait que l'outil de

médiation « rassemble tout ce que les gens utilisent le plus souvent ». Excepté l'utilisateur 12, qui préfèrerait « consommer ces données sur un écran plutôt que sur un téléphone mobile », tous ont manifesté l'envie d'utiliser Env-B non seulement sur leur lieu de travail mais également dans leur vie personnelle.

Les résultats du questionnaire de satisfaction indiquent que les utilisateurs souhaiteraient voir l'écosystème s'élargir ($m=4,45$; $\sigma=0,83$). L'utilisatrice 11 aimerait ainsi accéder à « plus de fonctionnalités » et « plus de lieux ». Le reste du panel a d'ailleurs une idée assez précise des lieux qui pourraient être augmentés par des applications. Les lieux de loisirs (restaurants, bars, théâtres), ainsi que ceux de transits (arrêts de métros, échangeurs ou artères routières) ont souvent été cités. Les centres médicaux, de loisirs (salles de sports, clubs de golf) ou les supermarchés sont également revenus de manière moins fréquente dans les discussions. Souvent caractérisés par une grande affluence et des temps d'attente qu'il est difficile d'anticiper, ces lieux gagneraient selon les utilisateurs à proposer des applications liées à l'ambiance et à la présence. Ils n'ont cependant pas semblé envisager d'applications se basant sur des produits, ce qui indique une nouvelle fois la difficulté de chacun d'imaginer des cas d'usages pour l'Internet des Objets.

6. RETOUR D'EXPERIENCE

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence la capacité des utilisateurs à appréhender des applications très simples au travers d'un outil de médiation pour terminal mobile. Nous présentons ici les principaux éléments à retenir de cette expérimentation.

• Les utilisateurs n'ont eu aucune difficulté à interagir avec les applications représentant le statut des produits ou le contenu issu d'une source d'information.
• Les utilisateurs ont réussi à appréhender les applications visant à retranscrire l'ambiance des lieux et se basant sur représentations générées par des capteurs ou des caméras.
• Les utilisateurs ont eu du mal à percevoir la dimension « temps réel » de certaines applications.
• Les retours formulés par les utilisateurs révèlent qu'un travail sur la représentation graphique des applications est nécessaire. Ces dernières doivent mettre en avant les distinctions entre les types d'applications et les types de données qu'elles délivrent.
• L'idée d'accéder à distance à des lieux et d'interagir avec des applications par le biais de leur téléphone mobile fait sens pour les utilisateurs.

Bien qu'il paraisse nécessaire de vérifier que les modes de représentations utilisés dans l'outil de médiation restent adaptés à des applications plus complexes, l'approche que nous avons développé contribue à faciliter la perception des applications par les utilisateurs. L'environnement constitue un cadre permettant d'expliquer à ces derniers les différents types d'applications et les mécanismes qu'elles induisent.

Chapitre 4 : Bilan des expérimentations et validation de la première hypothèse.

Au cours de ces trois expérimentations, et afin d'adresser la problématique P1 relative à la définition des applications orientées produit, nous avons cherché à comprendre la manière dont les utilisateurs perçoivent ces dernières. Qu'ils soient amenés à se projeter dans une réalité où les ressources sont interconnectées entre elles, à se représenter celles que nous avions imaginées ou à se confronter à un écosystème réel, les utilisateurs ont montré qu'ils étaient en mesure d'appréhender ces applications. Bien que limitée, fragmentée et parfois quelque peu biaisée, la vision qu'ils se forgent de ces dernières préexiste. Elle s'affine et évolue en permanence, en fonction des situations auxquelles ils sont confrontés.

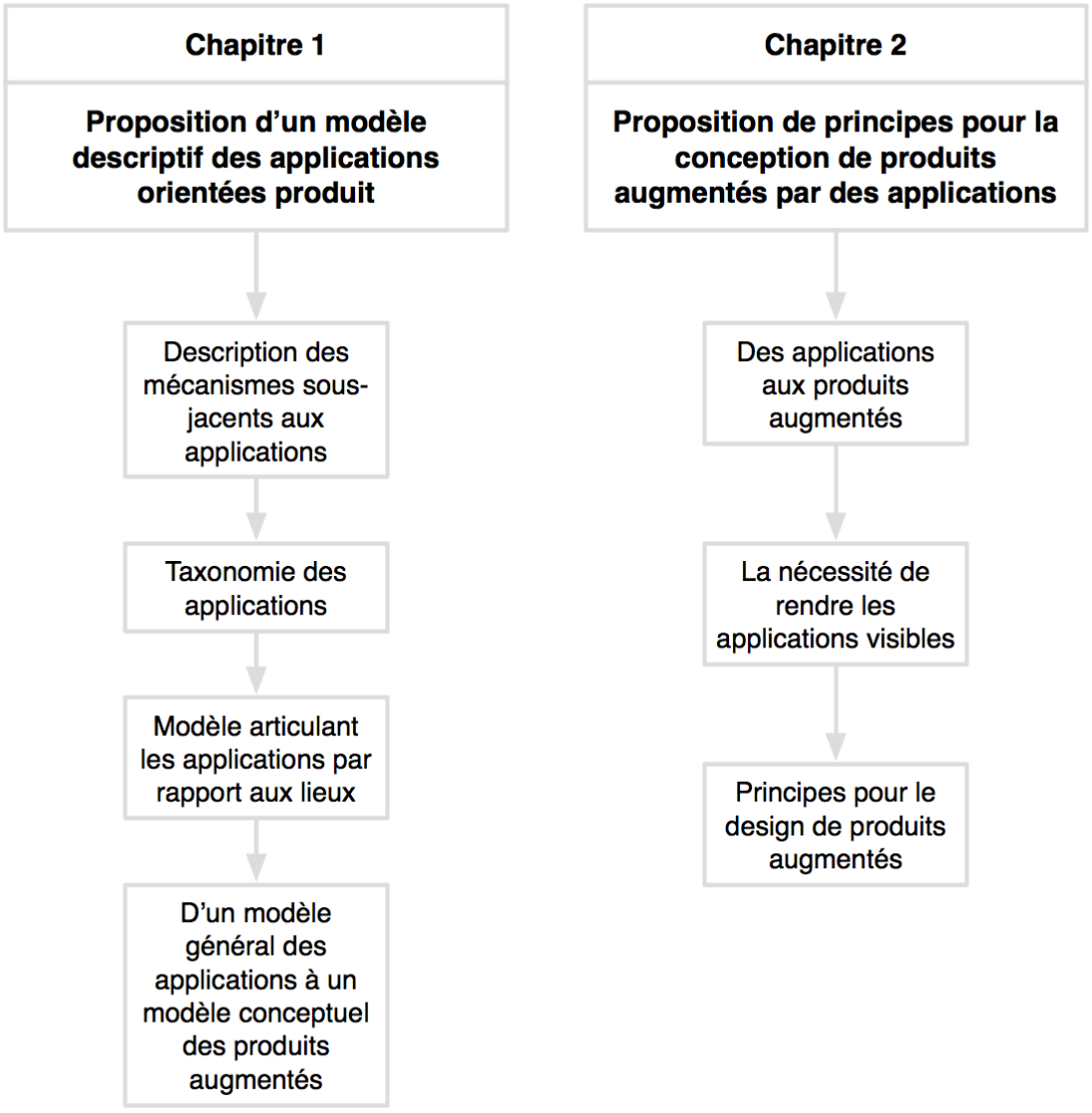
Cette première conclusion est cruciale pour le concepteur, car elle suggère que les modèles mentaux développés par les utilisateurs sont incomplets et encore très malléables. Ils laissent donc une grande marge de manœuvre dans l'élaboration d'une définition des applications qui pourra à la fois servir de cadre à la conception de produits, mais également être communiquée aux utilisateurs. Nos analyses mettent en effet en avant la nécessité de créer des outils permettant aux utilisateurs de comprendre et d'apprendre à utiliser ces applications. Le fait que les utilisateurs soient en mesure de se figurer les applications orientées produit, même si ces transcriptions tendent parfois, comme nous l'avons observé, à s'éloigner de celles que nous avions imaginées, nous conforte également dans l'idée qu'ils ont un rôle à jouer dans le processus de définition. Les retours collectés durant ces expérimentations constituent en effet des matériaux permettant de guider et d'orienter le concepteur dans ce travail.

L'hypothèse H1, selon laquelle le concepteur doit travailler à une définition des applications favorisant leur figuration par les utilisateurs, est donc partiellement validée.

Nous considérons donc qu'il est possible de créer un modèle décrivant le fonctionnement des applications, qui, grâce au processus de conception participative que nous avons mené, sera plus facile à adopter par les utilisateurs. Il conviendra par la suite d'évaluer la facilité avec laquelle ce modèle est appréhendé afin de valider totalement l'hypothèse que nous avons formulée.

Le modèle descriptif des applications orientées produit que nous proposons est décrit dans le chapitre 1 de la partie suivante. Il marque le début de la phase de modélisation de notre processus de recherche.

PARTIE V. PROPOSITION D'UN MODELE ET DE PRINCIPES POUR LE DESIGN DE PRODUITS AUGMENTES



Nota Bene : Dans cette partie, nous emploierons un vocabulaire plus spécifique. Nous continuerons à évoquer les *applications orientées produit* comme des logiciels permettant d'interconnecter plusieurs *ressources*. Ces ressources correspondent à des *produits* ou à des *services Web*, que nous avons jusqu'à présent évoqués comme des sources d'informations. Nous utiliserons également le terme de *produits augmentés* pour désigner les produits connectés à Internet, dont l'architecture permet la création d'applications venant compléter ou enrichir les fonctions établies.

Chapitre 1 : Proposition d'un modèle descriptif des applications orientées produit.

Nous proposons, à partir des résultats collectés lors des expérimentations menées avec les utilisateurs, d'élaborer un modèle descriptif des applications orientées produit. Nous envisageons ce modèle sous la forme de règles ou principes issus d'un processus réflexif. S'il est basée sur les observations menées lors de la phase expérimentale, il témoigne également de choix personnels et subjectifs, visant à combler les « écarts » ou les « dissonances » entre les transcriptions figurales hétérogènes des utilisateurs. Nous revendiquons cependant nos choix comme étant résolument « acceptables » ou « appréhendables » par ces derniers. Ce modèle a pour vocation de clarifier le concept d'application et de mettre en perspective son impact sur la conception de produits. Il constitue par conséquent un outil préalable et nécessaire pour le concepteur. Il se compose d'une définition des mécanismes sous-jacents aux applications, d'une taxonomie et d'un cadre articulant les applications par rapport aux lieux, décrits dans ce chapitre.

1. DESCRIPTION DES MECANISMES SOUS-JACENTS AUX APPLICATIONS

Les résultats de la première expérimentation ont montré que si les différents types d'interconnexions entre les ressources, récapitulés dans la Figure 52, étaient envisagés par les utilisateurs, ils ne permettaient pas d'appréhender la richesse des applications. Afin d'expliquer aux utilisateurs les mécanismes pouvant être mis en place dans le cas d'une interconnexion entre deux ressources, nous proposons d'en distinguer trois types, schématisés dans la Figure 53 et décrits dans la suite.

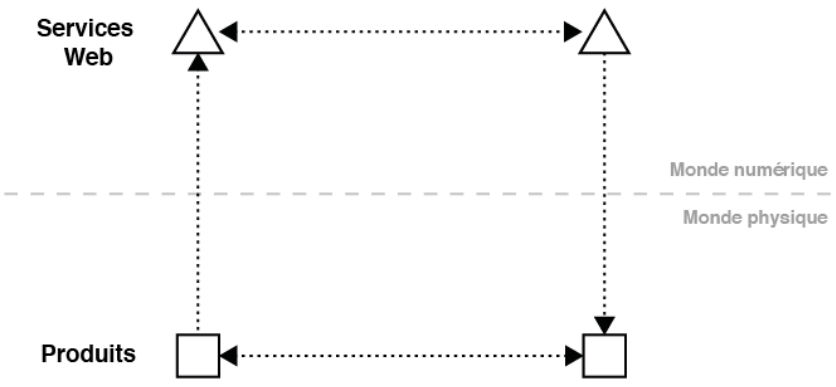


Figure 52. Types d'interconnexions entre les ressources.

La Figure 52 représente les produits par des carrés et les services Web par des cercles. Les flèches en pointillé matérialisent les interconnexions ascendantes et descendantes entre les mondes physique et numérique, et celles survenant entre deux ressources du même type.

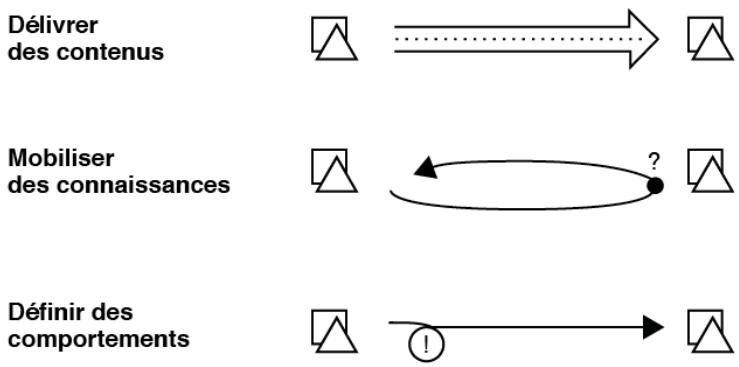


Figure 53. Types de mécanismes applicables aux interconnexions.

La Figure 53 se compose de trois schémas illustrant les mécanismes applicables aux interconnexions entre deux ressources, qu'il s'agisse d'un produit (représenté par un carré) ou un service Web (représenté par un triangle). Le premier schéma, en haut, suggère la transmission de données matérialisées par des pointillés. Le second schéma, au milieu, représente la requête envoyée à une ressource et la réponse qui est transmise. Le dernier schéma, en bas, suggère, par la boucle formée par le trait, l'envoi d'instructions ou de paramètres.

1.1. Délivrer des contenus

Les applications rendent possible la transmission de données (documents textuels, images et enregistrements sonores ou vidéo) produites, stockées ou agrégées par des ressources qui n'étaient jusqu'alors pas en mesure de s'interopérer. L'interconnexion prend alors la forme d'un canal permettant de délivrer des contenus d'une ressource à une autre.

Dans le cas d'une interconnexion entre produits, les contenus peuvent être acheminés jusqu'à un autre produit, de manière plus transparente et moins contraignante pour l'utilisateur. Au lieu de connecter un câble vidéo d'une caméra à un téléviseur, nous pourrions envisager une lecture en continu des fichiers vidéo. Lorsque cela est techniquement possible, l'information pourrait également être convertie, reformatée ou adaptée si la modalité de transmission n'est pas prise en charge par le produit. Par exemple, une lampe pourrait représenter, par une couleur et une intensité particulières, la température mesurée par une station météo.

Dans le cas d'une interconnexion entre un produit et une source d'information, un contenu distribué par une source d'information peut également être mobilisé et diffusé par un produit. L'exemple d'un radio-réveil capable de jouer un morceau musical issu d'une plateforme Web plutôt que la radio FM illustre bien ce mécanisme. De la même manière que nous l'avons décrite précédemment, l'information est susceptible d'être retraitée. Si aucun dispositif d'affichage n'est disponible sur un produit, il est ainsi envisageable de faire lire un texte par synthèse vocale. Enfin, un contenu produit par un produit, ou stocké par celui-ci, peut être facilement envoyé ou publié sur une plateforme Web. L'exemple d'un appareil photo transférant automatiquement les images sur une galerie distante ou un réseau social illustre bien ce mécanisme.

1.2. Mobiliser des connaissances

Les applications permettent également aux ressources de tirer parti de données relatives à leurs capacités (les fonctions qu'ils peuvent délivrer), leur statut (la manière dont ils fonctionnent à un moment donné) ou leur utilisation (où? quand? comment? par qui? pendant combien de temps?). L'interconnexion prend ici la forme d'une requête, amenant une ressource à fournir une réponse à une autre. Les informations collectées peuvent alors être utilisées dans le cadre du fonctionnement de l'application et mener au déclenchement d'autres types de mécanismes.

Dans le cas d'une interconnexion entre produits, une application pourrait compiler et interpréter des données, qui dans le contexte d'une action, pourraient être considérées comme des connaissances. Ce mécanisme est en fait indispensable dans le cas de scénario d'automatisation. Qu'il s'agisse de synchroniser le grille-pain et la machine à café, ou la lampe et la boîte aux lettres, il est nécessaire que l'un des produits interroge l'autre pour modifier son propre statut. En « conscientisant » les produits, les applications pourraient alors prendre en compte les habitudes des utilisateurs et personnaliser l'expérience.

Dans le cas d'une interconnexion entre un produit et une source d'information, ce mécanisme permet à l'application d'étendre sa représentation du monde. Un produit pourra ainsi dépasser son environnement immédiat pour mobiliser des données fournies par des sources d'information. L'exemple du radio-réveil interrogeant un agenda pour ensuite modifier l'heure de l'alarme ou communiquer les horaires d'une réunion illustre bien ce mécanisme. A l'inverse, une source d'information pourra tirer parti de données provenant des produits pour améliorer ses fonctionnalités. En se connectant à la télévision de l'utilisateur, une plateforme de partage de vidéos pourrait ainsi baser ses recommandations sur l'analyse des programmes visionnés par les habitants.

1.3. Définir un comportement

Les applications favorisent le déclenchement ou la modification à distance de certaines fonctions des ressources. Elles altèrent ainsi le fonctionnement ou le comportement de ces dernières, sans que l'utilisateur n'ait à intervenir. L'interconnexion prend alors la forme d'une commande, complétée d'éventuels paramètres.

Dans le cas d'une interconnexion entre produits, un produit peut activer les fonctions d'un autre produit en fonction des données qu'il est susceptible de produire, recevoir ou mobiliser. L'exemple du radio-réveil augmentant la température des radiateurs de la salle de bains plusieurs minutes avant le déclenchement de l'alarme illustre la capacité des applications à modifier le comportement des produits. Les commandes peuvent également avoir lieu à la suite d'une interaction initiée par l'utilisateur. Il serait ainsi possible de moduler l'intensité d'une lampe dès lors que la lecture d'un film stocké par un lecteur multimédia est initiée.

Dans le cas d'une interconnexion entre un produit et une source d'information, les applications permettraient de contrôler ou de poster des données en s'appuyant sur les interfaces de programmation fournies par certaines sources d'information. Un pèse-personne pourrait ainsi déclencher la publication d'un message sur un réseau social, selon des règles préétablies telles que la reconnaissance d'un utilisateur ou la perte de poids. Le fait de conférer aux sources d'information un contrôle total sur le comportement des produits est à l'inverse également envisageable, mais suscite des questions liées à la vie privée. Il paraît préférable que les produits concentrent l'intelligence, c'est-à-dire qu'ils mobilisent l'information pour adapter leur comportement, plutôt qu'autoriser d'autres acteurs à intervenir sur leur habitat. Dans l'industrie, des exemples impliquant la gestion d'automates ou de machines de production, ou la gestion d'équipements de ventilation peuvent néanmoins être évoqués.

2. TAXONOMIE DES APPLICATIONS

Les résultats de la seconde expérimentation ont montré que les utilisateurs envisageaient différentes configurations d'interconnexions, susceptibles d'être considérées comme des applications. Nous proposons, à partir des éléments observés, de créer une taxonomie qui pourra être communiquée aux utilisateurs afin de les aider à appréhender l'Internet des Objets. Nous l'avons organisée autour de trois types d'applications, que nous détaillons dans cette section et illustrons dans la Figure 54.

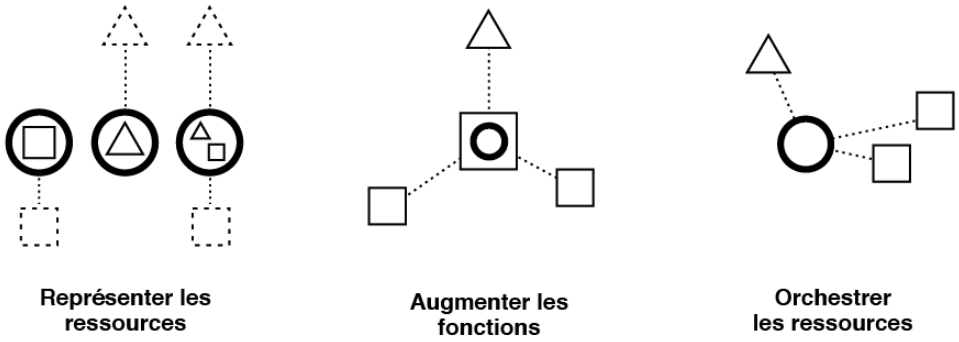


Figure 54. Types d'applications.

La Figure 54 se compose de trois schémas illustrant chacun un type d'application orientée produit. Les applications y sont représentées par un cercle, les produits par des carrés et les services Web par des triangles. Les interconnexions entre les ressources sont matérialisées par des traits en pointillé. Le premier schéma, à gauche, matérialise les applications comme des représentations des ressources auxquelles elles sont interconnectées. Le second schéma, au centre, suggère l'intégration de l'application dans un produit. Le troisième schéma, à droite, présente une application articulant plusieurs ressources, mais n'en intégrant aucune.

2.1. Applications visant à créer des représentations des ressources

Les applications les plus faciles à appréhender par les utilisateurs sont certainement celles visant à « exposer » les contenus, informations ou fonctions liées aux ressources. Elles permettent de créer une « image » d'un produit ou d'un service Web, accessible depuis un terminal, et avec laquelle il est potentiellement possible d'interagir. Elles constituent des « miroirs » plus ou moins déformés de la réalité, dont les représentations dépendent des activités qu'elles sont susceptibles de supporter.

Elles permettent de refléter les fonctions d'un produit (liste, état ou statut) ou d'extraire certains contenus d'un service Web. Elles « instancient » ou dupliquent dans ce cas des données existantes, pour les mettre à disposition des utilisateurs. Dans l'expérimentation 3, la grille horaire proposée à l'arrêt de bus ou les stocks de la machine à café illustrent ce type d'application. D'autres, comme celles de la lampe ou de la réservation de la salle de réunion, dépassent la simple présentation de l'information et proposent des interactions très simples avec une fonction spécifique des ressources (éteindre la lampe, réserver un créneau horaire).

Les données générées ou relayées par les ressources peuvent également être filtrées, traitées et reformatées pour créer des représentations plus complexes, visant à supporter les besoins ou activités des utilisateurs. Au lieu d'afficher une courbe correspondant aux données générées par un capteur, nous aurions pu, dans le cas de l'application retranscrivant l'ambiance

des lieux, matérialiser le niveau sonore par des formes, des couleurs ou du texte. De la même manière, il serait possible de combiner plusieurs ressources pour créer des représentations plus riches.

2.2. Applications visant à augmenter les fonctions des produits

D'autres applications interviennent sur le fonctionnement des produits pour enrichir l'expérience qu'ils délivrent. Elles s'insèrent, s'appuient et s'articulent autour de produits spécifiques pour améliorer ou étendre leurs capacités. « Greffées » de la sorte, elles sont capables de déclencher et de compléter des fonctions, conférant une nouvelle « intelligence » aux produits. A l'inverse du premier type d'application, elles modifient donc en profondeur le comportement des produits et ont un impact dans le monde physique. Elles renforcent d'ailleurs considérablement le rôle du produit dans le quotidien.

Elles favorisent tout d'abord la programmation avancée des fonctions des produits, offrant aux utilisateurs un nouveau contrôle sur ces derniers. Elles permettent de dépasser les limites des systèmes embarqués en rendant par exemple possible la gestion de plusieurs configurations, dont les paramètres reflèteraient les habitudes des utilisateurs. Les applications permettent alors de personnaliser les fonctions des produits de manière plus pointue et plus simple. Les réglages se feront en effet dans ce cas via un outil de médiation, et non directement via l'interface utilisateur du produit.

Elles tirent également parti des interconnexions entre le produit sur lequel elles sont déployées et des ressources tierces pour améliorer ou ajouter des fonctions. Les applications permettent alors la diffusion de contenus qui n'étaient jusqu'alors pas accessibles depuis le produit, une logique de fonctionnement plus poussée, car basée sur des données plus riches, ou le déclenchement de fonctions relatives à d'autres ressources. Les applications décrites aux utilisateurs durant la deuxième expérimentation illustrent bien cette catégorie. Dans le cas du réveil, la fonction alarme est augmentée grâce à des applications délivrant des contenus distants et mobilisant des connaissances. D'autres se basent sur les événements liés aux fonctions des produits (le déclenchement de la machine à café quelques minutes avant l'heure du réveil) ou sur les actions réalisées par les utilisateurs (la publication de messages sur les réseaux sociaux lors de l'arrêt de l'alarme) pour créer une nouvelle expérience.

2.3. Applications visant à orchestrer des ressources

Le dernier type d'application vise à interconnecter plusieurs ressources et à planifier des mécanismes autour d'activités ou d'événements spécifiques. A l'inverse des précédentes applications s'appuyant sur un produit spécifique, celles-ci s'articulent autour d'un processus de compilation et de traitement de données. Les connaissances mobilisées auprès de services Web et des produits permettent alors d'identifier des situations-clés du quotidien, auxquelles seront

associés des comportements spécifiques à appliquer aux ressources. Ces applications « orchestrent » ainsi ces dernières sans l'intervention des utilisateurs.

Elles sont particulièrement adaptées à la gestion « intelligente » des produits. Elles permettent en effet de « scripter » le quotidien en automatisant un nombre important de produits en fonction de l'heure de la journée, du fonctionnement de certaines ressources ou de la demande des utilisateurs. L'exemple de l'application simulant la présence des habitants, détaillé dans l'expérimentation 2, illustre le potentiel de ces applications dans le domaine de la domotique et de l'aide aux personnes âgées.

En couplant les informations générées par les produits et les services Web, ces applications sont également en mesure d'inférer les activités des habitants[141]. Elles favorisent l'adaptation des contenus diffusés par certains produits, comme dans l'exemple du cadre photo affichant des clichés en rapport avec les utilisateurs présents dans la pièce. L'enjeu n'est plus seulement pratique, il s'agit de travailler à la création d'un habitat plus sensible, réceptif aux activités ou à l'humeur des utilisateurs. Si la vision de cette intelligence ambiante est difficile à concrétiser, des applications capables de gérer l'ambiance lumineuse et sonore des différentes pièces de la maison vont dans ce sens.

3. MODELE ARTICULANT LES APPLICATIONS PAR RAPPORT AUX LIEUX

Les résultats de la troisième expérimentation ont montré que les utilisateurs n'avaient aucun mal à accéder à des applications au travers des lieux. Ces derniers semblent constituer un point d'accès privilégié vers les ressources, qu'il nous paraît important de matérialiser. Nous proposons donc de créer un modèle replaçant les différents types d'applications par rapport aux lieux. En proposant un cadre structurant la perception des applications, nous souhaitons favoriser leur compréhension par les utilisateurs et travailler à l'élaboration d'une nouvelle expérience utilisateur pour les lieux. Dans cette section, nous détaillons les différents aspects de notre modèle.

3.1. Les lieux comme entité structurante

L'entité « lieu » constitue un cadre structurant pour les utilisateurs. Elle délimite des espaces, héberge des ressources, accueille des individus et supporte des activités susceptibles d'évoluer au cours du temps. Elle englobe une partie du monde physique à laquelle il est facile de faire référence. Elle se pose comme un point de repère commun sur lequel nous pouvons nous appuyer pour inscrire ou ancrer les applications dans le réel.

[141] Philipose et al. (Philipose et al., 2004) explorent cette opportunité dès 2004.

Considérer les frontières des lieux permet en effet d'introduire une échelle à trois niveaux: celui des ressources du lieu, de l'espace du lieu, et du dehors. Il est ainsi possible de dissocier les ressources physiquement disponibles dans le lieu, des ressources distantes mobilisées au travers des applications. Si ces dernières articulent les interconnexions entre les différentes ressources, elles sont matérialisées au travers des lieux, de manière à ce qu'elles soient « consommées » dans ou via le lieu.

En recréant une offre d'applications à l'échelle d'un environnement, nous minimisons la place de la sphère numérique et veillons à ce que les applications ne soient pas confondues avec les plateformes du Web ou les applications pour terminaux. Nous souhaitons amener les utilisateurs à considérer les lieux comme des points d'accès, des plateformes susceptibles de satisfaire leurs besoins en terme d'information ou de supporter leurs activités. C'est en naviguant de lieux en lieux qu'ils pourront donc accéder aux applications représentant, augmentant ou orchestrant les ressources disponibles.

3.2. Ancrage des applications

Dans notre modèle, les applications, quel que soit leur type, font partie intégrante du lieu. Bien que certaines mobilisent des ressources distantes, toutes se matérialisent au sein de l'environnement, de manière à ce qu'elles soient perçues par les utilisateurs comme étant hébergées et « poussées » par ce dernier. La Figure 55 illustre cet ancrage. Nous avons également choisi de les organiser par rapport à différentes strates du lieu, correspondant à la fois au niveau de contrôle conféré aux applications et au regard de l'utilisateur. Plus les applications ont un impact important sur les ressources du lieu, plus elles sont « enfouies » dans ce dernier, comme l'illustre la Figure 56.

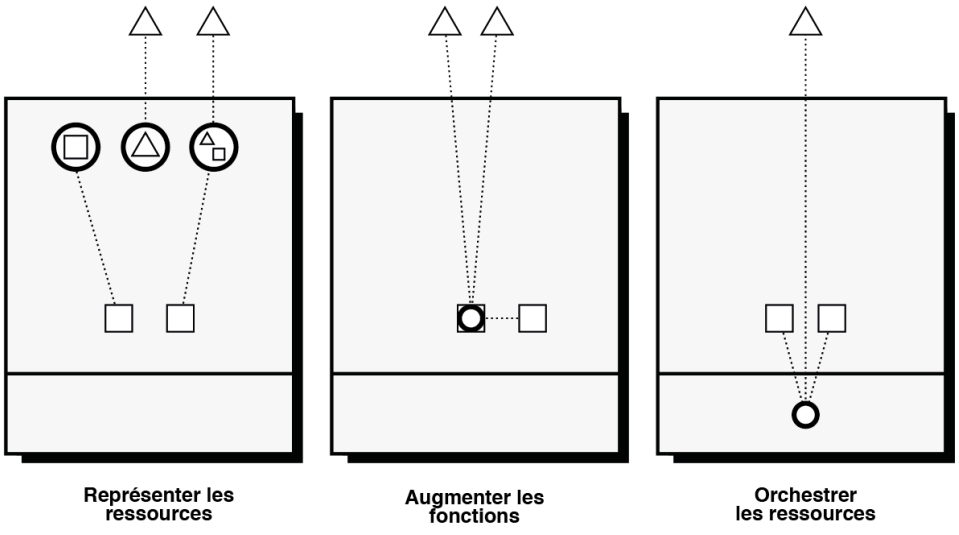


Figure 55. Ancrage des applications dans le lieu.

La Figure 55 se compose de trois schémas illustrant l'ancrage des applications orientées produit dans l'environnement. Ce dernier est représenté par un rectangle grisé, dont un trait horizontal délimite l'espace « habitable » et visible par l'utilisateur, de celui qui ne l'est pas. Les produits et les applications sont positionnés à différentes « strates » de l'environnement, tandis que les services Web apparaissent en dehors des limites établies.

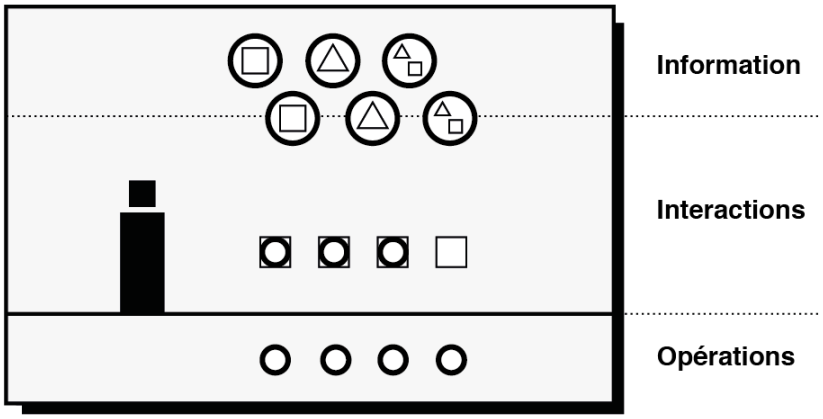


Figure 56. Spatialisation des applications dans le lieu.

La Figure 56 illustre les trois « strates » de l'environnement et la répartition des applications orientées produit selon le point de vue d'un utilisateur.

Les applications représentant les ressources contribuent à créer une première couche principalement informationnelle reflétant les caractéristiques des lieux. Elles « flottent » dans la partie supérieure de l'environnement et peuvent être mobilisées à loisir par les utilisateurs. Les données générées par d'éventuels capteurs ou produits présents dans le lieu sont ainsi accessibles à distance. Dès lors que ces applications proposent aux utilisateurs de modifier le statut d'un produit, elles basculent dans une seconde couche interactionnelle. C'est également le cas de celles proposant d'extraire les fonctions d'un service Web pour en faciliter l'utilisation au sein du lieu.

Les applications visant à augmenter les produits s'inscrivent également dans cette couche interactionnelle, du fait de leur plus grand impact sur les ressources du lieu. Nous les représentons comme étant plus proches des utilisateurs, dans la mesure où elles s' « incarnent » au travers des produits présents dans l'environnement. Elles permettent en effet de prendre le contrôle sur certains produits et d'augmenter leurs fonctions. Leur accès doit donc être régulé, afin que les visiteurs d'un lieu ne bouleversent pas les configurations établies par les propriétaires des ressources. Dans le cas d'espaces publics ou semi publics, elles permettraient

cependant d'offrir des interactions relativement inédites avec certains produits (les clients d'un bar pourraient par exemple choisir la musique diffusée dans le lieu).

Les applications visant à orchestrer les ressources favorisent enfin la création d'une couche opérationnelle, capable de mobiliser toutes les ressources du lieu. Elles se matérialisent dans les fondations de ce dernier, comme si elles faisaient partie intégrante de l'infrastructure. Déployées, déclenchées et administrées par les propriétaires des lieux, elles constituent des briques d'intelligence, avec lesquelles les utilisateurs n'auront que rarement à interagir. Elles contribuent néanmoins à façonner l'expérience des lieux en prenant en charge l'automatisation des ressources.

En utilisant les frontières des lieux comme un cadre, dans lequel les applications sont agencées par rapport au regard de l'utilisateur, nous avons souhaité créer un modèle facile à appréhender. En jouant sur le poids des applications, nous symbolisons le caractère impalpable des représentations des ressources, et la complexité des mécanismes mis en œuvre pour orchestrer ces dernières. Nous pensons que grâce à cette spatialisation, il sera plus facile pour les utilisateurs de découvrir et de comprendre les spécificités de chaque type d'application. Elle permet également d'introduire de nouveaux aspects, liés à l'accès à distance des applications, mais aussi plus généralement à l'expérience du lieu.

3.3. Vers des lieux augmentés

Si les applications ont un impact sur les ressources, elles contribuent, de par leur ancrage au sein des lieux, à « augmenter » ces derniers. Dans notre modèle, nous nous servons des frontières apparentes pour délimiter un écosystème d'applications, qui peut se matérialiser comme une sphère ou une bulle d'informations se superposant au réel. C'est au travers de cette entité virtuelle, représentant les lieux, que s'organisent les applications. Du point de vue de l'utilisateur, elle épouse et se confond complètement avec les limites du lieu. Elle n'est donc pas directement perçue. Elle confère cependant aux lieux la capacité à délivrer des applications, et constitue une première étape vers leur « conscientisation ».

Notre modèle a été conçu dans l'optique que les lieux puissent un jour être « conscients » de la présence de leurs habitants. Cette faculté permettrait notamment d'adresser les problématiques de régulation d'accès. Si, comme nous l'avons illustré au cours de l'expérimentation 3, les utilisateurs sont enclins à consommer des applications à distance, depuis un outil de médiation, il est peu probable qu'ils acceptent que des personnes tierces puissent accéder à celles déployées dans leur habitat. Bien que ces questions n'aient pas été soulevées lors des discussions, il nous paraît indispensable que l'accès aux applications, et par extension aux ressources, soit régulé. La possibilité de détecter la présence des utilisateurs permettrait donc de filtrer les applications ou d'adapter leur contenu afin que l'intégrité des lieux soit préservée. Pour les propriétaires de lieux publics ou semi-publics, une telle capacité

permettrait également de proposer une expérience in-situ privilégiée, tout en offrant des applications plus limitées « ex-situ », c'est-à-dire en dehors du lieu.

Nous envisageons également que les lieux puissent être « conscients » des applications qu'ils proposent et qu'ils se « rappellent » des contenus qu'ils délivrent. Dans notre modèle, toutes les données sont produites ou ramenées au sein du lieu, elles sont potentiellement hébergées de manière locale, sécurisées et préservées de toute fuite vers l'extérieur. Du point de vue de l'utilisateur, il nous paraît important que les applications semblent fonctionner en vase clos. De cette manière, le lieu apparaît comme un dépositaire, capable de « mémoire ». Il serait ainsi possible d'interroger les archives du lieu, pour accéder à des données qui, bien que « périmées » permettraient de visualiser l'évolution des caractéristiques des lieux. Nous pensons notamment à la fréquentation des lieux, à leur ambiance et à tout le contenu, apporté ou non par les utilisateurs, qu'il serait possible de mobiliser.

De la même manière, cette approche permettrait aux lieux d'être « conscients » des activités qui sont effectuées en leur sein par les utilisateurs. En analysant la consommation des applications et leurs contenus, il est possible d'identifier les actions les plus caractéristiques d'un lieu. Représentées sous la forme de verbes ou de mots clés, ces actions constitueraient de nouveaux critères pour la recherche de lieux. Si elles sont rendues publiques et mutualisées, elles permettraient aux utilisateurs de découvrir de nouveaux endroits ou de décider où aller en fonction de leurs attentes ou besoins immédiats. De nouvelles cartes de la ville pourraient également être établies pour refléter les potentialités de ces lieux « augmentés ».

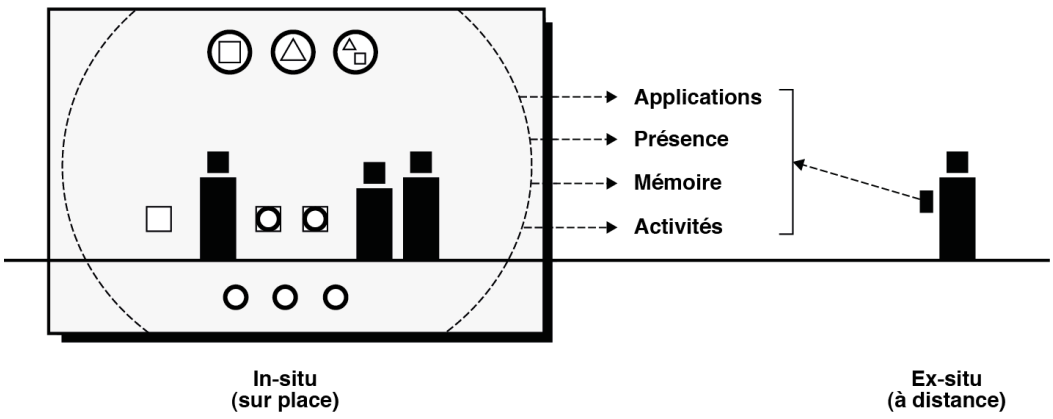


Figure 57. Notre vision des lieux et produits augmentés.

La Figure 57 illustre la possibilité pour les utilisateurs d'accéder à distance aux applications orientées produit déployées dans un lieu, mais également d'obtenir d'autres informations relative à ce dernier.

4. D'UN MODELE GENERAL DES APPLICATIONS A UN MODELE CONCEPTUEL DES PRODUITS AUGMENTES

Le modèle descriptif que nous proposons dépasse le cadre des produits pour envisager l'expérience globale rendue possible par l'utilisation conjointe de plusieurs types d'applications au sein d'un même lieu. Il permet selon nous d'établir un langage commun aux concepteurs et d'apporter une réponse pragmatique à la problématique de la définition des applications. En dépeignant une vision des possibles, il permet en effet aux éditeurs d'applications, mais également au concepteur de produits ou encore aux architectes, de délimiter le périmètre de leur intervention et d'examiner les enjeux relatifs à leur discipline. Ce modèle a donc pour vocation de fédérer les acteurs de la conception autour de l'élaboration de systèmes hérités d'une définition commune des applications. Il peut être révisé et adapté en fonction des propositions rapportées par chacun.

Les différents outils qui composent ce modèle peuvent également être utilisés pour expliquer l'Internet des Objets aux utilisateurs. Ils permettent en effet de raconter une « histoire » ne mettant pas forcément en perspective les mécanismes des applications tels qu'ils seront techniquement implémentés, mais présentant leur fonctionnement de manière compréhensible. Cette « histoire », constitue selon Don Norman les prémices du « modèle conceptuel » véhiculé par tout système conçu. Elle vise à « agencer de manière cohérente les actions [rendues possibles par le système] de manière à ce que l'utilisateur ait l'impression de contrôler les choses, qu'il sente qu'il y a une raison pour laquelle les choses sont structurées de la sorte » (Norman, 1999a, p.179).

Il incombe donc au concepteur de produits augmentés d'extraire et de développer, à partir du modèle descriptif des applications que nous proposons, les éléments qui guideront le travail d'ingénierie et de design. Il s'agit en effet à présent d'envisager la manière dont certaines applications identifiées dans notre modèle peuvent être intégrées à des produits. En offrant d'augmenter les fonctions de ces derniers, ces applications remettent en cause le modèle conceptuel établi et véhiculé par les produits. Elles nécessitent donc d'en établir un nouveau. Il convient en effet de s'assurer que le concepteur et l'utilisateur partagent les mêmes définitions afin de garantir l'expérience du produit délivrant ces applications.

Dans la suite de notre travail, il nous semble important d'explorer les formes d'articulation entre produit et applications, en mettant particulièrement l'accent sur les enjeux qui surviennent quant au design de la forme et des interactions. Il est en effet nécessaire d'établir des principes favorisant la compréhension des applications par les utilisateurs. Dans le chapitre suivant, nous souhaitons donc apporter des réponses plus pragmatiques à la manière de représenter les applications au travers des produits et d'interagir avec elles.

Chapitre 2 : Proposition de principes pour la conception de produits augmentés par des applications

L'élaboration d'un modèle descriptif des applications orientées produit nous a permis d'envisager de manière holistique l'hétérogénéité de leurs relations au monde physique. Nous avons ainsi précédemment distingué les applications capables de représenter les fonctions ou le statut de certains produits, de celles visant à d'orchestrer leur fonctionnement ou encore à augmenter leurs fonctions. Parmi celles-ci, ce sont bien sûr les applications permettant d'étendre, de compléter ou d'enrichir l'offre fonctionnelle établie des produits qui suscitent le plus d'enjeux pour le concepteur. Elles amènent en effet à envisager l'application « augmentant » le produit comme une partie intégrante de ce dernier. Elles ne nécessitent pas seulement, contrairement aux autres types d'application, de modifier le système embarqué des produits, mais de réexaminer les relations entre fonction, comportement et structure. Le concepteur est alors confronté à la nécessité d'« intégrer » ces applications à différents niveaux du produit. Afin d'adresser la problématique P2 de notre recherche, nous proposons, dans ce chapitre, d'étudier les enjeux susceptibles d'être rencontrés par le concepteur lors de la création de produits augmentés par des applications. Après avoir analysé l'impact des applications sur la définition des produits et démontré la nécessité d'appliquer les principes de visibilité, nous présentons les alternatives possibles quant à l'aménagement de la forme et des interactions des produits.

1. DES APPLICATIONS AUX PRODUITS AUGMENTES

Si nous avons, jusqu'à présent, abordé l'Internet des Objets du point de vue des applications, il convient de changer de perspective afin d'examiner leur impact du point de vue de la conception de produit. Envisager l'opportunité d' « augmenter » un produit amène ainsi à réexaminer le processus de conception établi. Elle implique en effet que la définition des fonctions ne résulte pas seulement des décisions du concepteur, mais puisse être poursuivie après la fabrication du produit. Elle pose donc une vision des produits plus « ouverte », qui permet au concepteur, mais également à des acteurs tiers, de concevoir des applications complétant ou renouvelant l'offre fonctionnelle établie. L'utilisateur se voit alors confié la liberté de déployer les applications développées pour le produit qu'il juge utiles au regard des activités qu'il mène au quotidien.

1.1. Une nouvelle phase de conception

La conception de produits augmentés diffère de celle des produits traditionnels dans la mesure où une nouvelle phase du processus, dédiée aux applications, doit être mise en place. En effet, l'activité de conception ne s'achève pas à l'issue de la définition des fonctions, du comportement et de la structure du produit, comme l'illustre la Figure 58, mais se poursuit de manière répétée jusqu'à l'obsolescence de ce dernier. Lors de cette seconde et nouvelle phase, les concepteurs d'applications imaginent de nouvelles fonctions, induisant de nouveaux comportements du produit, au regard de la structure déjà établie. Cette « branche » parallèle et postérieure à la fabrication des produits permet ainsi d'adresser de nouveaux besoins, qui n'avaient pas été envisagés jusqu'alors.

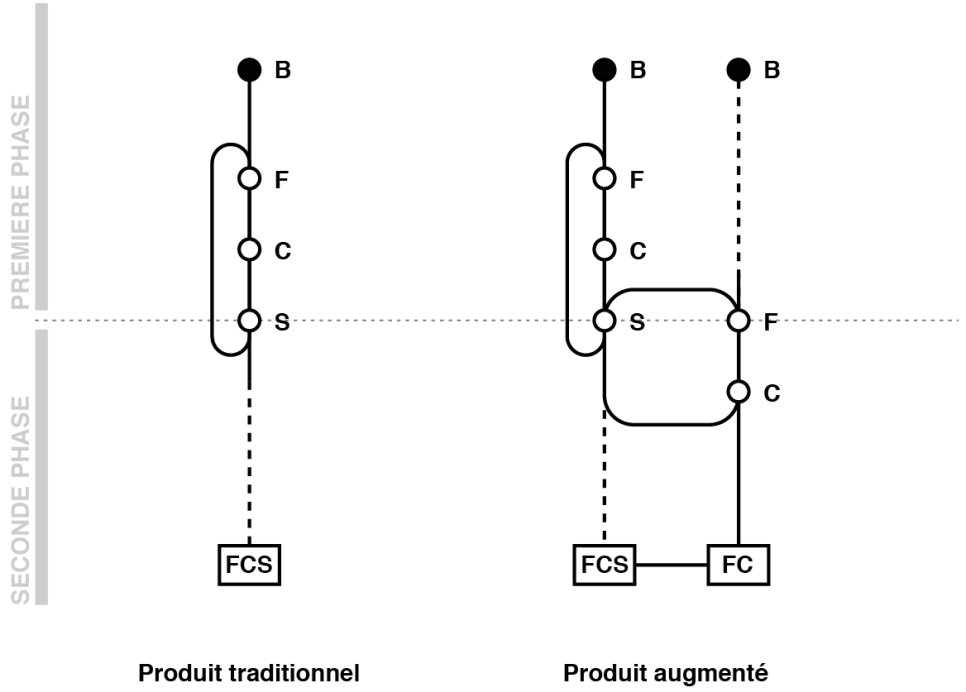


Figure 58. Des produits traditionnels aux produits augmentés.

La Figure 58 présente le processus de conception de produits traditionnel et augmenté sous la forme d'un axe linéaire résultant de l'identification d'un besoin (B) et menant à la définition d'un produit. Cet axe comporte des « boucles », suggérant le travail de couplage entre les fonctions (F), le comportement (C) et la structure (S) de ce dernier. Il est dédoublé dans le cas des produits augmentés.

Cette nouvelle phase de conception peut également être envisagée comme une « couche » supplémentaire permettant l'instanciation d'applications et leurs interactions avec les fonctions établies du produit. La Figure 59, présente ainsi, de manière conceptuelle, la dualité des produits augmentés. La couche basse du produit correspond à l'agencement des composants nécessaires à la réalisation des fonctions envisagées par le concepteur (l'ensemble « FCS » dans la Figure 58). La couche haute est quant à elle dédiée aux applications tirant parti ou s'appuyant sur cet agencement matériel pour mettre en place de nouvelles fonctions ou comportements (l'ensemble « FC » dans la Figure 58). Elle permet également l'interopérabilité avec des ressources tierces (produits ou services Web).

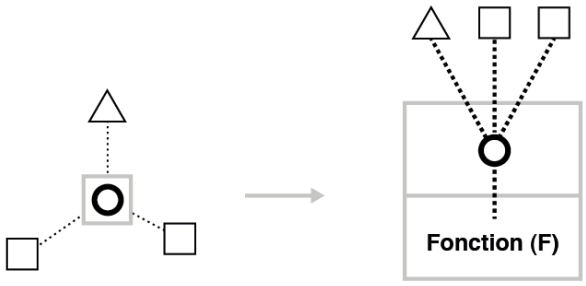


Figure 59. Modélisation d'une application visant à augmenter les fonctions d'un produit.

La Figure 59 illustre l'intégration, dans un produit, d'une application visant à augmenter les fonctions. Elle présente le produit sous la forme d'un carré gris, composé de deux « couches ». Les conventions graphiques précédemment employées sont conservées : les ressources sont matérialisées par des triangles et des carrés, et l'application par un rond.

1.2. L'impact des applications sur les dimensions du produit

Les applications peuvent, comme nous l'avons décrit dans notre modèle, tirer parti de différentes interconnexions avec des ressources pour délivrer des contenus, mobiliser des connaissances et définir des comportements. Du point de vue du produit, ces mécanismes agissent donc sur deux des trois dimensions présentées dans la Figure 60: les fonctions et le comportement. C'est en effet en agissant sur les paramètres des fonctions établies et la manière dont elles opèrent que les applications permettent aux utilisateurs de personnaliser l'expérience délivrée par le produit. En combinant plusieurs fonctions entre elles ou en tirant parti de ressources tierces, elles augmentent l'offre établie au regard de nouveaux besoins. Elles ont donc un impact sur le comportement global du produit, qu'elles peuvent entièrement redéfinir dès lors que les composants intégrés à ce dernier le permettent.

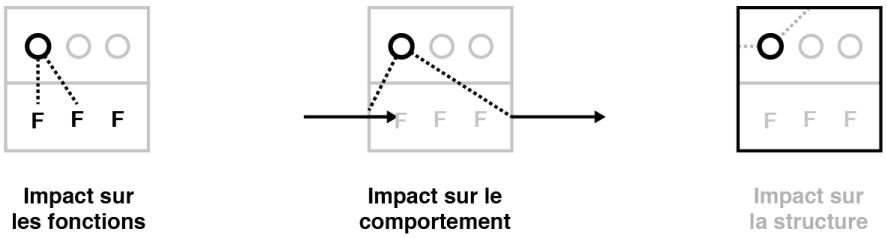


Figure 60. Impact des applications sur les dimensions du produit.

La Figure 60 se compose de trois schémas mettant en exergue la relation entre une application et les fonctions, le comportement et la structure du produit augmenté. Ces dimensions sont respectivement représentées par des « F », un flux traversant le produit et le contour du carré.

Si les applications peuvent exploiter les modalités d'entrée et de sortie de l'interface utilisateur du produit pour élaborer de nouvelles fonctions ou comportements, elles doivent tenir compte de la structure établie. Elles n'ont donc pas d'impact, du fait de leur immatérialité et des matériaux traditionnellement utilisés dans la fabrication de produits, sur l'agencement des composants et la forme de ces derniers. Cette nécessité de composer avec la structure existante du produit constitue la difficulté majeure des concepteurs d'applications, mais également du concepteur du produit. Les spécificités de l'interface utilisateur sont en effet susceptibles de conditionner les choix pris lors de la définition des fonctions apportées par les applications. Elles peuvent constituer un frein au développement de ces dernières.

Afin de favoriser la création d'une offre d'application la plus large possible, il incombe donc au concepteur de produit de prendre en compte, lors de la première phase de conception, les possibilités d'augmentation futures. Il convient notamment d'envisager les spécificités de l'interface utilisateur, en particulier celles concernant les modalités de sortie, comme pouvant être mobilisées par les applications. Il s'agit donc d'amener une certaine forme de « généricité » des interfaces, permettant aux applications de tirer parti de certains « interacteurs » (boutons poussoirs, glisseurs, rotatifs, etc.) ou supports d'affichage. Des aménagements formels plus conséquents peuvent également être réalisés afin de refléter au mieux l'intégration des applications dans le produit. Ce constat nous amène à examiner ce qu'il faut idéalement rendre « visible » au travers de la forme.

2. LA NECESSITE DE RENDRE LES APPLICATIONS VISIBLES

Pour garantir la bonne utilisation des produits augmentés par des applications, il incombe au designer d'appliquer le principe de visibilité des interfaces. Il est en effet nécessaire de s'assurer que le produit communique ou signifie de manière intelligible aux utilisateurs la logique qui le régit, les possibilités qu'il offre et les moyens qu'il intègre pour comprendre ou intervenir sur son fonctionnement. Pour l'utilisateur, l'enjeu consiste à appréhender l'offre d'applications proposée par le produit, la configuration établie ainsi que leur bon fonctionnement. Il doit ainsi être en mesure d'*observer* et de *contrôler* chacun de ces aspects, mais également de *tracer* les changements qui interviennent au cours de l'utilisation des applications. La traçabilité des événements est d'autant plus importante que ces derniers peuvent être déclenchés par une action de l'utilisateur, lorsqu'il manipule le produit, mais aussi par celle d'une application, de manière automatique. Nous proposons de détailler dans cette section les critères d'intelligibilité, également récapitulés dans la Figure 61, qu'il nous paraît important de satisfaire afin d'assurer l'expérience utilisateur des produits augmentés. Nous montrerons ensuite que tous n'interviennent pas aux mêmes moments et peuvent être associés à deux situations distinctes.

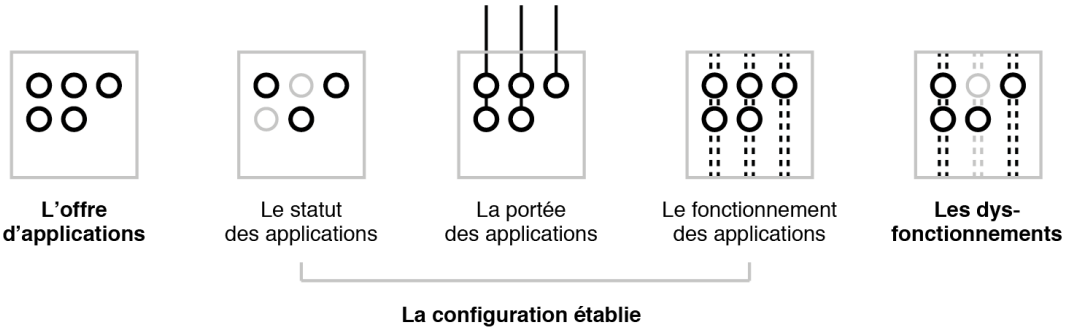


Figure 61. Critères d'intelligibilité à satisfaire.

La Figure 61 représente le produit par un carré. Les applications qui augmentent les fonctions du produit sont matérialisées sous la forme de cercles.

2.1. De nombreux critères d'intelligibilité à prendre en compte

En adoptant le point de vue d'un utilisateur découvrant pour la première fois un produit augmenté par des applications, il est possible d'envisager ses attentes ou ses besoins. Il nous semble tout d'abord important qu'il puisse mesurer l'*offre proposée*, c'est-à-dire le nombre et le type d'applications délivrées par le produit. Combien d'entre elles ont été déployées? Est-il possible de se faire une idée de la manière dont elles modifient ou enrichissent les fonctions du produit? Comment ajouter ou supprimer ces dernières, et s'assurer que les modifications ont

correctement été prises en compte? Il s'agit donc, de la manière la plus transparente possible, de communiquer à l'utilisateur les possibilités offertes par le produit, et le champ d'action dont il dispose pour compléter cette offre.

Une fois confronté au produit et ses applications, il doit également être en mesure de comprendre la configuration établie. Trois aspects nous semblent particulièrement importants à prendre en compte: le *statut* des applications, leur *portée* et leur *fonctionnement*. Il nous semble nécessaire que l'utilisateur puisse à tout instant distinguer les applications actives de celles qui ne le sont pas, et facilement intervenir sur leur état. S'il souhaite comprendre la logique de l'application, il convient également de lui donner la possibilité de visualiser les interconnexions établies par les applications entre le produit et d'autres ressources. Il faut en effet qu'il puisse, du moins lors de la première utilisation des applications, délimiter les contours de l'écosystème qui s'articule autour d'elles pour éventuellement l'étendre ou le restreindre. Les différents mécanismes qui définissent le fonctionnement des applications doivent également être rendus visibles afin qu'ils soient perçus par l'utilisateur. Ce dernier est-il ainsi en mesure d'être informé de l'impact des applications sur les fonctions du produit ou sur les autres ressources mobilisées? Jusqu'à quel point peut-il configurer les règles ou modifier les paramètres sous-jacents aux mécanismes des applications?

Si, pour des raisons exceptionnelles, ces dernières ne sont pas en mesure de remplir leur rôle, du fait d'un problème de connectivité ou d'une panne survenant au niveau d'une ressource distante, comment les éventuels *dysfonctionnements* sont-ils communiqués? L'utilisateur a-t-il la possibilité de réitérer l'action d'une application rencontrant des erreurs? Dispose-t-il d'autres moyens pour régler le problème? Dans la mesure où les applications sont susceptibles d'être conçues par des développeurs tiers, il convient de s'assurer de leur comptabilité, ou au moins de prévenir les utilisateurs de leurs potentiels conflits.

2.2. Des besoins qui varient en fonction des situations

Si tous les critères précédemment détaillés doivent être envisagés au moment de la conception d'un produit augmenté par des applications, il paraît difficile de tous les satisfaire sans altérer l'expérience utilisateur que celui-ci pourra délivrer. En cherchant à rendre plus intelligible le comportement des applications, et par extension celui du produit, nous risquons en effet de mobiliser de manière excessive l'attention de l'utilisateur, en lui communiquant des informations dont il n'a pas forcément besoin dans le cadre de l'activité qu'il souhaite accomplir. Plutôt que de faire preuve d'une transparence totale, susceptible de gêner l'utilisateur ou le détourner de ses tâches, il nous paraît préférable d'adapter les informations transmises à l'utilisateur en fonction de ces attentes. En effet, ce dernier ne nous semble pas avoir besoin, lors de chaque manipulation du produit, d'observer, tracer et contrôler chaque aspect des applications. Si lors des premières utilisations, il cherchera vraisemblablement à comprendre le

fonctionnement des applications, nous faisons l'hypothèse qu'il leur accordera par la suite sa confiance et délèguera ainsi une certaine forme de contrôle. A l'instar des produits « traditionnels », non connectés, il est probable qu'il attende ainsi des produits augmentés qu'ils fonctionnent « correctement », ou qu'à défaut, ils communiquent les raisons de leurs dysfonctionnements et offrent des moyens d'intervenir sur les problèmes. Ce n'est à priori que de manière plus ponctuelle qu'il sollicitera le produit afin d'obtenir plus d'informations sur le fonctionnement des applications et de modifier leur configuration.

Nous proposons donc de considérer deux postures d'utilisation, nécessitant de développer un degré d'intelligibilité plus ou moins important et suscitant des problématiques différentes, récapitulées par le Tableau 20 et le Tableau 21. La première met en perspective leur usage par rapport aux activités du quotidien tandis que la seconde correspond à une situation où l'utilisateur souhaite administrer les applications qui augmentent un produit. Lors d'une utilisation courante et répétée du produit et de ses applications, nous pensons que l'utilisateur cherchera ainsi plus naturellement à observer l'offre d'applications et tracer leurs actions ou éventuels dysfonctionnements. Il attendra également du produit qu'il lui permette de contrôler rapidement le statut des applications, dont les paramètres sont déjà définis et dont la logique est bien connue. Pour atteindre un niveau d'intelligibilité satisfaisant, des modalités d'affichage et d'interaction, permettant de refléter l'état des applications et d'intervenir simplement sur une partie de leur fonctionnement, devront donc être envisagées. Ces aménagements devront être réalisés afin que l'utilisation des applications s'intègre au mieux dans le flux d'activités et ne constituent pas d'obstacles aux pratiques établies.

	Observer	Contrôler	Tracer
L'offre d'applications	Combien d'applications sont-elles déployées sur le produit?		
Le statut des applications	Quelles applications sont actuellement actives ?	Comment puis-je activer ou désactiver une application ?	L'application a-t-elle été correctement activée ou désactivée ?
La portée des applications			
Le fonctionnement des applications			Quelles actions ou fonctions ont-elles été déclenchées ou modifiées ?
Les éventuels dysfonctionnements	Les applications fonctionnent-elles correctement et sont-elles compatibles avec les autres ?		Quelles sont les causes du mauvais fonctionnement des applications ?

Tableau 20. Problématiques liées à une utilisation courante des applications.

A l'inverse, dans un contexte d'administration, nous envisageons que l'utilisateur souhaite modifier l'offre d'applications, ou prendre connaissance et intervenir sur les éléments spécifiques au fonctionnement de ces dernières. Il s'agira alors de lui donner la capacité d'observer et de contrôler les ressources et les mécanismes auxquels elles font appel. Révélée à l'utilisateur, la complexité des applications ne fait sens que dans une démarche d'installation, de reconfiguration ou d'appropriation. Il attendra du produit qu'il lui permette de personnaliser ses fonctions ou d'ajuster son comportement afin qu'il réponde mieux à ses besoins. Cette étape constitue également une opportunité d'expérimenter les applications en apprenant leur fonctionnement et en mesurant leur impact dans le monde physique. Cruciale, elle soulève cependant de nombreux enjeux techniques quant à la possibilité de tester de manière itérative des applications mobilisant d'autres produits ou déclenchées par des événements spécifiques. Elle nécessite également des modalités d'affichage et d'interactions permettant de communiquer à l'utilisateur un ensemble plus complexe d'informations.

	Observer	Contrôler	Tracer
L'offre d'applications		Comment ajouter ou supprimer une application ?	L'application a-t-elle été correctement ajoutée ou supprimée ?
Le statut des applications			
La portée des applications	Quelles ressources sont-elles interconnectées avec le produit?	Comment ajouter, modifier ou supprimer les interconnexions entre le produit et des ressources ?	Les interconnexions ont-elles été correctement ajoutées, modifiées ou supprimées ?
Le fonctionnement des applications	Quels sont les mécanismes et paramètres associés à chaque application ?	Comment modifier les mécanismes ou les paramètres d'une application ?	
Les éventuels dysfonctionnements		Comment régler un conflit entre deux applications ?	

Tableau 21. Problématiques liées à l'administration des applications.

3. PRINCIPES POUR LE DESIGN DE PRODUITS AUGMENTES

Lors de la première phase de conception des produits augmentés, le concepteur est amené à prendre en compte les critères d'intelligibilité précédemment décrits et à envisager les moyens à mettre en œuvre pour les satisfaire. Afin de s'assurer que les utilisateurs soient en mesure d'observer, de tracer et de contrôler les applications, il doit en effet considérer un enjeu majeur pour le design : celui de leur représentation. Cet enjeu doit selon nous être examiné au regard de la structure établie des produits, qui pourra, dans le cadre de l'utilisation d'outils de médiation, être préservée ou au contraire réaménagée par le designer. Ce dernier peut en effet saisir l'opportunité de redessiner la forme du produit afin de favoriser des interactions directes avec les applications. Afin de mieux comprendre les choix pouvant être pris par le concepteur lors du design des produits, nous proposons dans cette section une matrice de décision mettant en perspective quatre stratégies différentes, dont trois nous paraissent intéressantes à développer.

3.1. L'enjeu de représentation des applications

La Figure 62 représente, sous la forme d'une matrice de choix, les stratégies offertes au designer de produits augmentés pour adresser les critères d'intelligibilité des applications. Elle oppose deux approches de représentation des applications, qu'elle croise à deux types de structure de produit. Nous décrivons ci-dessous chacun des deux axes qui la composent.

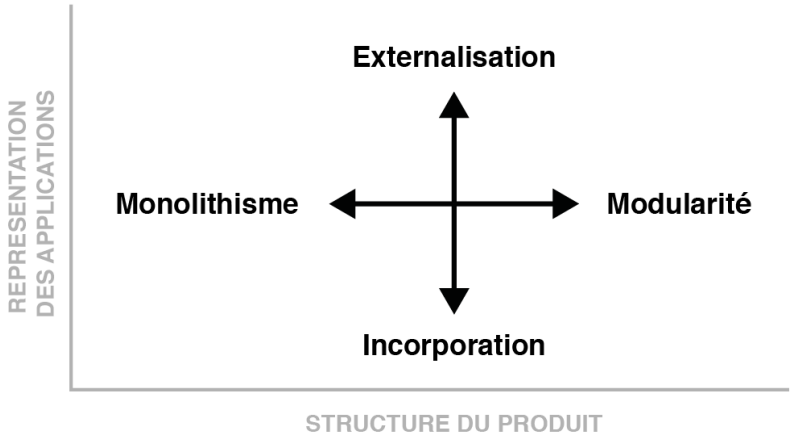


Figure 62. Point de tension pour le design de produits augmentés.

Une approche visant à *externaliser* les applications conduit le designer à représenter les applications au travers d'un autre support que le produit. Elle ne remet donc pas en cause les conventions établies de ce dernier, dans la mesure où elle n'a pas d'impact sur sa structure visible. Elle nécessite par conséquent la mise en place d'outils de médiation permettant aux utilisateurs de visualiser et d'interagir avec les applications. A l'inverse, une approche visant à *incorporer* les applications amène le designer à matérialiser ces dernières au travers de la structure du produit. Elle nécessite donc de redéfinir la forme et les modalités d'interactions du produit afin de refléter au mieux les spécificités des applications. Elle permet idéalement aux utilisateurs d'interagir directement avec les applications, qui revêtent alors une dimension tangible.

L'incorporation des applications dans les produits doit donc être envisagée au regard de la structure établie des produits. Si la plupart d'entre eux se caractérisent aujourd'hui par une structure unifiée ou *monolithique*, dont les limites sont clairement définies, il est possible d'envisager la séparation des fonctions de manière à ce qu'elles soient examinées ou utilisées indépendamment des unes des autres. Les structures *modulaires* se posent donc comme des alternatives intéressantes pour le designer, dans la mesure où elles permettent une logique combinatoire et la préhension d'éléments tangibles. Leur utilisation dans le domaine des interfaces tangibles, notamment dans le cadre de systèmes visant à faciliter la programmation de systèmes informatiques[142], constitue une source d'inspiration privilégiée qu'il convient de considérer.

[142] Plusieurs approches sont décrites dans à l'état de l'art dressé par McNerney (McNerney, 2004).

3.2. Stratégies possibles quant aux design de la forme et des interactions des produits

La matrice de choix que nous proposons permet de faire apparaître quatre stratégies résultant de l'approche adoptée quant à la représentation des applications et à la structure du produit. Elles reflètent une intégration plus ou moins « lâche » des applications des produits, et ont par conséquent un impact différent sur ses dimensions. Elles impliquent également des modalités formelles et interactionnelles spécifiques. Parmi ces quatre, trois nous semblent intéressantes à explorer. Elles sont illustrées dans la Figure 63.

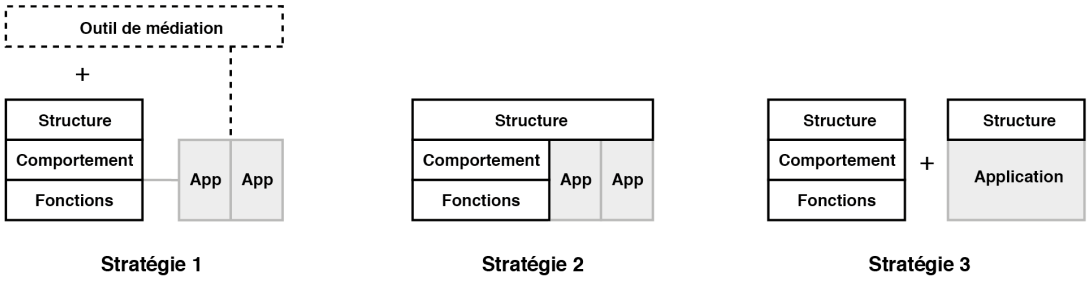


Figure 63. Stratégies pour le design de la forme et des interactions des produits.

La Figure 63 se compose de trois schémas illustrant les stratégies possibles quant à la représentation des applications. Les produits augmentés sont matérialisés par des rectangles noirs composés de plusieurs « strates ». Les applications (ou App) sont représentées par des rectangles grisés se substituant aux strates « comportement » et « fonctions », et s'intégrant différemment dans les produits.

La *première stratégie* conduit le designer à privilégier une représentation externe des applications. Elle implique de communiquer ces dernières à l'utilisateur par le biais d'interfaces graphiques développées pour des supports particuliers, qui devront être utilisés en conjonction du produit. Les terminaux constituent de ce fait des outils de médiation quasi-universels, du fait de leur large pénétration dans le marché et de leur portabilité. Des interfaces dédiées peuvent également être développées pour des lunettes informatives, qui permettront de superposer les représentations graphiques des applications sur le réel[143]. Cette stratégie conduit donc à préserver la structure établie des produits, que nous considérons, dans la majorité des cas, comme monolithique. Bien qu'il soit possible d'envisager une stratégie combinant une

[143] Nous faisons ici référence aux systèmes de réalité « mixte » tels que définis par Milgram (Milgram et al., 1994).

représentation externe et une structure modulaire, elle ne nous paraît extrêmement contraignante et déroutante pour l'utilisateur. Nous faisons donc le choix de l'écarter.

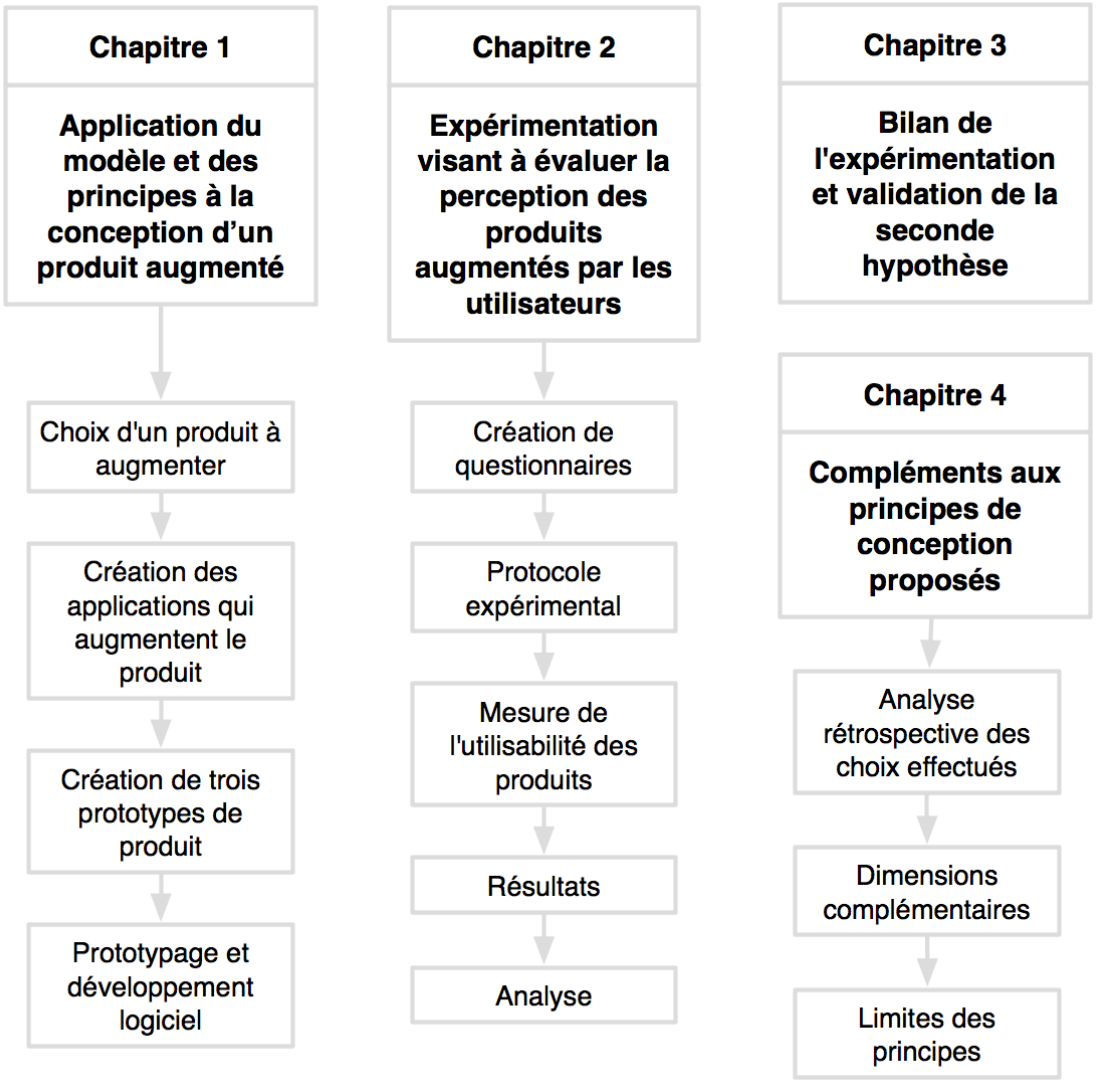
Deux stratégies alternatives amènent à incorporer les applications dans la structure du produit, et à intervenir de manière plus ou moins prononcée sur ses limites. La *seconde stratégie* vise ainsi à matérialiser les applications au même titre que les fonctions du produit. Elle nécessite de repenser l'interface utilisateur de ce dernier afin qu'elle offre un retour visuel des applications, ainsi que des moyens d'interagir avec elles. Il s'agit de travailler à l'agencement des fonctions, en tenant compte du caractère dynamique des applications. Ces dernières ne peuvent en effet être totalement anticipées par le designer, qui doit envisager des modalités d'entrée et de sortie suffisamment génériques pour permettre un large scope d'applications. Des interactions utilisant la voix, des gestes et le toucher peuvent notamment être développées.

La *troisième stratégie* poursuit l'approche d'incorporation des applications dans la structure du produit en faisant cependant « éclater » ses limites. Les fonctions initiales du produit et les applications sont ainsi chacune matérialisées par une forme distincte, choisie par le designer pour refléter leurs spécificités. Les applications revêtent alors une dimension tangible, dans la mesure où elles sont associées à un module physique clairement identifiable. Leur intégration au produit peut donc nécessiter la création d'un module dédié, ou l'élaboration de techniques permettant de les instancier sur un module existant. Il s'agira ensuite d'envisager des dispositifs d'affichage communiquant de manière dynamique à l'utilisateur la nature de chaque module et leurs éventuelles « réassignation ». De manière plus globale, l'utilisateur n'est donc pas confronté à une interface utilisateur unifiée, qui nécessite certains types d'actions, mais à une interface tangible qui invite à la composition et à l'association. La lecture du produit diffère donc, elle passe ici par la reconnaissance des agencements des différents modules.

Chacune de ces stratégies présente des avantages et des inconvénients que nous proposons d'identifier au travers d'un cas d'étude concret. Il nous semble en effet nécessaire d'explorer, par la pratique, les principes de conception qui sous-tendent chaque stratégie. Ce n'est qu'après avoir évalué les résultats qu'elles produisent que nous pourrons valider nos propositions et dresser des recommandations.

🗐 **La partie du modèle descriptif concernant les applications augmentant les produits et les principes relatifs à la conception de ces derniers est appliquée dans la partie suivante. Cette dernière marque le début de la phase d'opérationnalisation de notre processus de recherche.**

PARTIE VI. OPERATIONNALISATION DU MODELE ET DES PRINCIPES PROPOSES



Nota Bene : Dans cette partie, et dans la suivante, nous continuerons à employer le vocabulaire précédemment proposé. Nous nous focaliserons sur les *produits augmentés*, capables de déployer ou d' « instancier » des *applications* intervenant sur l'*offre fonctionnelle*. Ces dernières permettent toujours des interconnexions avec des *ressources* (produits ou services Web).

Chapitre 1 : Application du modèle et des principes à la conception d'un produit augmenté

Nous proposons de mettre en œuvre les principes proposés lors de la phase de modélisation afin d'apporter une réponse à la problématique P2 de notre recherche. Nous souhaitons en effet, par le biais d'un cas d'étude, explorer l'hypothèse H2 selon laquelle des aménagements formels et interactionnels sont nécessaires pour garantir l'intelligibilité des applications. Les trois stratégies précédemment identifiées ont ainsi été explorées au travers de la conception de trois prototypes de produits augmentés. Afin d'ancrer notre production dans un cas d'usage représentatif de l'Internet des Objets, nous avons opté pour le redesign d'un produit existant : le réveil. Dans ce chapitre, nous expliquons les raisons de ce choix et présentons les applications qui ont été imaginées à partir des fonctions traditionnellement établies. Nous décrirons également les spécificités de chaque prototype et la manière dont ils ont été implémentés pour être expérimentés par des utilisateurs.

1. CHOIX D'UN PRODUIT A AUGMENTER

Le réveil, radio-réveil, ou réveil-matin, est un produit idéal à augmenter. Ses fonctions, fournir l'heure, déclencher une alarme à un instant « t » et/ou diffuser la radio, sont peu nombreuses et faciles à appréhender pour l'utilisateur. Elles répondent à un besoin universel: celui de maîtriser l'heure de son réveil. Nécessaire, ce produit articule de fait le début de la journée. Son utilisation est suivie de nombreuses tâches (se laver, s'habiller, se nourrir, s'informer, etc.) susceptibles d'être optimisées ou supportées par des applications. Des interconnexions avec des services Web ou des produits peuvent donc facilement être imaginées et mises en perspective dans le quotidien des utilisateurs.

Ce produit souffre néanmoins une certaine obsolescence. En fonction des spécificités de l'interface utilisateur autour de laquelle il est conçu, ainsi que des possibilités offertes par le système embarqué, la programmation de ses fonctions peut apparaître fastidieuse. L'intégration de la fonction alarme dans les téléphones mobiles, sous la forme d'une application, a ainsi conduit de nombreux utilisateurs à réduire ou renoncer à l'usage de leur réveil. Plus simples à paramétrer, utilisables dans n'importe quel environnement, moins volumineux, les terminaux mobiles concurrencent ce produit, qui reste néanmoins très répandu dans les foyers. L'ajout d'applications sur le réveil traditionnel permettrait d'améliorer ses fonctions, et ainsi redonner sa place au produit.

Le contexte dans lequel intervient le réveil, celui de la chambre à coucher, est également intéressant à investir. A l'inverse des autres pièces de la maison, c'est un espace qui est souvent

exempt de technologies, malgré l'introduction récente des terminaux. Travailler sur le réveil permet ainsi de traiter de manière plus générale la question de l'adoption des applications, et d'appréhender les enjeux d'interaction. Généralement posé sur une table de nuit ou à même le sol, ce produit induit en effet une posture particulière (l'utilisateur est souvent allongé), qui génère des contraintes. Cette prise en compte du contexte d'utilisation est selon nous cruciale dans la création de produits augmentés.

L'exemple du réveil augmenté a plusieurs fois été utilisé par des chercheurs, dans le cadre de publications ou pour décrire des projets européens. Il a également été utilisé pour illustrer les potentialités et la valeur ajoutée des applications orientées produit auprès du grand public. En janvier 2012, la commission européenne a ainsi lancé une consultation publique[144] en proposant trois scénarios d'usage vidéo, dont l'un d'eux eux[145] s'articule autour du réveil. En juin 2012, lors de la conférence « Google I/O », Google a également choisi ce produit pour matérialiser la nouvelle version de son kit de développement pour le système d'exploitation Android[146]. Pour toutes ces raisons, nous pensons que le réveil constitue un cas d'étude particulièrement riche, et se pose comme un produit emblématique et iconique de l'Internet des Objets.

2. CREATION DES APPLICATIONS QUI AUGMENTENT LE PRODUIT

Six applications augmentant les fonctions du produit ont été imaginées. Elles s'articulent toutes sur une interconnexion de ce dernier avec des services Web. Il nous a en effet paru plus intéressant de confronter l'échantillon d'utilisateurs à des applications ayant un impact sur l'expérience délivrée par le produit, plutôt qu'à celles déclenchant les fonctions d'autres produits ou services Web[147]. C'est pourquoi nous avons privilégié des mécanismes grâce auxquels des connaissances sont mobilisées pour adapter le comportement du réveil et délivrer de nouveaux types de contenus.

Nous avons volontairement choisi de proposer des applications au fonctionnement très simple, susceptibles d'être rapidement comprises par les utilisateurs. Dans le cadre de cette expérimentation, nous ne cherchons pas à mesurer la perception de l'utilité, mais la capacité des utilisateurs à observer, tracer et contrôler les applications. Ces dernières, récapitulées dans le Tableau 22, interviennent au niveau de la fonction alarme du réveil. Certaines modifient les réglages de l'heure de l'alarme ou les modalités du réveil tandis que d'autres se déclenchent une

[144] http://ec.europa.eu/yourvoice/ipm/forms/dispatch?form=IoTGovernance

[145] http://www.youtube.com/watch?v=kq8wcjQYW90&feature=related

[146] https://developers.google.com/events/io/sessions/gooio2012/128/

[147] L'application 5 illustre néanmoins ce type d'interconnexion.

fois qu'elle a été stoppée par l'utilisateur. Elles correspondent donc à trois temporalités différentes: avant, pendant et après le réveil.

Bien que limitées, les applications illustrent l'opportunité de gagner du temps en automatisant les réglages (application 1), d'anticiper ou de percevoir des événements externes (application 2 et 6) ou de tirer parti de services Web pour personnaliser l'expérience (application 3, 4, 5). Elles ont vocation à être modifiées, améliorées ou remplacées par d'autres applications, en fonction des attentes ou des besoins des utilisateurs.

	Nom	Description	Type	Mécanismes
1	Agenda	Règle automatiquement l'heure de l'alarme en fonction de l'agenda électronique.	Réglages de l'alarme	Mobiliser des connaissances, définir un comportement
2	Trafic	Décale ou avance l'heure de l'alarme en fonction du trafic routier.	Réglages de l'alarme	Mobiliser des connaissances, définir un comportement
3	Radio	Lance la station radio favorite au moment du réveil.	Modalités du réveil	Délivrer des contenus
4	Podcast	Lance le podcast d'une émission économique plutôt que la radio au moment du réveil.	Modalités du réveil	Délivrer des contenus
5	Facebook	Poste un message sur le réseau social au moment du réveil.	Déclenchement après l'arrêt de l'alarme	Définir un comportement
6	Météo	Lit les prévisions météo de la journée au moment du réveil.	Déclenchement après l'arrêt de l'alarme	Délivrer des contenus

Tableau 22. Récapitulatif des applications imaginées.

3. CREATION DES TROIS PROTOTYPES DE PRODUIT

Les applications précédemment décrites ont été déployées sur trois prototypes de produit, dont la forme et les interactions ont été aménagées afin de les communiquer aux utilisateurs. Chaque prototype reflète des choix différents quant à l'incorporation des applications et à la structure du produit, et varient par conséquent dans leurs modalités d'interactions. Ils correspondent chacun à une stratégie mise en évidence dans le chapitre sur les principes de conception des produits augmentés. Ils développent une esthétique triangulaire proposée par Camille Lefer lors de son stage aux Bell Labs, inspirée des travaux de Gorbet et al.[148] (Gorbet et al., 1998). Le Tableau 23 récapitule les spécificités de chaque produit, également mises en

[148] En particulier du kit de construction « Triangles », qui se composent de modules triangulaires pouvant être assemblés par les utilisateurs pour interagir avec des informations complexes.

perspective par la Figure 64. La Figure 65, la Figure 66 et la Figure 67 illustrent chacun des produits.

Produit	Matérialisation des applications	Structure	Type d'interaction
1	Représentation externe	Monolithique	Interface graphique (outil de médiation)
2	Incorporation	Monolithique	Contact
3	Incorporation	Modulaire	Combinaison

Tableau 23. Récapitulatif des produits.

Figure 64. Modalités d'interaction propres à chaque produit.

Le premier prototype de produit, auquel nous nous référerons comme le « produit 1 », n'incorpore pas les applications dans la structure du produit, qui reste monolithique. Il s'appuie sur un réveil existant, disponible dans le commerce, dont le système embarqué a été détourné ou « hacké » pour pouvoir héberger des applications. Il est complété dans un outil de médiation permettant de représenter et de contrôler avec ces dernières, par le biais d'une interface graphique conçue pour tablette ou téléphone portable. Cette dernière organise les applications selon leur statut (actif ou inactif) et selon l'aspect de la fonction sur laquelle elles s'appuient (l'heure de l'alarme, ses modalités et l'événement correspondant à son arrêt). Chacune d'entre elle est représentée par un icône et peut être activée par un simple « clic ». La partie visible du produit (coque, écran, boutons) n'a pas été modifiée, elle reflète certains standards de forme et d'interface utilisateur dans le design des réveils.

Le deuxième prototype de produit (ou « produit 2 ») est également construit sur une structure monolithique, mais représente les applications de manière interne. Il découle d'un travail de redesign, ayant mené à la création d'un nouveau produit. Les applications y sont matérialisées par des modules motorisés, placés sur la face supérieure du produit. Leur position permet de représenter le statut des applications (activé ou désactivé), qui peut être modifié par un simple toucher. Il est donc possible d'interagir directement avec les applications, sans

l'intermédiaire d'un terminal. Les mêmes icônes que ceux utilisés pour le produit 1 habillent chacun des modules, afin de permettre de les distinguer. Ces derniers sont également organisés de manière à refléter leurs types (les modules intervenant sur l'aspect de la fonction « alarme » sont placés face à face). A l'instar d'un réveil traditionnel, le produit est doté d'un écran et de boutons permettant d'allumer et d'éteindre la radio, de voir l'heure de l'alarme, et d'un module permettant d'activer ou non l'alarme.

Le troisième prototype de produit (ou « produit 3 ») présente une structure modulaire couplée à une incorporation des applications. Il a également été créé de toute pièce pour les besoins de cette expérimentation. Les applications sont matérialisées sous la forme de modules dédiés destinés à être combinés avec des modules « nœuds ». Pour activer des applications, il suffit alors de mettre en contact un ou plusieurs modules « application » avec le module « nœud» correspondant au même type. A l'inverse, il suffit d'écarter un module pour désactiver l'application qu'il représente. A l'instar du produit 2, des icônes habillent chacun deux. Un écran d'affichage indépendant des modules complète enfin le produit. Il est notamment utilisé pour communiquer l'heure.

Figure 65. Produit 1.

Figure 66. Produit 2.

Figure 67. Produit 3.

4. PROTOTYPAGE ET DEVELOPPEMENT LOGICIEL

Les trois prototypes de produit ont été réalisés au sein des Bell Labs dans une démarche de prototypage rapide. Ils ont nécessité des développements matériels et logiciels importants, néanmoins facilités par l'utilisation de la plateforme Arduino[149] et du langage Processing[150].

Arduino se compose d'une interface entrée/sortie pouvant être programmée à l'aide d'un environnement de développement en langage Wiring[151] (basé sur une version simplifiée du langage C). Cette plateforme a permis la création des systèmes embarqués nécessaire au fonctionnement des produits, tant sur le point de vue électronique qu'informatique. Le microprocesseur intégré à la carte Arduino rend en effet possible le pilotage des composants électroniques nécessaires à la création de l'interface utilisateur, qui est ici principalement constituée de boutons et d'un écran à LED. Il facilite également la communication avec un ordinateur en permettant de transmettre des données au travers d'un bus de communication de type série. Le design ouvert d'Arduino, son faible coût et l'importante communauté de développeurs travaillant avec cette plateforme en font un outil particulièrement adapté à la création de produits augmentés.

Nous avons également utilisé le langage Processing, et l'environnement de programmation avec lequel il est distribué, pour développer les composants logiciels nécessaires à la création des applications augmentant les produits. Nous avons créé un programme gérant l'envoi et la réception de commande entre un ordinateur et les cartes Arduino. Il permet d' « abstraire » les fonctions et les événements liés aux actions des utilisateurs et de les représenter au travers d'une interface graphique. Cette dernière reflète en temps réel l'état du produit, et facilite la programmation des différentes fonctions[152]. Les applications s'appuient sur les événements déclarés et gérés par le programme pour intervenir sur les fonctions des produits. Un lanceur d'application a enfin été enfin implémenté afin de prendre en charge les conflits causés par l'activation simultanée des mêmes fonctions. Afin de minimiser le temps de développement et de faciliter les conditions d'expérimentation, aucune passerelle entre les applications et les services Web n'a été développée. La logique des applications et les contenus qu'elles délivrent[153] ont donc été spécifiés dans le programme afin de pouvoir être facilement modifiés pour les besoins des tests. Nous considérons que le fait d'avoir simulé une partie des applications n'a cependant pas eu d'impact sur l'expérience perçue par les utilisateurs, et par extension sur les résultats collectés.

---

[149] http://www.arduino.cc

[150] http://www.processing.org

[151] http://www.wiring.org.com

[152] Elle a notamment été utilisée par les utilisateurs pour interagir avec le produit 1.

[153] C'est notamment le cas des fichiers sons et des prévisions météo.

Le Tableau 24 récapitule les principaux composants et librairies qui ont été utilisés pour réaliser les trois produits. Le type de microcontrôleur varie suivant la puissance de calcul nécessaire et l'espace disponible pour intégrer la carte[154]. Le premier produit ne mobilise qu'une seule carte pour mesurer et simuler les pressions effectuées sur les interrupteurs du réveil. Deux cartes ont par contre été nécessaires dans le cas du deuxième produit: une permet de gérer les capteurs capacitifs et les LEDs placés dans les modules représentant les applications tandis que l'autre prend en charge le pilotage des moteurs. Les modules « nœuds » du troisième produit sont quant à eux construits autour d'une déclinaison miniature de la carte Arduino et d'un blindage spécifiquement créé pour permettre à cette dernière de s'interfacer avec un module radio[155]. Ils s'appuient sur un montage de diviseur de tension pour identifier les modules auxquels ils sont raccordés[156]. Hormis le produit 1, qui se constitue d'un réveil manufacturé, la coque des autres produits a été réalisée en carton rigide.

	Produit 1	**Produit 2**	**Produit 3**
Type de carte Arduino	1x Arduino Uno	2x Arduino Mega	1x Arduino Mega 3x Seeeduino Film
Affichage	Réveil Phillips AJ3112	Comfile SGN 7 segments	Comfile SGN 5 segments
Composants	2 x multiplexeurs CD74HC	7 x servomoteurs Hitec HS-55 7x LED 10mm 45° 1x registre à décalage 74HC595 7 x capteurs capacitifs spécifiques	4 x Module RF Digital 21733 1 x Blindage spécifique
Librairies Arduino	-	Capsense Servo Time TimeAlarms	Capsense Servo Time TimeAlarms
Librairies Processing	Minim Ani ControlP5	Minim Ani ControlP5	Minim Ani ControlP5

Tableau 24. Composants matériels et logiciels utilisés pour chaque produit.

[154] Nous avons le plus souvent dissimulé l'électronique sous le support sur lequel sont posés les produits.

[155] Ce blindage a été conçu et prototypé par Robert Huynh lors de son stage aux Bell Labs.

[156] Deux rondelles mécaniques placées sur chaque côté des modules transmettent le courant afin de permettre la mesure de la tension.

Chapitre 2 : Expérimentation visant à évaluer la perception des produits augmentés par les utilisateurs.

Dans le cadre de cette nouvelle expérimentation, nous avons souhaité étudier la manière dont les utilisateurs perçoivent l'expérience délivrée par les trois prototypes de réveil augmenté que nous avons conçus. Nous nous sommes attachés à vérifier si les stratégies employées pour représenter les applications ont une influence sur la capacité des utilisateurs à observer, tracer et contrôler les applications. Nous avons également cherché à mesurer l'appréciation qu'ont les utilisateurs des aménagements formels et interactionnels réalisés, et plus largement de l'intérêt que suscite chacun des produits. Afin de répondre à ces questions, nous avons élaboré des outils permettant l'évaluation de l'utilisabilité des différents prototypes. Ces derniers sont utilisés pour conduire un test durant lequel les utilisateurs sont amenés à réaliser une série de tâches et à interagir avec les produits. Les mesures quantitatives et qualitatives collectées nous permettent alors de mettre en perspective les qualités de chacun de ces derniers et de faire surgir ou valider certains enjeux rencontrés par le designer.

1. CREATION DE QUESTIONNAIRES PERMETTANT L'EVALUATION DES PROTOTYPES PRODUITS

Deux questionnaires ont été élaborés afin de permettre l'évaluation par des utilisateurs des prototypes réalisés. Le premier questionnaire est conçu pour générer des interactions avec les différents prototypes. Il s'articule autour de tâches amenant les utilisateurs à expérimenter certaines fonctions et applications des produits. Le second questionnaire vise à recueillir leur avis à l'issue du test. Tous deux visent à mesurer leur capacité à observer, tracer et contrôler les applications et à étudier leur perception de la forme et des interactions du produit. Nous les décrivons plus en détail dans cette section.

1.1. Questionnaire de tâches

Cinq tâches ont été imaginées à partir des applications sélectionnées. Elles ont été créées afin d'amener les utilisateurs à se confronter à chacun des produits et à appréhender la manière dont les applications y sont intégrées. Elles les conduisent à observer le statut ou le fonctionnement des produits, ainsi qu'à les manipuler, selon une trame spécifique. En suivant ces tâches, ils sont en mesure d'expérimenter les applications et leurs effets sur les fonctions des produits. Ils peuvent alors comparer l'expérience délivrée par chaque produit, et mettre en perspective les choix de design pris pour permettre les interactions avec les applications.

Présentées sous la forme de questions, les tâches adressent les trois critères d'intelligibilité et de contrôle précédemment présentés. Elles visent à s'assurer que les utilisateurs sont en mesure d'observer l'offre fonctionnelle des produits et le statut des applications (question 1), à tracer les conséquences d'une action effectuée par une application (question 2) ou par les utilisateurs (question 5[157]) et à contrôler une fonction des produits ou les applications (questions 3 et 4). Elles ont été utilisées pour chaque produit. Afin de s'assurer que les utilisateurs ne reportent pas les mêmes réponses d'un produit à un autre, nous avons néanmoins modifié les configurations des applications (statuts, information délivrée, conflits potentiels) de manière que l'expérience diffère. Les réponses attendues pour chaque question varient donc, comme l'illustre le Tableau 25.

Trois questionnaires, correspondant à la déclinaison des tâches pour les trois produits, ont été mis en page sur une feuille A4 distribuée aux utilisateurs. Dans le cas des questions 1, 2, 3 et 5, un espace a été prévu afin de recueillir les réponses de ces derniers et de s'assurer de leur bonne compréhension.

N°	Questions	Produit 1	Produit 2	Produit 3	Thème
1	Observez la configuration du produit. Quelles applications sont actives ?	Agenda, trafic, radio, météo	Agenda, podcast, météo	Agenda, radio, météo	Observer
2	Mon meeting de demain vient d'être annulé. Cela a-t-il un impact sur l'heure à laquelle je serai réveillé(e) ?	Oui	Oui	Non	Tracer
3	C'est l'heure du réveil. Quelle température fera-t-il aujourd'hui ?	22°	25°	18°	Contrôler
4	Configurer le produit pour que les applications suivantes (et seulement elles) soient actives : […]	Agenda, trafic, podcast météo	Trafic, podcast, Météo	Agenda, podcast, météo	Contrôler
5	Est-il possible d'activer les applications […] en même temps ?	Facebook, météo Non	Podcast, radio Non	Agenda, trafic Non	Tracer

Tableau 25. Questionnaire de tâches.

[157] Bien qu'elle soit formulée autour de la capacité des utilisateurs à tracer l'information délivrée par l'application météo, cette tâche a été utilisée pour mesurer leur facilité à éteindre l'alarme. La température est en effet lue par synthèse vocale après l'intervention de l'utilisateur.

1.2. Questionnaire de satisfaction

Un questionnaire a été imaginé afin d'étudier la manière dont les utilisateurs ont perçu la qualité de l'expérience délivrée par chaque produit. Il se compose de 12 affirmations, récapitulées dans le Tableau 26 et d'une échelle de Likert à 6 points permettant de mesurer l'agrément des utilisateurs. Certaines visent à mesurer la facilité avec laquelle ceux-ci observent (questions 1 et 2), tracent (questions 2 et 3) et contrôlent (questions 4 et 5) les applications. D'autres explorent des dimensions plus générales: l'appréciation de la forme (questions 7 et 8), des interactions (questions 9 et 10) et de l'utilité des applications (questions 11 et 12). La formulation d'une question sur deux a été inversée afin de limiter les éventuels biais causés par un remplissage trop rapide du questionnaire. Ce dernier a enfin été créé à l'aide de la plateforme Google Documents et rempli à trois reprises par les utilisateurs sur un ordinateur portable.

N°	Affirmation	Thème
1	Je sais combien d'applications augmentent le produit.	Observer
2	Je trouve qu'il est difficile de savoir quelles applications sont actives ou non.	Observer
3	Je comprends les événements et comportements liés aux applications lorsqu'ils se produisent.	Tracer
4	Le produit m'aide à savoir si des applications sont en conflits ou ne peuvent être activées en même temps.	Tracer
5	Je peux facilement activer/désactiver une application du produit.	Contrôler
6	Je suis limité dans la manière de personnaliser les applications du produit.	Contrôler
7	Je trouve la forme du produit bien conçue.	Forme
8	La forme du produit n'est pas du tout esthétique.	Forme
9	Les interactions proposées par le produit me semblent naturelles, évidentes à réaliser.	Interactions
10	Je ne me vois pas interagir au quotidien avec ce produit.	Interactions
11	Je trouve inutiles les applications proposées par le produit.	Désirabilité
12	J'ai envie d'acheter ce produit.	Désirabilité

Tableau 26. Questionnaire de satisfaction.

2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Dans le cadre de cette expérimentation, notre analyse s'appuie sur les éléments observés ou recueillis dans le cadre de la manipulation de chaque produit par un échantillon d'utilisateurs. Si nous n'attendons pas de ces derniers de compétences particulières, nous avons veillé à constituer un panel capable d'appréhender le concept de produit augmenté par des applications. Nous décrivons dans cette section de manière plus spécifique le profil des

utilisateurs, la procédure appliquée et les problématiques liées à l'évaluation des tâches accomplies.

2.1. Echantillon

Vingt et un utilisateurs (m=33,28; σ=7,78) ont été recrutés au sein des Bell Labs afin d'évaluer l'expérience utilisateur des prototypes de produits développés. A l'instar de l'expérimentation 3, cet échantillon a rassemblé des chercheurs, des doctorants et des stagiaires issus de différentes domaines de recherche (multimédia, sécurité, interaction homme-machine).

De par la nature de leurs travaux et leurs connaissances des applications Web ou mobile, les utilisateurs n'ont pas eu de difficultés à appréhender le concept de produit augmenté. Cinq d'entre eux ayant spécifiquement travaillé sur l'Internet des Objets du point de vue de l'infrastructure technique, nous les considérons ici comme des utilisateurs avancés. Ils disposent de connaissances relatives aux applications développées dans le milieu académique ou dans l'industrie, à l'inverse des autres utilisateurs, qui n'ont aucune expertise sur le sujet. Aucun d'eux ne possédait de produits connectés ou augmentés au moment de l'expérimentation.

Dans le cadre de cette expérimentation, nous nous sommes particulièrement intéressés à la manière dont les utilisateurs s'appuient sur des produits pour se réveiller le matin. La majeure partie de l'échantillon (52%) utilise la fonction alarme fournie par un téléphone, tandis que l'autre (43%) dispose d'un produit dédié. Un seul testeur a déclaré n'utiliser aucun système technique, préférant être réveillé par sa compagne.

2.2. Conditions

Nous avons invité les utilisateurs à s'installer autour d'une table sur laquelle étaient disposés et numérotés les trois prototypes de produits. Nous avons rapidement introduit les opportunités offertes par l'Internet des Objets, en mettant l'accent sur la possibilité de rajouter de nouvelles fonctions aux produits par le biais d'applications. Les prototypes ont ensuite été présentés comme trois déclinaisons d'un même produit, offrant une forme et des interactions différentes, mais délivrant les mêmes fonctions. Une notice détaillant en une phrase les applications implémentées dans le cadre de cette expérimentation a permis aux utilisateurs de mieux comprendre la manière dont les produits étaient augmentés. Illustrée dans la Figure 68, elle a également servi de support tout au long du test. Elle a facilité la lecture des différents pictogrammes représentant les applications par les utilisateurs.

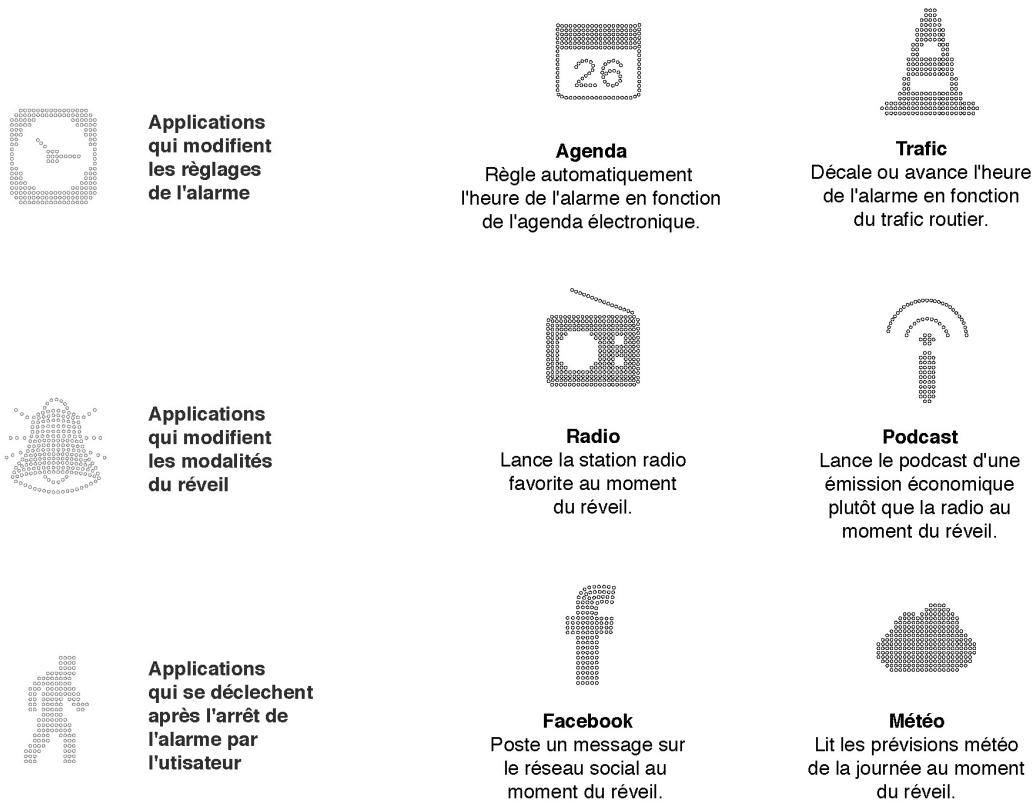


Figure 68. Notice remise aux utilisateurs et détaillant les applications.

Nous avons ensuite distribué aux utilisateurs le questionnaire de tâches. Afin d'éviter les biais liés à un éventuel effet d'apprentissage, nous avons fait varier l'ordre selon lequel ces derniers étaient confrontés aux produits. Trois groupes ont été constitués selon un carré latin, présenté dans le Tableau 27. Il a été demandé aux utilisateurs de lire les questions à haute voix et de fournir une réponse écrite à chacune d'entre elles afin de les évaluer. Le temps nécessaire pour accomplir les tâches 1 et 4, correspondant à l'observation des applications actives et à leur contrôle, a été mesuré. Nous avons chronométré les utilisateurs à partir du moment où ils finissaient de lire la question, jusqu'à celui où ils terminaient d'inscrire leur réponse sur le questionnaire. Un enregistrement vidéo a également été effectué dans le cadre de la question 4 afin de garder une trace des interactions des utilisateurs avec les produits. Les événements remarquables ont été observés et notés tout au long de l'expérimentation.

Produits	Ordre du groupe 1	Ordre du groupe 2	Ordre du groupe 3
1	1	3	2
2	2	1	3
3	3	2	1

Tableau 27. Ordre selon lequel les utilisateurs ont expérimenté les produits.

A l'issue du test, nous avons demandé aux utilisateurs de commenter librement chacun des produits et de nous préciser lequel des trois ils aimeraient utiliser au quotidien. Nous avons enregistré les remarques, critiques ou suggestions à l'aide d'un microphone afin de faciliter leur retranscription.

3. MESURE DE L'UTILISABILITE DES PROTOTYPES

La mesure de l'utilisabilité des prototypes réalisés nous permet d'évaluer les stratégies employées par le designer quant à la représentation des applications et à la forme et aux interactions des produits. A l'instar de l'expérimentation menée afin d'étudier la perception des types d'applications (Partie IV, Chapitre 3), nous proposons donc de collecter des données relatives à l'efficacité, l'efficience et la satisfaction des utilisateurs. Dans cette section, nous rappelons la spécificité de chacun de ces critères et revenons sur la manière dont nous avons mené nos observations.

3.1. Efficacité et efficience

Le questionnaire de tâches élaboré nous permet de mesurer de manière quantitative la capacité des utilisateurs à accomplir des actions au travers des produits (l'*efficacité*) et l'effort requis pour atteindre le résultat (l'*efficience*). Ces deux critères permettent donc de mesurer le degré selon lequel les utilisateurs arrivent à utiliser les produits et les applications qui les augmentent dans un contexte donné. Ils indiquent leur degré de compréhension et nous permettent par extension d'apprécier la pertinence des principes appliqués lors de la conception de chaque produit.

3.2. Satisfaction et perception de l'utilité

S'il nous semble difficile de mesurer de manière quantitative le ressenti de l'utilisateur quant à la forme et aux interactions proposées par chaque produit, nous espérons collecter des données à partir du questionnaire de satisfaction. Nous proposons également de laisser les

utilisateurs s'exprimer librement au cours de courts entretiens visant notamment à obtenir un éclairage sur la perception de l'utilité de chaque produit.

3.3. Mesure des succès

Dans le cadre de cette expérimentation, nous considérons une tâche comme achevée dès lors qu'un testeur a inscrit la réponse que nous attendions dans le questionnaire. Cette dernière reflète en effet sa capacité à observer le statut des applications ou à tracer des événements spécifiques. Dans le cas de tâches nécessitant une manipulation de la part du testeur, nous avons observé le résultat de ses interactions. Si il ou elle a réussi à éteindre l'alarme (question 3) et à configurer les applications selon les consignes délivrées (question 4), nous considérons la tâche comme achevée. Nous pouvons alors parler de succès. A l'inverse, l'absence de réponse, ou la mauvaise interprétation ou manipulation du testeur sont considérés comme des échecs. A l'inverse de l'expérimentation 3, et compte-tenu de la simplicité des tâches proposées, les *échecs* et les *erreurs* sont ici considérés de la même manière.

Les spécificités du second prototype de produit nous ont néanmoins conduits à considérer certaines tâches à priori non achevées comme des succès. En effet, les applications sont représentées au travers de ce produit sous la forme de modules motorisés, dont la position indique leur statut. Durant l'expérimentation, nous avons observé que plusieurs utilisateurs développaient une logique de lecture inversée à la nôtre. Ils ont ainsi considéré comme actifs les modules placés en position basse, comme s'il s'agissait de boutons poussoirs, alors que nous les envisageons comme inactifs. Le sens de lecture ayant un impact sur les questions 1, 4 et 5, nous avons choisi de considérer les réponses des utilisateurs comme valides, dès lors qu'elles étaient cohérentes avec leur logique. Au-delà de l'évaluation des choix pris pour représenter les applications, nous cherchons, à travers ces tâches, à mesurer la capacité des utilisateurs à distinguer deux états. Nous reviendrons néanmoins sur les difficultés générées par le design des modules dans l'analyse des résultats.

4. RESULTATS

Les utilisateurs ont accompli avec succès 81% (σ=8,51) des 15 tâches proposées durant l'expérimentation. Ils n'ont, en moyenne, pas complété trois d'entre elles (m=2,9; σ=1,28). Il a fallu un peu plus de 25 secondes (m=25,71; σ=10,43) aux utilisateurs pour compléter les tâches 1 et 4. Afin de comparer les résultats collectés pour chacun des trois prototypes de produits, nous avons effectué une ANOVA à un facteur. Elle permet de mesurer la variance, c'est-à-dire

la dispersion des données autour de leur moyenne[158]. Ce test statistique montre tout d'abord que l'ordre selon lequel les utilisateurs ont manipulé les trois produits n'a pas eu d'influence sur les résultats mesurés ($p>.05$). Il révèle également une différence significative dans la mesure de l'efficacité ($F(2,40)=22,35$; $p<.001$) et de l'efficience ($F(2,40)=4,39$; $p<.05$), dont les données sont présentées dans la Figure 69 et la Figure 70. Les résultats du questionnaire de satisfaction ne sont à l'inverse pas statistiquement significatifs. Une seule différence apparaît dans les questions 3 et 4, portant sur la traçabilité des applications ou de leurs événements ($F(2,40)=9$; $p<.001$). Nous n'avons donc pas utilisé les données issues du questionnaire pour analyser la manière dont les utilisateurs ont observé, contrôlé et tracé les applications au travers des trois produits.

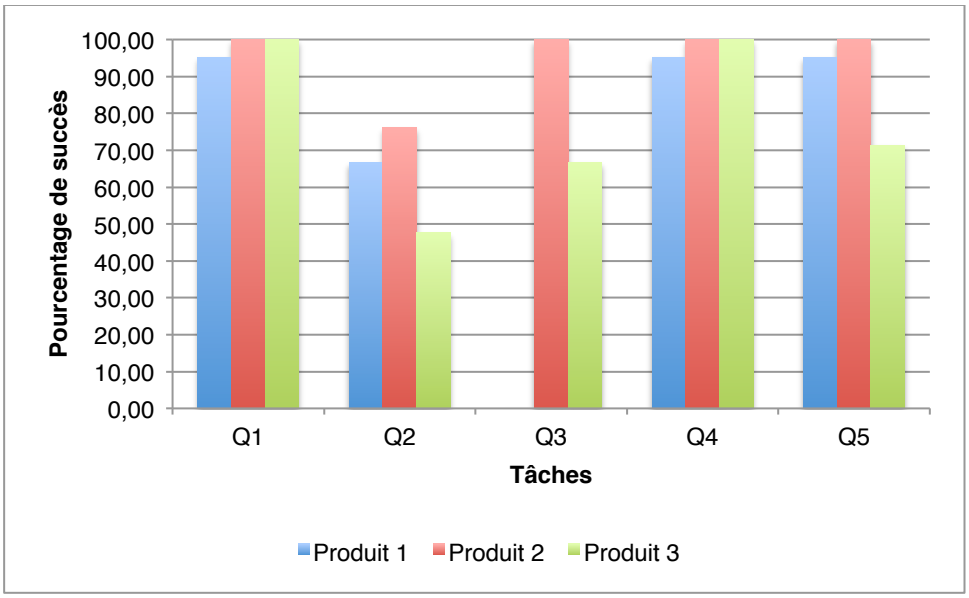


Figure 69. Efficacité par tâches.

[158] Pour être applicable, elle suppose que les distributions des moyennes soient proches de la loi normale et que les variances des populations comparées ne soient pas significativement différentes.

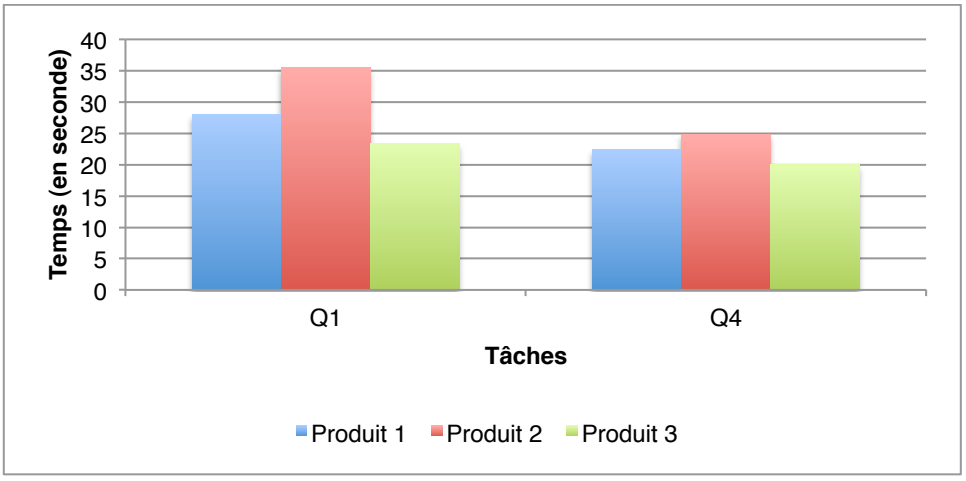


Figure 70. Efficience par tâches.

4.1. Analyse comparative

Suite à l'analyse de la variance, nous avons effectué un test *post-hoc* paire à paire pour identifier les différences précises entre les produits lors de la mesure de l'efficacité et de l'efficience. Le taux de succès varie ainsi significativement entre le produit 2 et le produit 1 ($p<.001$) ainsi qu'entre le produit 2 et le produit 3 ($p<.001$). Les utilisateurs ont en effet rencontré moins de difficultés à compléter les tâches au travers du produit 2 (95,24% de succès) qu'au travers du produit 1 (70,48%) et du produit 3 (77,14%). Une différence significative dans le temps mesuré a également été observée entre le produit 2 et le produit 3 ($p<.05$). Les utilisateurs ont en effet été plus rapides à accomplir les tâches via le produit 3 ($m=21,71$ secondes; $\sigma=8,93$) que via le produit 2 ($m=30,19$; $\sigma=17,82$) et le produit 1 ($m=25,24$; $\sigma=10,13$). Une différence significative en ce qui concerne la capacité des utilisateurs à tracer les événements liées aux applications (($F(2,40)=7,22$; $p<.05$) et à les contrôler au travers des produits ($F(2,40)=72,88$; $p<.001$) apparaît enfin une fois les questions regroupées par thème. Nous n'avons cependant pas noté de différence dans leur capacité à observer les applications ($p>.05$).

A l'issue du test, 66,67% des utilisateurs ont déclaré qu'ils préféreraient utiliser le produit 2 au quotidien, plutôt que le produit 3 (19,05%) ou le produit 1 (9,52%). Seul un testeur s'est montré réfractaire à l'idée d'abandonner son propre réveil. Afin de vérifier que la répartition des votes n'était pas due au hasard, nous avons effectué le test du Khi-deux (χ^2) afin de s'assurer de l'indépendance des données ($\chi^2(3)=20,33$; $p<.05$).

4.2. Produit 1

95,24% des utilisateurs ont accompli la tâche visant à observer la configuration d'applications établie en un temps moyen de 28,10 secondes (σ=14,49). Tous, à l'exception du testeur 15, ont réussi à distinguer les applications actives des applications inactives au travers de cet outil de médiation. Ces résultats démontrent que l'interface graphique que nous leur avons proposée à la fois pour visualiser les applications intégrées au produit et interagir avec elles a été bien comprise. Lors des entretiens, ils nous ont indiqué qu'ils avaient trouvé cette dernière « travaillée » (utilisateur 5), « assez bien faite » (utilisateur 6), « très claire » (utilisateur 9) et « facile à comprendre » (utilisateur 10). Bien que présentée dans un format tablette, ils ont tout de suite envisagé sa déclinaison sur un téléphone.

Les utilisateurs n'ont pas non plus rencontré de difficultés pour interagir avec les applications via l'outil de médiation. La tâche visant à contrôler ces dernières a été accomplie par 95,24% d'entre eux et a nécessité un temps moyen de 22,38 secondes (σ=14,79). Les utilisateurs ont expliqué qu'ils étaient « habitués à ce type d'interaction » (utilisateurs 2, et 4) ou à « tout faire par les mobiles » (utilisateur 5). Cette forme de médiation est considérée comme « évidente », « simple » et « pratique ». Elle permet une plus grande « facilité de manipulation et de personnalisation » (utilisateur 16) que les réveils traditionnels, dont l'interface utilisateur est souvent jugée complexe, limitée ou contraignante. A l'inverse, certains utilisateurs ont trouvé « dommage » d'interagir avec les fonctions du réveil au travers d'un « second produit » (utilisateur 12) et se voyaient mal « avoir besoin d'allumer leur téléphone ou leur tablette pour régler son réveil » (utilisateur 2). Pour le testeur 17, il faut pouvoir contrôler le produit « tel quel » au quotidien, sans outil de médiation. Aucun des utilisateurs n'a pourtant réussi à éteindre l'alarme du réveil sans presser au hasard tous les boutons proposés par le produit. Le taux de succès mesuré pour la tâche 3 est donc nul.

Lors de la tâche 2, l'impact de l'application agenda n'a pas été très bien perçu par les utilisateurs. Seulement 66,67% d'entre eux, souvent focalisés sur l'outil de médiation, ont remarqué la modification de l'heure de l'alarme sur le produit. L'utilisateur 4 nous a ainsi confié qu'il ne « savait pas trop si (le réveil) changeait quelque chose » car il ne l'avait « pas trop regardé » tandis que l'utilisateur 7 a déclaré que c'était « un gros souci de devoir être devant le réveil pour remarquer quelque chose ». L'absence de « retour » (utilisateur 8), de « trace » (utilisateur 4) ou de « feedback » (utilisateur 1) sur le produit semble donc avoir gêné les utilisateurs, qui n'ont à l'inverse pas eu de mal à se rendre compte des conflits entre les applications. 95,24% d'entre eux ont accompli la tâche 5 avec succès. Ils ont néanmoins évoqué le besoin de matérialiser les changements opérés par les applications ou leurs incompatibilités au travers de l'outil de médiation (utilisateur 4) ou du produit lui-même (utilisateur 7), respectivement sous la forme d'un « historique » ou d'une « petite lumière ». Pour le testeur 16,

il faut en effet intégrer des LEDs sur le produit pour « renforcer visuellement » les applications activées et ainsi d'éviter d'avoir sans cesse à consulter une interface graphique.

4.3. Produit 2

Au moment d'observer la configuration d'application établie, plusieurs utilisateurs ont développé un sens de lecture inversé à celui que nous attendions. Lors de la tâche 1, 28,67% d'entre eux ont ainsi rapporté les modules inactifs comme étant actifs. 66,67% d'entre eux ont néanmoins corrigé leur réponse au moment d'interagir avec les modules, pendant la tâche 4. Les autres ont utilisé le produit selon leur logique, sans que cela ne leur pose de problème particulier. Nous considérons donc que tous ont été en mesure d'observer l'état des applications, en un temps moyen de 35,48 secondes (σ=20,98). Lors des entretiens, ils nous ont expliqué qu'ils étaient perturbés par le fait que les modules se lèvent une fois effleurés, au lieu de s'enfoncer. Ils ont en effet associés ces derniers à des boutons, devant être pressés pour être activés, et ont donc eu l'impression qu'ils « fonctionnaient à l'envers » (utilisateur 2). Pour les utilisateurs 7 et 16, le fait que les modules s'allument lorsqu'ils sont en position haute a néanmoins permis de lever l'ambiguïté. Selon ces derniers, « il n'y a plus de doute une fois la phase initiale d'apprentissage passée », ce qu'a également confirmé le testeur 14.

Malgré ces hésitations, les utilisateurs ont considérés que les applications étaient « bien représentées » (utilisateur 10) ou « assez reconnaissables » (utilisateur 1). Pour plusieurs d'entre eux, le fait que ces dernières soient rassemblées sur une même base permet de voir « tout de suite » (utilisateur 13) ou d' « un coup d'oeil » (utilisateur 7) ce qui est « actif, ou non ». D'autres ont évoqué un problème de « hiérarchisation » (utilisateur 20), en précisant qu'ils n'étaient pas capables de « différencier les types d'applications » (utilisateur 16) à moins de « savoir ce que fait chacune d'elle » (utilisateur 11). Si les applications intervenant sur les mêmes aspects de la fonction alarme étaient organisées par paire, aucun pictogramme illustrant le type n'a été intégré au produit, contrairement aux autres prototypes de produit. Nous souhaitions en effet que chacun des modules puisse être attribué à une nouvelle application, peu importe son type.

Tous les utilisateurs ont réussi à configurer les applications en manipulant le produit. La tâche 4 a en moyenne nécessité 24,90 secondes (σ=19,90). L'interaction avec les modules leur a semblé « simple » (utilisateur 11), « naturelle » (utilisateur 2), « instinctive » (utilisateur 14) ou « réactive » (utilisateur 8). Les utilisateurs 11 et 14 ont également évoqué le « toucher » des modules, tandis que le testeur 15 a considéré que leur motorisation renforce « l'impression que l'action effectuée est prise en compte ». A l'inverse, certains les ont trouvés « trop faciles à activer » (utilisateur 16) ou « fragiles » (utilisateur 5). Tous les utilisateurs ont également réussi à éteindre l'alarme lors de la tâche 3, en effleurant le module dédié à cette fonction.

Les utilisateurs ont globalement été en mesure de tracer les événements générés par les applications. Lors de la tâche 2, 76,19% d'entre eux ont vu l'heure de l'alarme clignoter et ont compris qu'elle avait été modifiée par l'application agenda. Certains ont pensé que « quelque chose s'est affiché sur l'écran » ou ont « supposé qu'il y a eu un message » (utilisateur 19) mais ne semblaient pas en être sûrs. Plusieurs ont évoqué l'idée d'allumer les modules d'une autre couleur et ou les faire clignoter pour signifier qu'une action a été réalisée par l'application (utilisateurs 1, 3, 7, 19). La tâche 5, visant à observer les conflits entre deux applications, a enfin été réussie par tous les utilisateurs. Tous ont apprécié que le produit tire parti des moteurs intégrés aux modules pour automatiquement désactiver la dernière application lancée. Ce mécanisme leur a donné l'impression que « le conflit se résout automatiquement » (utilisateurs 3 et 7).

4.4. Produit 3

Si tous les utilisateurs ont réussi à observer la configuration d'application établie, en temps moyen de 23,43 secondes (σ=13,28), leurs réactions ont été très diverses. Le concept d'un produit composé de modules à combiner a en effet interpellé les utilisateurs. Cette « interface éclatée », que les utilisateurs ont comparé à un jeu de construction pour enfant, a été jugée « intéressante » (utilisateur 9) et « claire » (utilisateur 11). Elle permet de « tout de suite comprendre ce qui est actif ou inactif » (utilisateur 5 et 16) en mettant en perspective les combinaisons possibles. Pour le testeur 21, elle rend « tangible, en 3D » des applications « habituellement assez abstraites, qui s'exécutent sans qu'on les maitrise ». A l'inverse, le produit a été considéré par d'autres utilisateurs comme « dispersé » (utilisateur 15), « moins rangé » (utilisateur 7) ou « épars » (utilisateur 14). Bien qu'il semble plus « évolutif » (utilisateur 9), le produit gagnerait selon 38,09% des utilisateurs à intégrer un socle ou une base, permettant de « borner » (utilisateur 15) ou « délimiter » (utilisateur 20) son contour.

Malgré certaines critiques, tous les utilisateurs ont réussi à manipuler les modules afin de produire la configuration qui était attendue, en un temps moyen de 20 secondes (σ=9,54). L'utilisateur 7 a ainsi déclaré qu'il ne « savait pas trop à quoi raccrocher les modules » tandis que le testeur 2 n'avait pas tout de suite compris que les modules noirs « étaient les noeuds auxquels on venait agréger des applications ». L'assemblage des modules a tout de même été jugé « facile » (utilisateur 3), « assez intuitif » (utilisateur 13) même si des hésitations sur ce qu' « il est possible de mettre ensemble » persistent (utilisateur 8 et 13). A l'instar du produit 1, plusieurs utilisateurs (33,33%) n'ont pas trouvé le bouton permettant d'arrêter l'alarme, placé sur l'écran affichant l'heure. Seulement 66,67% ont ainsi accompli la tâche 3 avec succès. Certains ont notamment appuyé sur le module « noeud » correspondant ou ont détaché le module représentant l'application podcast qui était combinée avec ce dernier.

Seulement 47,62% des utilisateurs ont réussi à fournir une réponse à la question posée lors de la tâche 2. Aucun retour n'était en effet délivré par le produit suite à l'événement généré par l'application agenda. En l'absence de message particulier, nous attendions donc des utilisateurs qu'ils considèrent qu'aucune modification sur l'heure de l'alarme n'avait été effectuée. Beaucoup ont été perturbés par le fait qu'ils n'avaient rien observé et n'ont pas su quoi répondre. 71,43% des utilisateurs ont cependant perçu les conflits entre les applications, communiqués, à l'instar du produit 2, sous la forme d'un message apparaissant sur l'afficheur du réveil. Plusieurs d'entre eux ont néanmoins regretté que le message ne soit pas directement fourni par le module, les forçant à « regarder ailleurs le résultat de l'action » (utilisateur 11) ou à « regarder à deux endroits différents » (utilisateur 6). D'autres n'ont pas du tout « fait attention » ou « vu » l'afficheur (utilisateurs 7, 13 et 18). Certains ont enfin émis l'idée de créer un écran dédié au « feedback » (utilisateur 2) en suggérant qu'il soit éventuellement intégré aux modules. D'autres ont proposé d'intégrer des électro-aimants capables de « repousser » les modules qui ne sont pas compatibles (utilisateurs 8, 16, 18).

5. ANALYSE

Les données et retours collectés ont montré que les utilisateurs ont réussi à observer, contrôler et tracer les applications et les événements qu'elles génèrent avec plus ou moins de facilité selon les produits auxquels ils étaient confrontés. Le fait que les applications aient été simulées ne semble pas les avoir perturbés. Ils ont également réussi à faire abstraction de l'aspect des prototypes, dont la finition était loin d'égaler celle d'un produit manufacturé. Compte-tenu du temps très court dont ils ont disposé pour expérimenter chaque produit, nous considérons que les utilisateurs ont globalement réussi à appréhender les choix pris, tant au niveau de la forme que des interactions pour rendre les applications intelligibles. Si ces premières manipulations ont suscité des incompréhensions ou des questions chez les utilisateurs, parfois causées par des inconsistances dans le design des produits, elles reflètent leur capacité à percevoir et utiliser les applications sans aucun apprentissage. Elles leur ont permis de pointer les faiblesses de chaque produit et de soulever les enjeux qui leur semblaient importants à prendre en compte. Bien qu'une étude plus longue permettrait d'obtenir des résultats plus riches, cette expérimentation nous permet de discuter des enjeux sous-jacents à l'amélioration de l'intelligibilité des applications. Dans cette section, dont l'articulation est présentée par la Figure 71, nous proposons ainsi d'évoquer, en comparant les retours formulés par les utilisateurs, la nécessité d'incorporer les applications, de délimiter les frontières des produits et d'aménager ces derniers afin qu'ils proposent un retour plus riche aux utilisateurs. Nous évoquerons enfin le caractère nouveau de ces réveils et des applications qui les accompagnent, qui a beaucoup interpellé les utilisateurs.

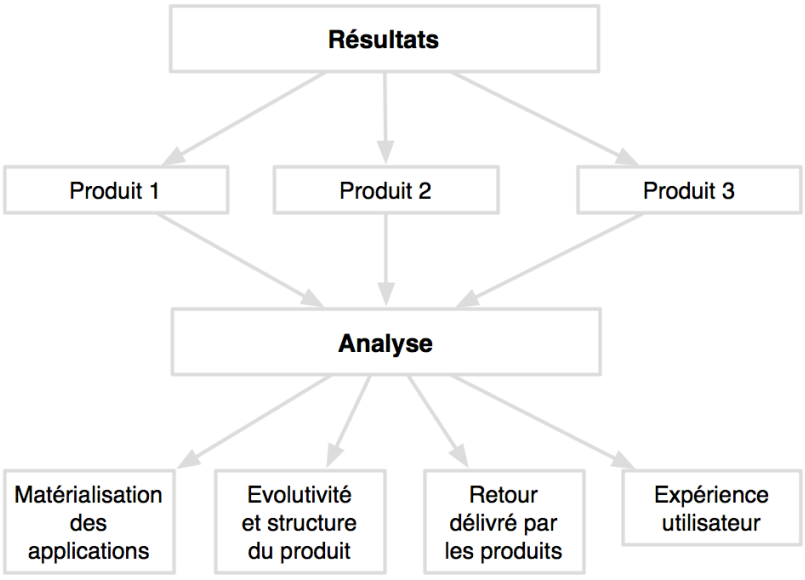


Figure 71. Analyse des résultats de l'expérimentation 3.

5.1. Matérialisation des applications

Si les utilisateurs ont, dans un premier temps, apprécié la familiarité du produit1 et son utilisation combinée à un outil de médiation, ils sont ensuite revenus sur leur position. Le fait que les applications ne soient pas incorporées dans la forme du produit, à l'inverse des produits 2 et 3, bouleverse en effet la manière dont les utilisateurs interagissent avec le produit. Au-delà de la simple contrainte d'utiliser un terminal pour visualiser et configurer des applications déployées sur le réveil, l'absence de retour visuel ou tangible représentant ces dernières semble détériorer le rapport homme-produit.

Elle encourage en effet une dichotomie dans la lecture des fonctions du produit. Pour le testeur 14, certaines fonctions apparaissent ainsi comme « situées dans le produit » tandis que d'autres sont « décentralisées ». Ces dernières, souvent perçues comme plus faciles à paramétrer, du fait de l'utilisation d'un outil de médiation, amènent les utilisateurs à considérer les fonctions délivrées par le produit comme « redondantes » ou « inutiles ». Pour les utilisateurs 6, 18 et 20, il faut alors « réduire » le produit à un simple afficheur doté d'un unique bouton permettant d'éteindre l'alarme. L'aménagement qu'ils proposent favorise ainsi, dans une certaine mesure, à la disparition du produit, qui se contente de « diffuser » des informations gérées par des applications.

En matérialisant ces dernières au même niveau que les fonctions dites « primaires » du réveil, les produits 2 et 3 sont perçus comme plus « cohérents ». Ils rétablissent des interactions directes avec les applications, sans créer de distorsions ou de dissonances cognitives. Ils « hybrident » (utilisateur 6) les mondes physique et numérique et délimitent leur rencontre sous les contours d'un produit dont les fonctions peuvent évoluer au cours du temps selon les besoins des utilisateurs.

5.2. Evolutivité et structure du produit

La matérialisation des applications sous la forme de modules, intégrés dans le produit ou amenant à une structure éclatée, a permis aux utilisateurs d'appréhender les possibilités de personnalisation ou de composition des fonctions. Globalement, ils n'ont pas eu de mal à envisager le fait que de nouvelles applications puissent être ajoutées au réveil. Si le caractère évolutif apparaît comme évident dans le produit 3, il a été moins souvent perçu dans le produit 2. Bien que les utilisateurs 6 et 19 aient évoqué l'idée de pouvoir détacher les modules, la plupart n'ont pas perçu la possibilité de remplacer une application par une autre. Du fait des pictogrammes imprimés sur leur face supérieure, les modules « incarnent » pour beaucoup des utilisateurs les applications. Ils ne sont pas encore perçus comme des « réceptacles » permettant d'instancier pendant une durée donnée une application particulière. Se procurer une nouvelle application revient alors pour les utilisateurs 6 et à 18 à acheter un nouveau « triangle » au supermarché, dont le nombre croissant peut, à terme, poser des problèmes d'encombrement ou de rangement souvent évoqués par les utilisateurs.

Dans l'imaginaire des utilisateurs, la multiplication des modules amène donc de la « richesse » (utilisateur 19) et une « ouverture à finir le produit » (utilisateur 20), qui modifie l'expérience d'utilisation du réveil. Pour le testeur 5, la structure « explosée » du produit 3 « change beaucoup de choses » et « réorganise la maison ». Comme beaucoup l'ont mentionné, les modules nécessitent un support, qui ne peut être le même que celui qui accueillait jusqu'à présent les produits monolithiques. Une solution consiste à les placer sur les murs de l'habitat afin d'éviter qu'ils ne soient malencontreusement déplacés ou n'occupent trop de place (utilisateurs 9 et 20). Cette rupture avec l'existant explique dans une certaine mesure la préférence des utilisateurs pour le produit 2, dont les limitations sont finalement « rassurantes ».

Plutôt que de permettre le remplacement physique des modules de ce dernier, par ailleurs difficile du fait de leur motorisation, il serait intéressant d'y intégrer un afficheur. Il permettrait non seulement de représenter de manière dynamique la nature de l'application déployée, mais également son statut ou les événements qu'elle est susceptible de générer.

5.3. Retour délivré par les produits

Si la matérialisation des applications sous la forme de modules facilite leur observation et leur contrôle, elle n'émancipe pas totalement les utilisateurs d'un terminal. Pour la plupart des utilisateurs, l'utilisation d'un outil de médiation permettant de configurer et de gérer les applications est implicite dans les produits 2 et 3. Cette modalité d'interaction avec les applications ne semble pas, dans ce cas, poser de problèmes, dans la mesure où elle n'est pas exclusive. En effet, elle intervient à priori de manière ponctuelle, au moment de l'achat du produit ou d'un changement d'application, et permet également d'envisager un accès ou des interactions à distance. Dans la majorité des cas, le produit doit donc se suffire à lui-même et

supporter les activités du quotidien. Ce constat nous conforte dans l'idée que deux temps distincts peuvent être aménagés: l'administration et l'utilisation courante.

Si les utilisateurs ne semblent pas attendre qu'il permette de « tout faire » ou « tout dire », il doit néanmoins fournir un retour suffisant à la bonne compréhension de son fonctionnement, et de celui des applications. Bien que les modules des produits 2 et 3 permettent de visualiser et d'intervenir simplement sur le statut des applications, ils ne délivrent, selon les utilisateurs, pas assez d'informations. Ces derniers ont en effet évoqué leur difficulté à tracer les changements ou les modifications générées par les applications. Pour la plupart d'entre eux, l'utilisation de l'afficheur du réveil pour confirmer l'activation de certaines fonctions ou communiquer des conflits n'est pas suffisante et tend à fragmenter l'attention. En intégrant des LEDs dans les modules du produit 2, nous aurions pu jouer sur la lumière (intensité, couleurs, variations) pour faciliter le traçage de l'information. Un écran aurait également permis d'instaurer des codes graphiques plus élaborés, susceptibles d'être mis à jour en continu.

Pour améliorer l'intelligibilité des applications, il convient donc d'aménager l'interface utilisateur du produit afin qu'il délivre un retour direct, c'est-à-dire délivré par la forme représentant les applications et permettant les interactions, mais également persistant. Il s'agit en quelque sorte de « ralentir » l'action des applications afin que les utilisateurs soient en mesure de percevoir leur fonctionnement, d'instaurer une forme de « rémanence » permettant de gagner leur confiance. Si les utilisateurs ne semblent pas réfractaires à l'idée de déléguer le contrôle des fonctions de leur produit aux applications, plusieurs d'entre eux ont évoqué leur crainte de « passer à côté » d'un événement important. Bien qu'aucune tâche ne les ait confrontés à cette situation, ils ont ainsi exprimé le besoin de pouvoir observer un changement ayant eu lieu en leur absence. Ces remarques dénotent la nécessité de développer un langage visuel ou formel pour indiquer que « quelque chose a changé » (utilisateur 7).

Le fait que le produit 2 combine un retour lumineux et cinétique pour communiquer le statut des applications et communiquer les conflits explique sans doute la préférence des utilisateurs. C'est en effet celui qui apparaît comme le plus « réactif » et « dynamique » des trois. Il esquisse une nouvelle expérience utilisateur, et permet d'envisager les comportements futurs des produits.

5.4. Expérience utilisateur

Bien que plus de la moitié des utilisateurs aient désigné le produit 2 comme leur préféré, certains ont pris plusieurs minutes avant de répondre, pesant à haute voix le pour et le contre de chaque produit. Pour la plupart d'entre eux, les trois réveils sont apparus comme « originaux » et « innovants ». S'ils ont été en mesure de formuler de nombreuses critiques et de proposer des aménagements à apporter dans la forme ou les interactions des produits, ils semblent avoir eu du mal à comparer l'expérience délivrée par chacun d'eux. L'absence de différence significative

dans les résultats du questionnaire de satisfaction s'explique en partie par cette difficulté à mettre en perspective les qualités[159] des produits et à se projeter dans leur utilisation. Beaucoup ont ainsi expliqué qu'ils aimeraient disposer des trois produits, avant de designer le produit 2. Les termes employés pour qualifier l'expérience délivrée par ce dernier méritent également d'être relevés.

Interpellés par sa forme et sa capacité à actionner automatiquement ses modules, plusieurs utilisateurs ont en effet déclaré qu'il était « rigolo » (utilisateurs 4, 9, 18), « marrant » (utilisateur 11), ou « fun » (utilisateur 20). Si ce verbatim peut faire référence au caractère « amusant » du produit, nous faisons ici l'hypothèse qu'il dénote l'« agréabilité » ou le « plaisir » associés à l'utilisation du produit. En développant un caractère dynamique et en faisant preuve d' « intelligence » dans la gestion des modules, ce produit semble avoir suscité chez les utilisateurs une émotion particulière, moins présente dans les deux autres réveils. Il nous paraît important de préserver et d'explorer cette dimension de l'expérience utilisateur dans la conception des produits augmentés.

En rendant ces produits plus « vivants », et capables de communiquer de manière proactive les spécificités des applications qu'ils délivrent, il est possible de renforcer le sentiment de satisfaction, de sécurité et de confiance, mais aussi de plaisir et de fierté. Au-delà de l'impression que les fonctions sont délivrées correctement, que l'utilisateur contrôle les choses, il semble important qu'un rapport dépassant les enjeux d'utilisabilité soit instauré entre l'homme et le produit.

[159] Nous considérons également que le fait d'avoir proposé trois questionnaires consécutifs n'a pas facilité le processus de discrimination. Il aurait été préférable de demander aux utilisateurs de hiérarchiser, pour chaque question, les produits.

Chapitre 3 : Bilan de l'expérimentation et validation de la seconde hypothèse.

Au cours de cette expérimentation, et afin d'adresser la problématique P2 relative aux principes de conception de produits augmentés, nous avons cherché à évaluer la manière dont les utilisateurs perçoivent les stratégies employées quant à la représentation des applications. En mesurant l'utilisabilité de trois prototypes de produits augmentés, dont deux reflètent une stratégie d'incorporation des applications dans la structure du produit, nous avons souhaité vérifier si les aménagements formels et interactionnels réalisés permettent aux utilisateurs de mieux appréhender les applications. Bien que le recours à une représentation externe de ces dernières, impliquant la création d'interfaces graphiques communiquées au travers de l'écran d'un terminal, permette de satisfaire la pluralité des critères d'intelligibilité que nous avons identifiés, elle semble altérer l'expérience utilisateur. Les observations menées durant cette expérimentation nous conduisent ainsi à faire la critique d'une stratégie de conception s'appuyant exclusivement sur un outil de médiation, et éludant toute modification structurelle du produit.

En effet, il ne nous parait pas pertinent de recommander la lecture d'une couche entière du produit, celle relative aux applications, au travers du nouveau « prisme » que constituent un téléphone ou une tablette Web. Les résultats de notre expérimentation suggèrent que l'attention de l'utilisateur tend à se déplacer du produit vers le terminal assurant la médiation. Ce « déport », qui amène à jouer d'aller-retour constant entre deux supports distincts nous paraît dommageable dans la mesure où il nécessite un effort cognitif plus important et tend à créer des redondances ou des dissonances avec les conventions établies par le produit. Malgré une apparente simplicité et un sentiment de familiarité, les interfaces que nous avons réalisées pour visualiser et d'interagir avec les applications du produit 1 contribuent à diminuer, lors d'une utilisation courante, l'attention et l'intérêt porté au produit. Les utilisateurs, bien qu'initialement séduits par cette stratégie, apparaissent finalement peu enclins à l'adopter. Ce sont en effet les produits 2 et 3, résultant d'une incorporation des applications, qui ont été les mieux perçus.

L'hypothèse H2, selon laquelle le concepteur doit procéder à des aménagements formels et interactionnels afin de garantir l'intelligibilité des applications qui augmentent les produits est donc validée.

Si nous considérons avoir démontré la nécessité de procéder à ces aménagements de la structure des produits, il convient cependant de les détailler. Lors de la création des prototypes évalués durant cette expérimentation, nous avons procédé de manière intuitive à des choix quant à la manière de rendre les applications qui les augmentent plus intelligibles. Nous proposons d'en faire une analyse rétrospective afin de préciser ou d'enrichir les principes déjà formulés.

Chapitre 4 : Compléments aux principes de conception proposés.

Dans ce chapitre, nous proposons d'apporter des compléments aux principes de conception proposés dans le Chapitre 2 de la Partie V. Au regard du bilan que nous dressons de l'évaluation des produits conçus à partir de ces derniers, il nous paraît en effet nécessaire de préciser les types d'aménagements que le concepteur peut opérer afin d'incorporer les applications dans la structure des produits. Pour ce faire, nous pouvons, de manière rétrospective, rationaliser les choix ayant guidé notre production, en particulier les produits 2 et 3. En concevant ces derniers, nous avons en effet, de manière plus ou moins consciente, tiré parti de moyens techniques plus ou moins complexes afin de garantir l'intelligibilité des applications. Nous proposons donc, dans les sections suivantes, d'analyser notre pratique afin de mettre en exergue et discuter des principes que nous avons intuitivement appliqués, ainsi que ceux qui peuvent être envisagés.

1. ANALYSE RETROSPECTIVE DES CHOIX EFFECTUES LORS DE LA CONCEPTION DE PRODUITS AUGMENTES

Respectivement conçus autour d'une structure monolithique et modulaire, les produits 2 et 3 matérialisent les applications par une *forme* associée à une *iconographie* permettant leur identification. Les LEDs et les moteurs intégrés dans les modules du produit 1 permettent également de tirer parti de la *lumière* et d'un *actionnement* favorisant la communication d'informations auprès des utilisateurs. Ces deux aspects, du fait des difficultés techniques auxquelles nous avons été confrontés[160], n'ont pu être développés durant le prototypage du produit 3. Nous pouvons donc analyser les choix pris durant la conception de ces produits au regard de quatre dimensions, illustrées dans la Figure 72. Il nous paraît particulièrement intéressant de les mettre en perspective avec les critères d'intelligibilité établis dans le Chapitre 2 de la Partie V. La grille d'analyse que nous proposons d'établir permet donc de mieux comprendre les choix pris lors de notre production. Elle constitue également un outil pour le concepteur amené à travailler à l'agencement formel des produits augmentés.

[160] Nous avions envisagé, comme l'ont suggéré les utilisateurs lors de la séance d'évaluation, d'intégrer des électro-aimants dans les modules du produit 3 afin de permettre un « décrochage » automatique des applications. Les interférences provoquées dans la transmission des données par ondes radio nous ont cependant contraints à abandonner cette piste. L'intégration de LEDs n'a pas non plus été possible du fait de leur consommation énergétique importante au regard des capacités des batteries utilisées.

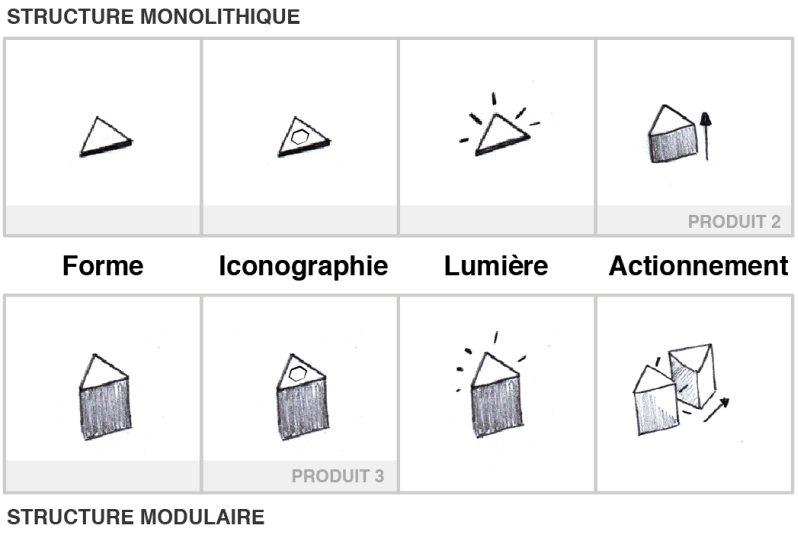


Figure 72. Dimensions développées au travers des produits 2 et 3.

1.1. Utilisation courante des produit augmentés

Les aménagements réalisés pour incorporer les applications à la structure des produits visent à garantir leur intelligibilité au cours d'une utilisation courante. Les recours à la forme, l'iconographie, la lumière et à l'actionnement peuvent donc être examinés au regard des critères précédemment identifiés. Chacune de ces dimensions contribue en effet à faciliter l'observation, le contrôle et le traçage des applications par les utilisateurs. La matérialisation des applications sous la forme de triangles, et les icônes habillant ces derniers, favorisent ainsi l'observation et le contrôle des applications par les utilisateurs. Dans le cas du produit 2, les codes lumineux employés permettent, quant à eux, de distinguer leur statut et de tracer les éventuels conflits. Les mouvements des modules visent également à satisfaire ces deux critères, en attirant l'attention des utilisateurs. Les choix que avons faits sont récapitulés dans la grille d'analyse présentée dans la Figure 73. Elle illustre la manière dont nous avons combiné certaines dimensions pour renforcer des critères particuliers, et met en évidence ceux qui n'ont pas été satisfaits. C'est notamment le cas des critères se rapportant au fonctionnement des applications, que nous avons malencontreusement occultés lors de la conception des prototypes.

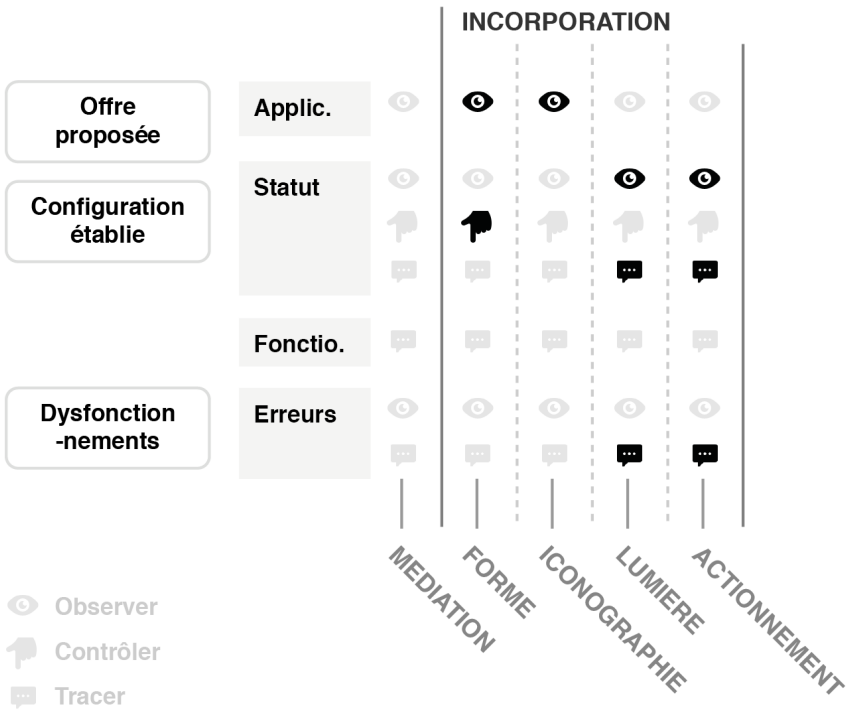


Figure 73. Analyse des choix effectués au regard de l'utilisation courante d'un produit augmenté.

1.2. Administration des produits augmentés

Les critères concernant l'administration des produits, et plus particulièrement des applications qui les augmentent, n'ont pas été pris en compte dans notre évaluation. Nous avons en effet envisagé le recours à un outil de médiation, utilisé en conjonction des produits, afin de permettre aux utilisateurs d'effectuer des tâches requérant d'appréhender la complexité des applications. Nous considérons en effet que ces derniers ne seront pas amenés à intervenir sur l'offre d'application, leur portée ou leur fonctionnement de manière quotidienne, et qu'il n'était donc pas nécessaire d'aménager la forme du produit en conséquence. Les retours positifs des utilisateurs quant à l'utilisation ponctuelle d'un outil de médiation nous confortent dans l'idée que des interfaces dédiées à l'administration, mais également à l'accès à distance, peuvent être mises en place sans nuire à l'expérience utilisateur délivrée par les produits augmentés[161]. La Figure 74 illustre donc ce choix, et met également en évidence le rôle de la forme et de l'iconographie associée aux modules du produit 3. La structure modulaire invite en effet plus facilement l'utilisateur à compléter l'offre d'applications, en se procurant de nouveaux modules.

[161] Les travaux menés à ce sujet au sein des Bell Labs par Matthieu Boussard ont également conforté ce choix. Notre contribution à l'élaboration d'un « navigateur » mobile permettant de visualiser et d'interagir avec les applications est détaillée dans une publication présentée lors de la conférence ISOLA (Boussard et al., 2010).

De la même manière, l'organisation de ces derniers autour de « nœuds » clairement identifiés, favorise, dans une certaine mesure, l'observation du fonctionnement du produit.

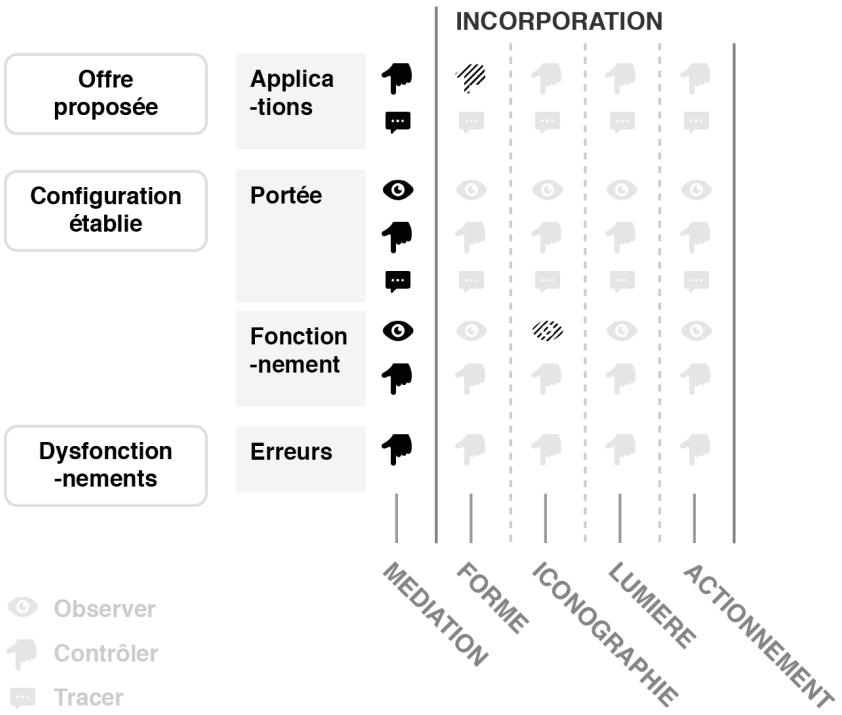


Figure 74. Analyse des choix effectués au regard de l'administration d'un produit augmenté.

2. DIMENSIONS COMPLEMENTAIRES A DEVELOPPER

Notre analyse des moyens pouvant être mis en œuvre pour incorporer les applications met en exergue les « faiblesses » de ces derniers quant à la manière dont ils renseignent les utilisateurs sur la portée et le fonctionnement des applications. Bien que nous ayons envisagé de communiquer ces informations au travers d'un outil de médiation, il convient d'examiner les possibilités de tirer parti de la structure des produits. Les résultats de notre expérimentation suggèrent en effet qu'il serait bénéfique d'expliquer certains mécanismes déclenchés par les applications et de garder une trace des actions prises de manière proactive durant l'absence de des utilisateurs ou pendant une période d'inattention. Pour ce faire, nous proposons d'ajouter deux nouvelles dimensions à notre grille d'analyse, qui pourra ainsi être utilisée dans le cadre de futurs travaux. Présentées dans la Figure 75, elles consistent respectivement à habiller de manière dynamique la forme matérialisant les applications et à permettre de subtiles déformations. Nous les détaillons chacune dans les sections suivantes et discutons de la manière dont elles s'articulent avec celles déjà mentionnées.

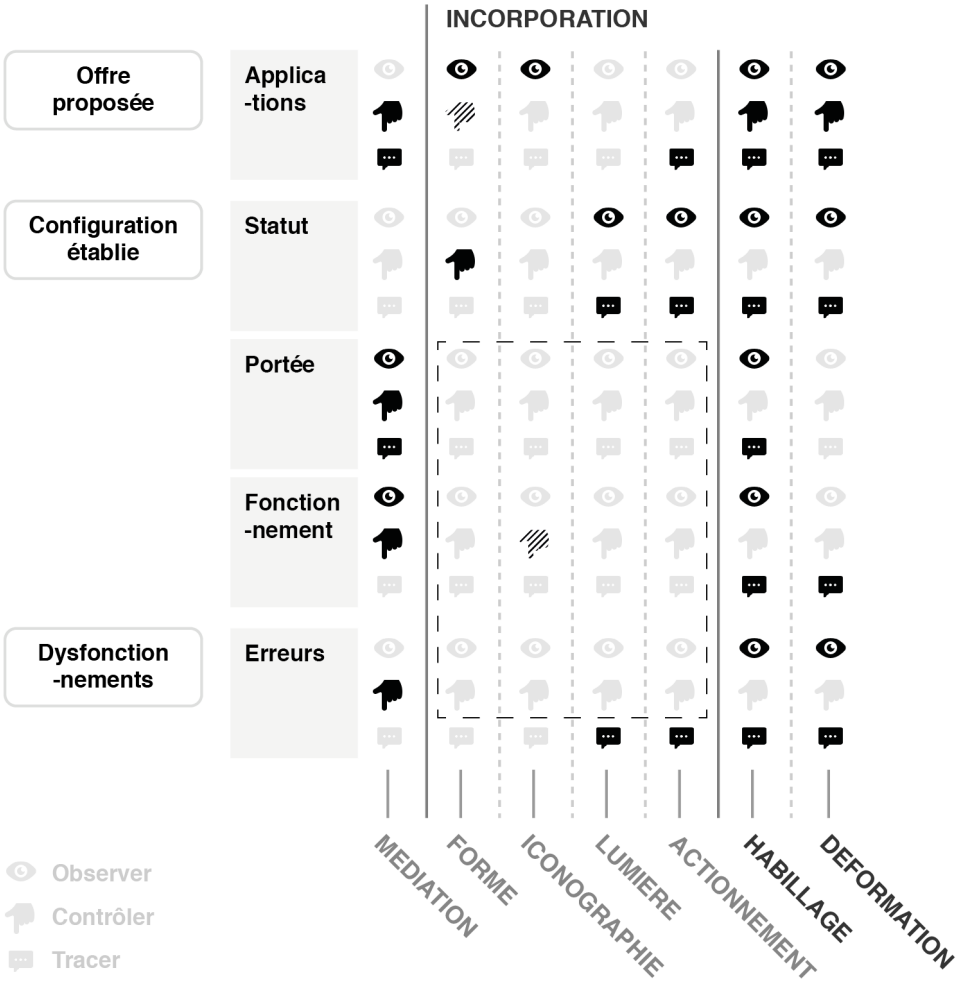


Figure 75. Dimensions complémentaires à prendre en compte dans l'aménagement formel.

2.1. Habillage graphique

L'opportunité d' « habiller » graphiquement la forme matérialisant les applications a émergé durant l'expérimentation menée avec les utilisateurs. Au cours de cette dernière, certains mécanismes sous-jacents aux applications, comme la publication sur un réseau social d'un message, ont été communiqués par le biais de l'afficheur intégré aux produits 2 et 3. Ces alertes textuelles, défilant momentanément à la place de l'heure, n'ont pas été très bien perçues par les utilisateurs. Ils ont en effet regretté que ces informations ne soient pas situées au même niveau que l'application à laquelle elles se rapportent. Une alternative consiste donc à intégrer des modalités d'affichage dynamiques, en recouvrant par exemple les modules matérialisant les applications par des écrans[162]. L'idée de travailler sur l'*aspect* de la structure envisagée par le designer, permet ainsi de considérer un nouvel espace de communication. Il est alors possible

[162] Nous faisons ici référence aux écrans OLED et à « encre électronique » dont la fine épaisseur permet une intégration dans la structure des produits.

d'envisager la communication de certaines informations « clés » dans la compréhension du fonctionnement des applications par le biais d'une iconographie spécifique, ou d'un langage visuel dont les éléments graphiques évoluent de manière dynamique sur la forme. Pour le designer, l'enjeu consiste alors à explorer des modes de représentation subtils, susceptibles de disparaître afin de ne pas monopoliser l'attention des utilisateurs.

2.2. Déformations

Les travaux de recherche menés autour des matériaux à mémoire ou à changement de forme[163] nous éclairent également sur l'opportunité d'apporter des modifications aux formes matérialisant les applications. La capacité de ces dernières à changer de configuration constitue alors, comme le mettent en évidence Ishii (Ishii et al., 2012) et Rasmussen et al. (Rasmussen et al., 2012), un moyen efficace de communiquer des informations à l'utilisateur[164]. L'utilisation à plus court terme de matériaux extensibles, combinés à des actuateurs, permet aujourd'hui au designer de jouer de déformations subtiles, reflétant, à l'instar de l'habillage précédemment proposé, le caractère dynamique des applications. A l'inverse de l'actionnement, il s'agit donc bien, à travers cette dimension, d'opérer des mouvements internes à la forme envisagée par le designer. L'enjeu consiste alors à élaborer un langage cinétique décrivant des modifications structurelles plus ou moins prononcées. Il convient une nouvelle fois d'explorer des modalités suffisamment discrètes pour être perçues de manière périphérique par les utilisateurs, sans monopoliser leur attention.

2.3. Combinaison des dimensions

Afin d'incorporer les applications dans la structure globale du produit, le designer doit explorer les moyens de matérialiser les applications. Dans nos travaux, nous avons montré que ces dernières pouvaient faire l'objet d'une sous-structure dédiée, et discuté de la possibilité de travailler à sa forme, son actionnement, sa déformation. Nous avons également évoqué le recours à une iconographie, la lumière ou un habillage graphique permettant de modifier de manière dynamique l'aspect de cette sous-structure. Ces six dimensions, récapitulées dans la Figure 76, sont plus ou moins développées dans les produits que nous avons prototypés. L'expérimentation et l'analyse rétrospective que nous avons menées suggèrent cependant qu'elles peuvent être combinées afin de garantir l'intelligibilité des applications et améliorer l'expérience d'utilisation des produits. Nous recommandons donc aux concepteurs de tirer parti de la pléthore de moyens techniques qui leur sont offerts afin d'essayer de couvrir la surface la

[163] Coelho et Zigelbaum (Coelho et al., 2010) dressent un état de l'art de ces matériaux en décrivant notamment les types de stimuli nécessaires au changement de forme.

[164] Nous reviendrons plus en détail sur cet aspect dans la partie VII.

plus large possible du cercle représentant les six dimensions discutées. Les choix pris quant au design des produits devront alors favoriser l'observation, le contrôle et le traçage des applications par les utilisateurs. C'est évidemment de manière itérative, par l'expérimentation et l'évaluation, qu'il conviendra d'établir un équilibre entre ces dimensions.

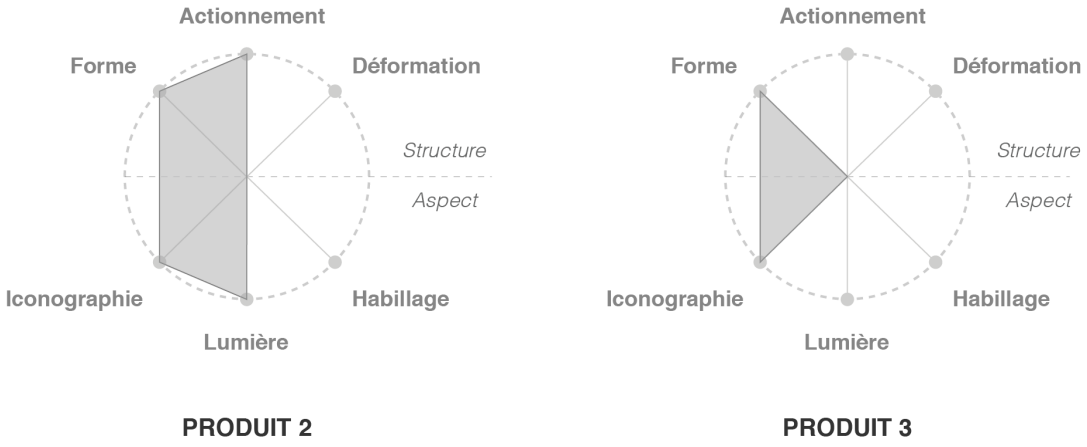


Figure 76. Evaluation des produits 2 et 3 au regard des six dimensions identifiées.

3. LIMITES DES PRINCIPES PROPOSES

Les principes que nous développons dans le cadre de la conception de produits augmentés visent à « incarner » les applications au travers de représentations tangibles. Ils conduisent à incorporer les applications dans la structure des produits et à travailler l'aspect des formes les matérialisant afin de permettre aux utilisateurs de les observer, les contrôler et les tracer. En invitant les concepteurs à aménager la forme et les interactions des produits, plutôt qu'à tirer parti d'outils de médiation, nous les amenons cependant à se confronter aux contraintes du monde réel. A l'inverse des pixels « malléables » d'un écran, il est en effet très difficile, comme le rappelle Ishii (Ishii, 2008), d'intervenir sur la forme, la position ou les propriétés d'un artéfact physique. En revendiquant l'utilisation des « atomes », plutôt que des « bits », nous acceptons donc de composer avec la rigidité de la matière. Cette dernière constitue un obstacle important dans la mesure où les applications qui augmentent les produits revêtent un caractère extrêmement dynamique. Elles sont en effet amenées à mettre en place des mécanismes et à générer des informations que le concepteur ne peut anticiper ou prévoir, mais qui devront cependant être rendus « visibles » afin qu'ils soient appréhendés par les utilisateurs.

Notre approche peut donc sembler paradoxale, dans la mesure où elle vise à la fois à « figer » une couche hautement versatile des produits et à communiquer ces changements. La démocratisation des écrans souples et des matériaux à changement de forme nous conforte pourtant dans l'idée qu'il est possible d'appliquer ces principes. L'emploi de ces technologies émergentes, nous permet en effet d'envisager de nouveaux types de structures favorisant à la

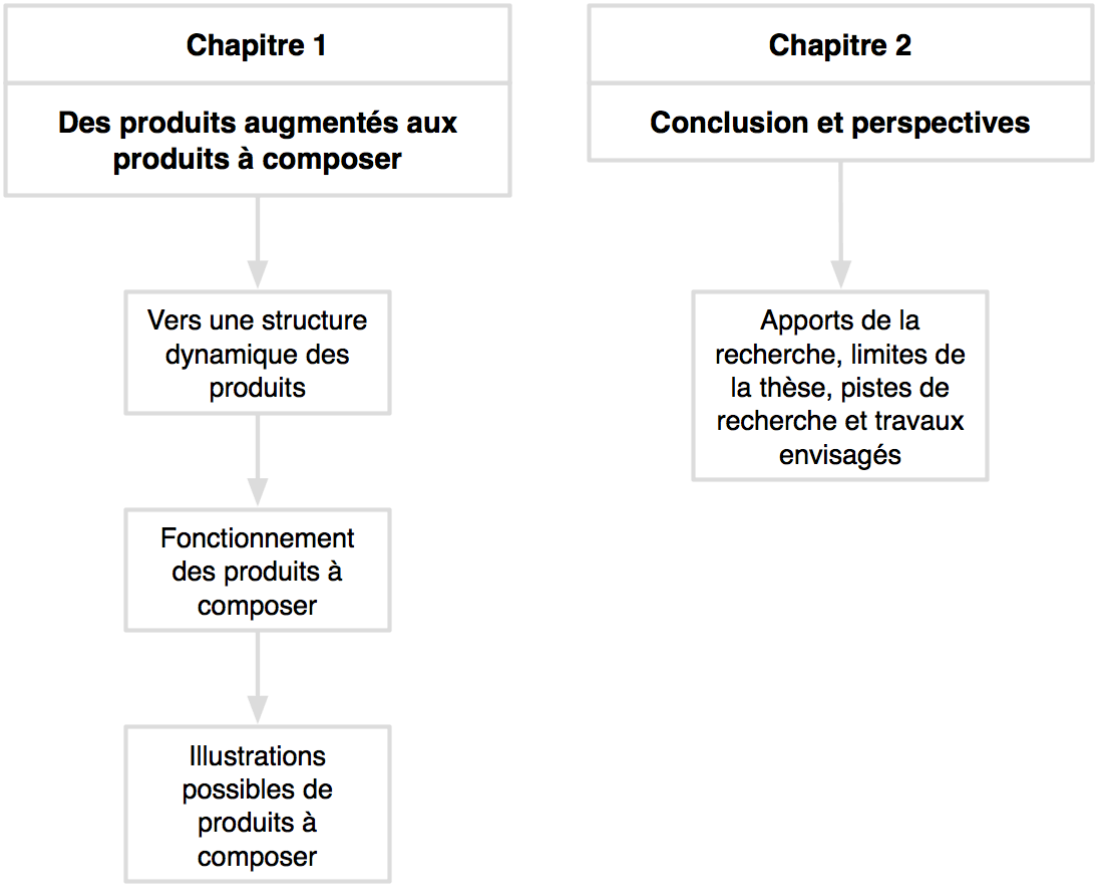
fois des interactions directes et une communication dynamique d'information (Ishii et al., 2012). Nous espérons ainsi refléter les spécificités de chaque application tout en lui donnant forme de manière suffisamment générique pour que cette représentation tangible soit réutilisée dans d'autres cas. Nous poursuivons donc l'objectif ambitieux d'allier le potentiel multifonctionnel des produits augmentés aux qualités caractéristiques des produits spécialisés[165].

L'opportunité de communiquer de manière dynamique les spécificités des applications au travers de leur forme, remet une nouvelle fois en cause la relation entre fonction, comportement et structure, et donc la manière de définir les produits. Dès lors que la structure initialement établie par le designer pourra être modifiée pour mieux refléter les actions possibles ou favoriser l'utilisabilité, les concepteurs d'applications n'auront plus à composer avec les conventions établies du produit. Il n'y aura de fait plus lieu de définir des fonctions primaires aux produits, ces dernières pouvant évoluer au cours du temps en fonction des applications déployées. Nous projetons ainsi le basculement d'une logique d'augmentation à une logique de composition de fonctions.

Notre vision des futurs produits, capables de modifier de manière dynamique leur structure, est développée dans la partie suivante. Elle correspond à la phase de projection de notre processus de recherche.

[165] Dans le domaine des interfaces tangibles, les travaux de Couture (Couture et al., 2008) montrent notamment que la manipulation d'artéfacts tangibles de forme spécialisée est, dans certaines conditions, supérieure à celle ceux de forme générique.

PARTIE VII. DISCUSSION ET PERSPECTIVES SUR LE FUTUR DES PRODUITS



Nota Bene : Dans cette partie, nous introduirons le terme de *produits à composer* pour désigner les produits dont les fonctions peuvent être spécifiées, définies ou « fixées » par les utilisateurs.

Chapitre 1: Des produits à augmenter aux produits à composer

Les résultats de notre recherche nous conduisent à envisager la capacité des futurs produits à adapter leur structure, et plus largement leur interface utilisateur, en fonction des applications auxquels ils sont couplés. Cette vision prospective, dépendant en grande partie de la démocratisation des technologies dites de changement de forme[166], amène ainsi à la conception d'un nouveau type de produit, dont les fonctions ne sont plus *augmentées*, mais *composées* par l'utilisateur selon les besoins qu'il souhaite satisfaire. Elle décrit un futur où les fonctions sont donc totalement dématérialisées et remplacées par des applications. Ce sont ces dernières qui définissent par conséquent la structure et le comportement du produit. Nous proposons, dans ce chapitre, et de manière projective, de définir, décrire et illustrer notre vision de ces produits à composer. Il vise également à élargir les perspectives de notre travail et à ouvrir la discussion sur le futur des produits.

1. VERS UNE STRUCTURE DYNAMIQUE DES PRODUITS

Notre recherche sur les produits augmentés a permis de mettre en exergue la nécessité de créer une structure reflétant à la fois les fonctions définies lors de la première phase de conception, mais également celles apportées dans un second temps par les applications. Elle nous a conduit à proposer des aménagements de la structure des produits permettant un meilleur couplage avec les fonctions et le comportement définis par les applications. L'opportunité de créer des produits à la structure dynamique remet ainsi en cause l'existence même des fonctions primaires du produit. Il en effet possible d'envisager des applications intégrant, au même titre que pour les fonctions et le comportement, une description de la structure souhaitée. Cette vision des produits dont les fonctions sont entièrement dématérialisées apparaît comme une évolution possible et pertinente des produits. Elle implique alors de considérer ces derniers comme des plateformes protéiformes, capables de refléter les applications instanciées à un moment donné. Elle offre également aux utilisateurs la possibilité de composer les fonctions du produit en fonction de leurs besoins et des situations auxquelles ils sont confrontés.

1.1. Dématérialiser l'intégralité des fonctions du produit

Notre vision des produits à composer nous amène à ne plus faire de distinction entre fonctions et applications. Nous définissons alors le produit comme une plateforme ou un « conteneur » capable d'accueillir de manière dynamique un ensemble d'applications se

[166] En anglais, *shape-shifting* ou *shape-changing*.

substituant aux fonctions traditionnelles. La Figure 77 illustre ainsi la dématérialisation totale de ces dernières. En envisageant une structure dynamique, capable de s'adapter aux fonctions et aux comportements spécifiés par les applications, nous garantissons donc l'adéquation ou le couplage entre les différentes dimensions du produit. Les produits à composer se caractérisent ainsi par une forme et une interface utilisateur dynamiques, changeant en fonction des applications instanciées.

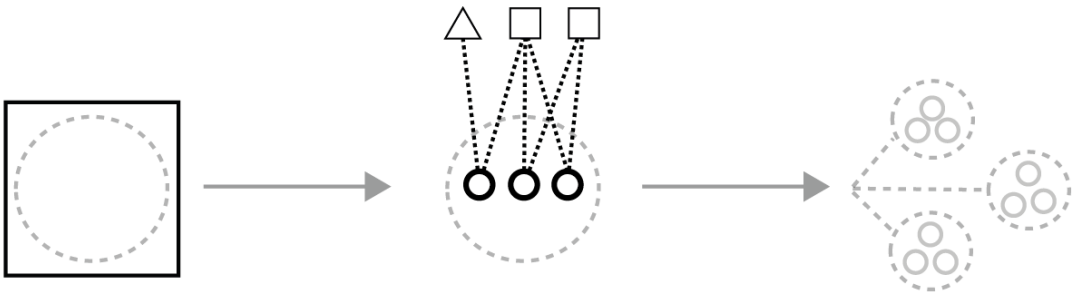


Figure 77. Spécificités des produits à composer.

La Figure 77 se compose de trois schémas illustrant l'offre fonctionnelle des produits à composer. Le premier schéma, à gauche, représente la structure dynamique, capable de « contenir » un ensemble d'applications se substituant aux fonctions du produit. Le second schéma, au centre, matérialise les applications interconnectées à d'autres ressources. Le dernier schéma, à droite, suggère la possibilité de constituer plusieurs corpus d'applications qui pourront être déployés à différents moments.

1.2. Repenser la première phase de conception

L'opportunité de créer des produits à composer remet une nouvelle fois en cause le processus de conception établi. Si, à l'instar des produits à augmenter, ce dernier s'articule autour de deux phases successives, il amène à une production très différente, illustrée par la Figure 78. La première phase conduit ainsi le concepteur à créer une structure générique et dynamique, capable de supporter plusieurs variations ou déclinaisons, tandis que la seconde vise à créer les applications qui seront par la suite déployées par le produit.

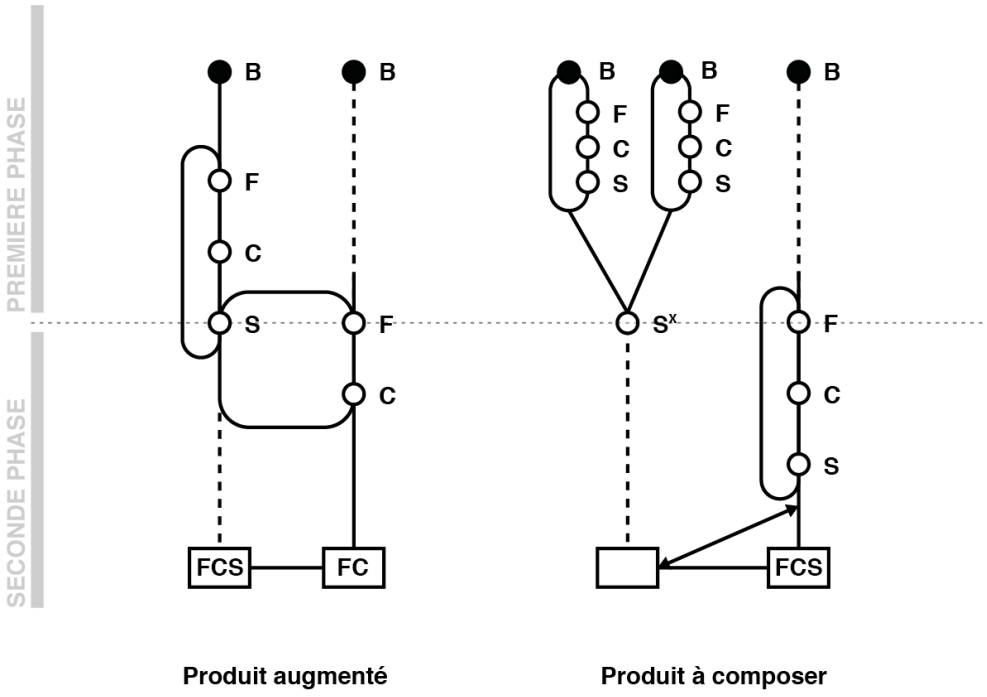


Figure 78. Des produits à augmenter aux produits à composer.

La Figure 78 illustre le processus de conception d'un produit augmenté et d'un produit à composer. A l'instar de la Figure 58, ce dernier est représenté par deux axes linéaires suggérant deux phases de conception. Il présente plusieurs « boucles », suggérant le travail de couplage entre les fonctions (F), le comportement (C) et la structure (S) et amenant à des productions différentes.

L'objectif de la première phase du processus de conception n'est donc pas de créer un produit au sens strict du terme, résultant d'une définition fonctionnelle, comportementale et structurelle, mais d'établir une structure protéiforme, que nous avons désignée comme « S^x ». L'exposant suggère ici une la multiplicité des variations possibles. Bien qu'il s'agisse principalement d'un travail d'ingénierie portant sur l'architecture et les matériaux, il nous semble importer de guider les choix technologiques pris par le concepteur au regard de besoins réels. C'est la raison pour laquelle nous suggérons, par les deux branches amenant au couplage « fonction/comportement/structure » d'envisager en amont une variété de « produits » répondant à des besoins spécifiques. C'est à partir de ces potentialités que le concepteur pourra identifier les critères permettant d'élaborer la structure dynamique.

Ce n'est que lors de la seconde phase de conception que les fonctions réelles du produit seront envisagées au regard de besoins des utilisateurs. Elle mènera à créer les applications intégrant à la fois une description des fonctions et du comportement, mais également de la

structure. Le concepteur ne sera donc plus contraint par une structure de produit déjà établie, mais à proposer les aménagements formels et interactionnels qui lui semblent les plus adaptés. Ces derniers se répercuteront alors, de la manière la plus fidèle possible, sur la structure du produit qui « instanciera » les applications. Malgré la flexibilité offerte, il conviendra malgré tout au designer de tenir compte des limitations techniques inhérentes à cette structure.

2. FONCTIONNEMENT DES PRODUITS A COMPOSER

La définition des produits à composer que nous proposons implique l'élaboration de plusieurs déclinaisons, versions ou « états » du produit trouvant, à un moment donné, une réalité physique. Ces derniers se caractérisent ainsi par rapport à une composition d'applications particulière, ainsi qu'à une structure permettant de refléter cette dernière. Le comportement du produit est également en adéquation avec l'offre fonctionnelle et la forme induite par la structure. Les changements d'états du produit provoquent donc une double transformation, que nous proposons de détailler dans cette section et d'illustrer dans la Figure 79

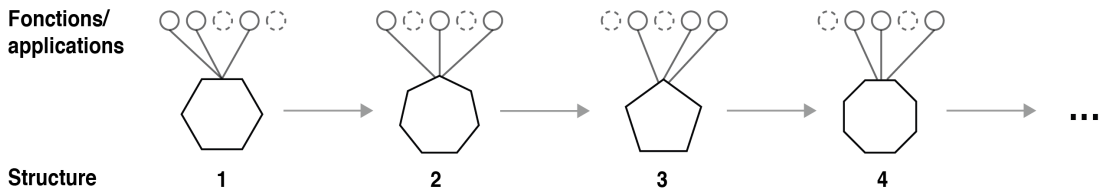


Figure 79. Changements d'états des produits.

La Figure 79 présente différents états d'un même produit à composer. Elle décrit quatre variations de la structure de ce dernier, résultant d'une offre fonctionnelle différente. Les fonctions/applications actives sont matérialisées par des cercles interconnectés au produit. Les autres sont présentées en pointillé.

2.1. Changements de l'offre fonctionnelle

La Figure 80 met en perspective les événements susceptibles de déclencher les changements d'états des produits à composer. La capacité de ces derniers à être « conscients » du contexte d'utilisation permet en effet d'envisager plusieurs facteurs ou paramètres suscitant une modification de l'offre fonctionnelle. Cette reformulation peut avoir lieu au regard de l'utilisateur, du temps, de l'espace ou d'acteurs tiers. S'il est bien sûr tout à fait possible de laisser l'utilisateur intervenir manuellement sur le produit, il paraît intéressant de développer des mécanismes automatiques. En offrant la possibilité de détecter la présence des individus, et éventuellement de les identifier, le produit peut alors délivrer une offre fonctionnelle

personnelle. Les changements peuvent également se mettre en place en fonction de la période et du lieu durant et dans lequel le produit est utilisé. Un niveau de granularité plus ou moins grand peut être envisagé pour ces deux critères, amenant respectivement à la création d'un planning dédié ou d'un écosystème de produits réagissant les uns par rapport aux autres. Les modifications peuvent enfin être déclenchées par des ressources tierces (produit ou service Web) ou via l'utilisation d'outils de médiation.

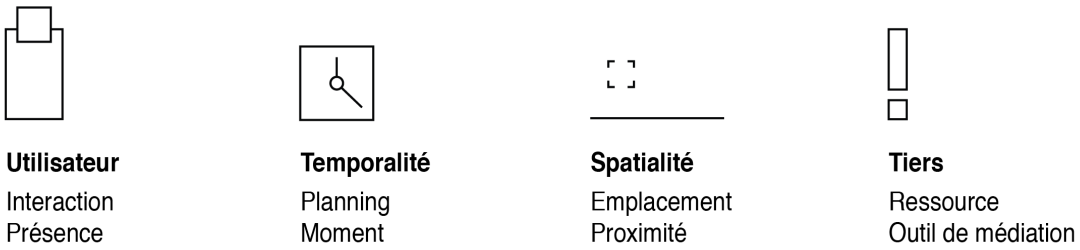


Figure 80. Evénements déclencheurs du changement de forme.

2.2. Changements de la structure

Le changement d'état des produits provoque également des modifications de la structure. Ces modifications de la forme permettent ainsi de rendre les fonctions plus intelligibles. La capacité de la structure à se « transformer » permet ainsi, comme l'illustre la Figure 81 de refléter certaines fonctions (modalité de sortie), d'intervenir sur d'autres (modalité d'entrée), ou de mettre en place des interactions directes (modalité d'entrée et sortie). Cette dernière approche permet une action et une réaction du produit, dans laquelle les changements de structure répondent à des enjeux fonctionnels. Ils permettent en effet de communiquer des informations sur les fonctions et de favoriser le contrôle de ces dernières. La nature de ces changements varie et dépend des technologies employées pour permettre le changement de structure.

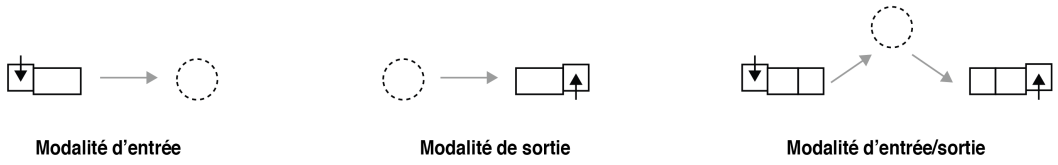


Figure 81. Modalités d'interactions offertes par les structures dynamiques.

Dans un article visant à établir un cadre conceptuel des interfaces faisant intervenir des changements de forme, Rasmussen et al. (Rasmussen et al., 2012) classifient les modifications susceptibles d'être opérées en fonction des matériaux utilisés. La Figure 82 illustre des changements amenant à une structure équivalente, ou au contraire à une topologie totalement

nouvelle. Dans le premier cas, les modifications touchent alors l'orientation, la forme elle-même, la texture, la viscosité et la spatialisation. Dans le second cas, c'est la matière elle-même qui peut être ajoutée et soustraite à la structure, ou changer de perméabilité. On parle souvent de « blobs »[167] pour évoquer des transformations radicales et encore difficiles à produire.

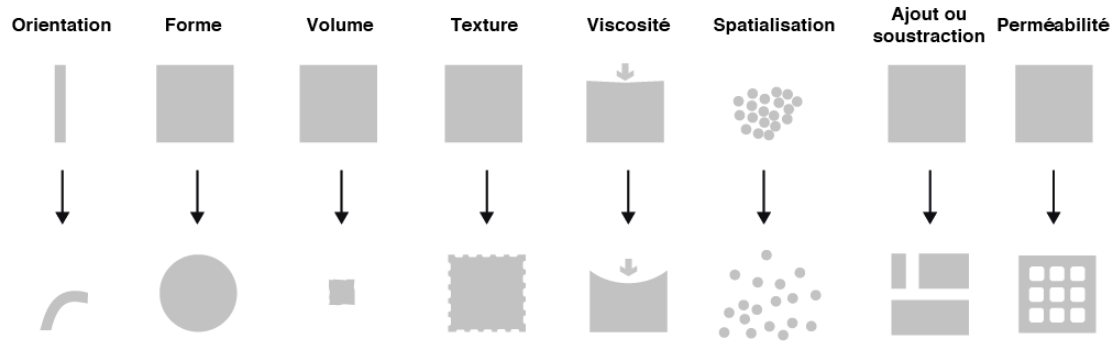


Figure 82. Modèle décrivant les changements de structure possibles, adapté de Rasmussen et al.

Il incombe donc au concepteur de tirer parti de ces différentes modifications structurelles afin d'envisager celles qui seront les plus adaptées à la communication et aux interactions avec les fonctions relatives aux différents états du produit.

3. ILLUSTRATIONS POSSIBLES DES PRODUITS A COMPOSER

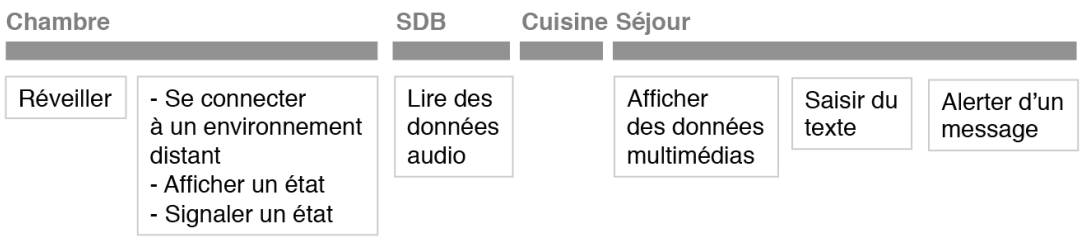
Nous avons travaillé avec des étudiants designers afin d'explorer et d'illustrer les potentialités des produits à composer dans le contexte de l'habitat. Pour ce faire, nous avons élaboré un exercice visant à concevoir les différentes variations structurelles de ces futurs produits au regard d'une offre fonctionnelle évoluant au cours du temps. Il a ainsi été demandé aux étudiants, à partir de scénarios que nous avons élaborés, de travailler au design de la forme des produits et d'envisager les modalités permettant aux utilisateurs d'interagir avec ces derniers. L'atelier que nous avons animé a ainsi conduit à la réalisation de cinq concepts de produits, dont l'utilisation est illustrée dans de courtes séquences vidéo. Il a rassemblé des étudiants en design d'interaction, d'espace, de produits et en ingénierie pendant quatre jours. Dans cette section, nous proposons de revenir sur les contextes d'usage que nous avons choisis de développer et de brièvement présenter les solutions proposées par les étudiants.

[167] Du terme anglais signifiant « goutte ». Il se rapporte à un courant architectural dans lequel la structure des bâtiments revêt une forme organique, souvent inspiré de la nature.

3.1. Scénarios imaginés

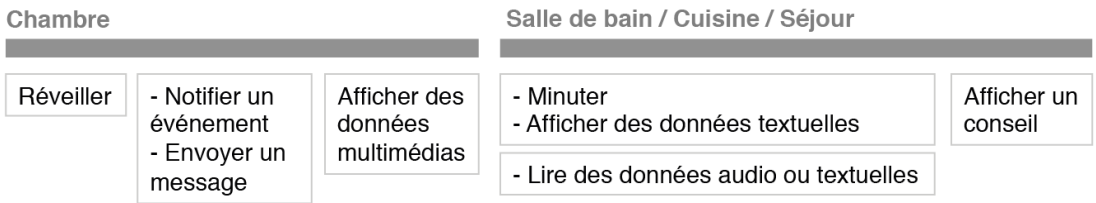
Quatre scénarios décrivant l'utilisation courante d'un produit à composer dans l'habitat ont été élaborés. Ils présentent le produit comme mobile, sans cesse allumé, et capable d'adapter ses fonctions selon leur emplacement dans la maison ou les manipulations des utilisateurs. Ils se construisent tous autour d'un parcours de l'utilisateur, démarrant ou se terminant dans la chambre à coucher, dans lequel le produit revêt, parmi d'autres fonctions, celle de réveil. Il permet également, suivant le contexte dans lequel il est utilisé (la salle de bain, la cuisine, le séjour), de notifier un événement, de rechercher une information précise ou de délivrer des contenus. Les scénarios élaborés mobilisent également des profils d'utilisateur différents (individu à l'heure, en retard, « fêtard », « casanier »), qui suggèrent des comportements spécifiques quant à la manière d'utiliser le produit. Chacun d'eux est décrit dans la suite au travers d'un court texte et d'un schéma récapitulant les actions devant être accomplies par l'utilisateur ou le produit en fonction des lieux dans lequel ces derniers se trouvent.

Scénario 1	**Début de journée**	**Utilisateur à l'heure**
Simon vit seul, son amie termine ses études dans une autre ville. Au réveil, il se connecte chez elle pour vérifier si elle dort encore et lui laisser une marque d'attention qu'elle recevra à son réveil. Il aime écouter de la musique lorsqu'il prend sa douche. Après avoir préparé son petit déjeuner, il apprécie de lire les flux de ses réseaux sociaux, poster ou laisser des commentaires. Ce matin, il est averti que Fabrice ne pourra être à l'heure à leur rendez-vous de travail. Il en profite pour se refaire un café.		



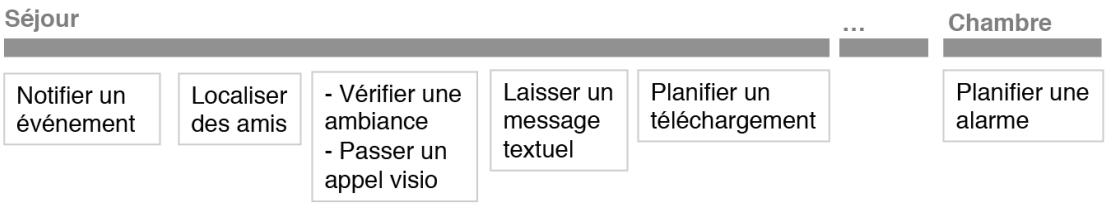
Scénario 2	Début de journée	Utilisateur en retard

Fabrice n'est pas du matin. Malgré l'alarme qu'il avait programmée, il s'est rendormi et ne pourra être à l'heure à sa réunion avec Simon. Il est averti de la situation et envoie une notification à Simon, avant de vérifier d'un coup d'œil son agenda et de décaler le rendez-vous. Il met en route le minuteur sur lequel il gardera un œil pendant qu'il se prépare. Il aime écouter l'actualité et être averti du temps qu'il va faire.

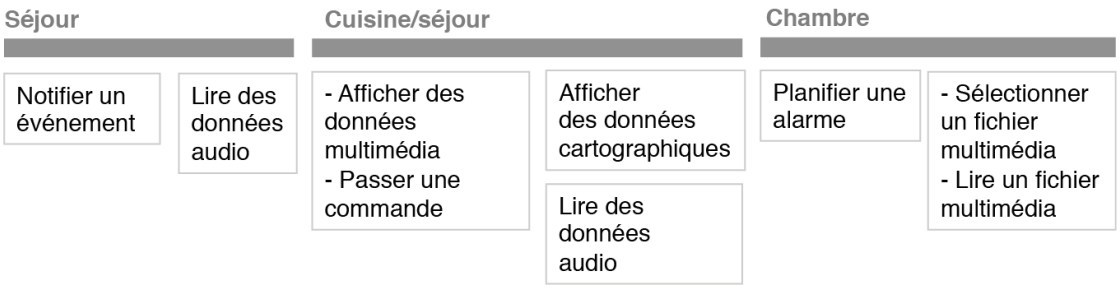


Scénario 3	Fin de journée	Utilisatrice « fêtarde »

Bao vit en colocation. Comme tous les soirs, elle vérifie que sa colocatrice ne lui a pas laissé de message. Le temps étant printanier, elle décide de passer la soirée dehors. Elle cherche si quelques uns de ses amis ne sont pas déjà en train de boire un verre quelque part et repère une amie. Elle entre en contact avec elle et l'informe qu'elle la rejoint. Avant de partir, elle vérifie si de nouveaux épisodes de sa série préférée sont sortis et lance leur téléchargement.



Scénario 4	Fin de journée	Utilisateur « casanier »
Clément a passé une mauvaise journée. En arrivant chez lui, il vérifie qu'il n'a pas eu de visite ou d'appel et lance sa liste de lecture (playlist) favorite. Dans sa cuisine, il cherche une bonne idée de recette. Il renonce finalement à se préparer à manger et décide de se faire livrer. Après la commande, il suit le parcours du livreur et s'occupe en conséquence. Plus tard, il programme son réveil à partir de son agenda et décide de regarder un film avant de s'endormir.		

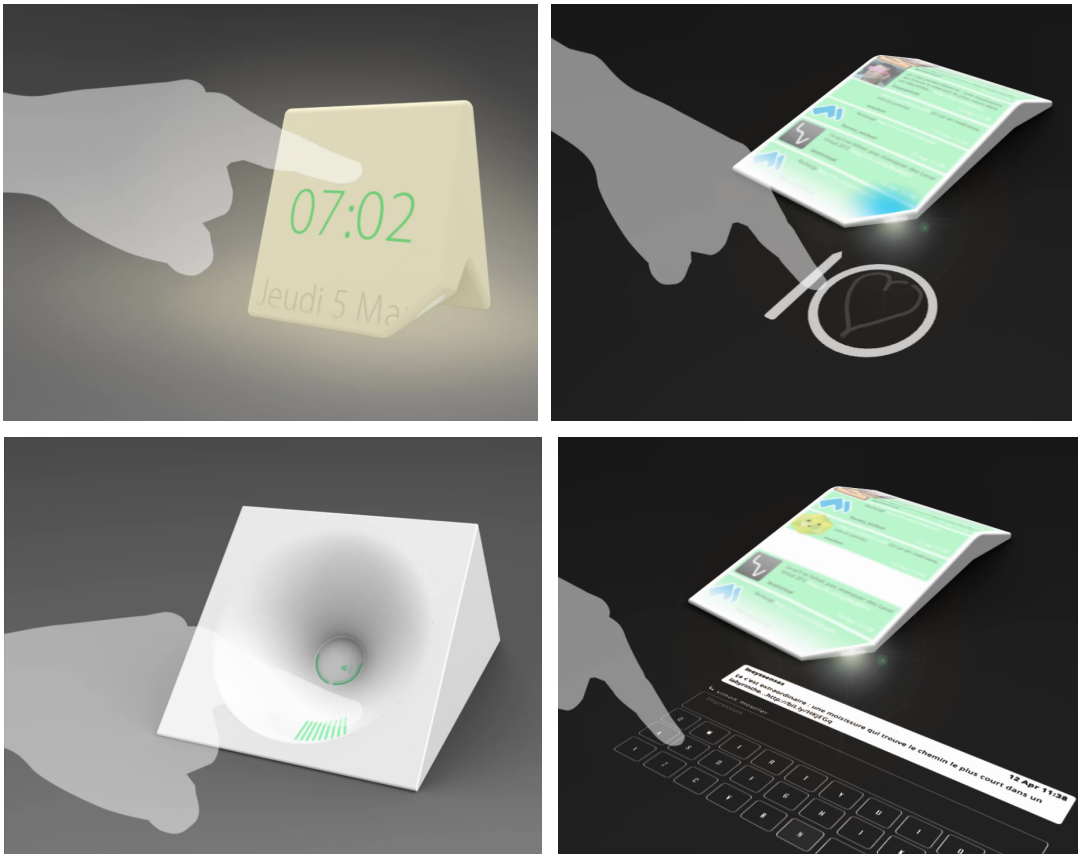


3.2. Concepts de produits proposés par les étudiants

Nous avons invité les étudiants à constituer des groupes et à choisir un des scénarios proposés. Il leur a ensuite été demandé, à partir du découpage temporel, contextuel et fonctionnel établi, d'explorer les différents structures possibles du produit. Nous leur avons suggéré de prendre en compte les contraintes liées à l'environnement et à la posture de l'utilisateur afin d'envisager les modalités d'entrée ou de sortie les plus adaptées. Durant l'atelier, nous avons mis l'accent sur la nécessité de considérer le produit comme une succession d' « états » constituant un ensemble cohérent. Les formes et les interactions proposées par les étudiants ont été représentées aux travers de montages photographiques, de maquettes ou de modélisation 3D, par la suite animés. Cinq séquences vidéo, illustrant des concepts de produits différents ont ainsi été réalisées. Elles peuvent librement être visionnée à cette adresse[168]. Nous les présentons succinctement ci-dessous.

[168] http://www.wothings.com/videos

Concept « Gil »	Scénario 1	Maxime Nicoul, Pierre Méar, Yoann Jestin, Matthieu Laroche

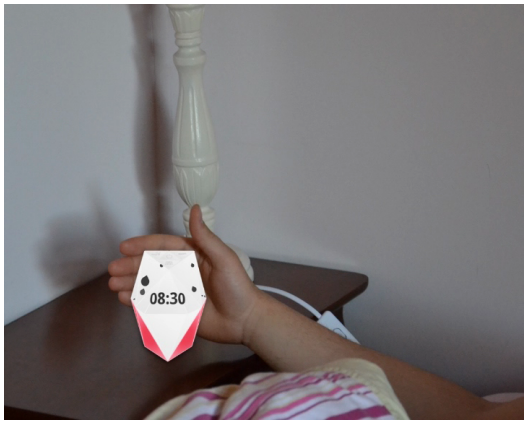


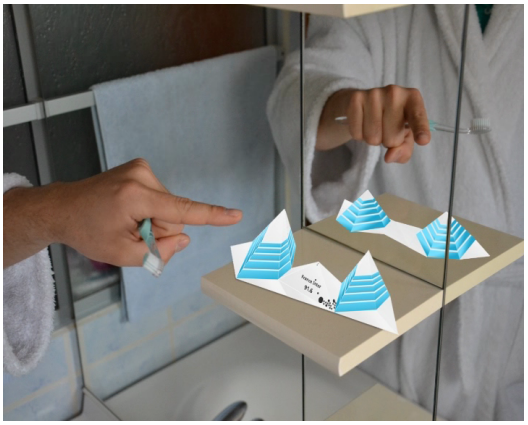
Structure globale. Le produit proposé se matérialise comme un prisme droit à base triangulaire dont l'une des faces est habillée d'un écran. Les fonctions sont ainsi représentées au travers d'interfaces graphiques calquées sur le produit, ou projetées sur le support sur lequel repose ce dernier.

Changements d'états. Les changements des fonctions amènent à la mise à jour des interfaces graphiques, mais également à une modification des arrêtes et des sommets du produit. Ces déformations permettent ainsi une inclinaison du produit favorisant la lecture de l'utilisateur. Sa viscosité varie également afin de créer une affordance dynamique (la produit se creuse par exemple pour adopter la forme d'un haut parleur).

Interactions. Les utilisateurs interagissent directement avec les interfaces graphiques habillant le produit ou celles projetées sur le support. Ce sont également eux qui déclenchent les déformations du produit d'une simple pression sur l'arrête supérieure. Des commandes vocales permettent enfin d'interagir avec les fonctions sans manipuler le produit.

Concept « Poly »	Scénario 2	Coralie Sabin, Benjamin Royer, François Lourme, Wen Gong





Structure globale. Le produit est imaginé comme un origami dont les pliages permettent une variété de configurations. L'intégralité de la surface de la structure est recouverte d'écrans permettant l'affichage d'interfaces graphiques souvent construites autour de ses plis.

Changements d'états. Les modifications des fonctions entraînent une réorientation des plis du produit et donc un changement de la forme et du volume. Les interfaces sont également mises à jour en conséquence pour épouser au mieux la nouvelle structure établie. Ces déformations sont mises en places afin de favoriser la préhension ou le support du produit dans les différents contextes d'utilisation.

Interactions. Les utilisateurs interagissent avec les fonctions en touchant les interfaces habillant le produit. Ce sont également eux qui déclenchent les déformations de ce dernier en pressant de manière simultanée certaines parties identifiables grâce à des codes lumineux.

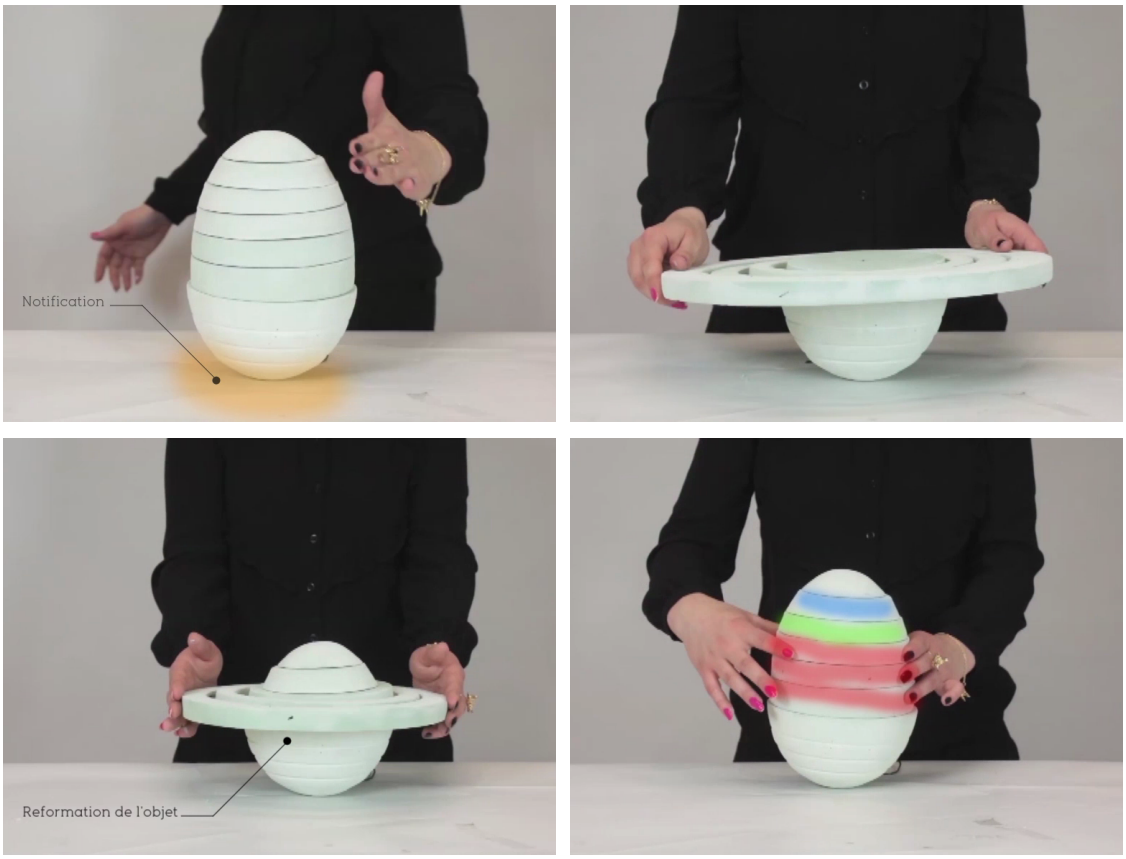
Concept « Stick »	Scénario 2	Jules Rattier, Cécile Fleuret, Alexis Porhiel, Guillaume Faure, Ge Wang

Structure globale. Le produit se présente comme un bâton flexible entièrement recouvert d'un écran. Ce dernier permettant d'illuminer une partie plus ou moins importante de la structure (l'habillage permet de communiquer certaines informations comme le temps de retard ou le volume sonore) et l'affichage d'interfaces graphiques.

Changements d'états. Les modifications des fonctions entraînent une orientation particulièrement de la structure du produit et la mise à jour des interfaces. Une déformation localisée permet également d'élargir la surface d'affichage et faciliter la lecture des informations par l'utilisateur.

Interactions. Les utilisateurs contrôlent les fonctions via des interactions directes avec le produit et naviguent dans les interfaces en effectuant des rotations. Les changements d'états sont enfin provoqués par des torsions de la structure, qui adoptent l'orientation suggérée.

Concept « Culbuto »	Scénario 3	Bastien Leprince, Agathe Dahyot, Armel Rukambura, Yanqiao Gai

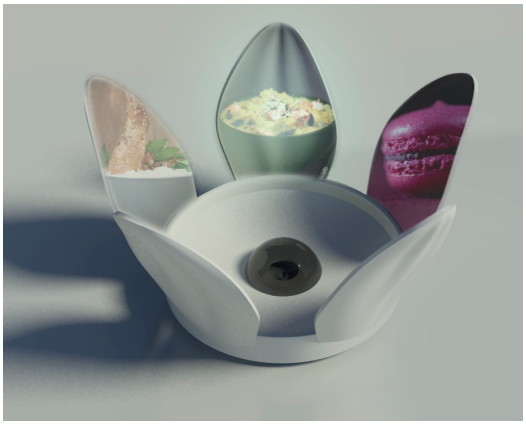


Structure globale. Le produit revêt une structure ovoïdale à la base légèrement écrasée afin d'assurer l'équilibre du produit. Il est composé de plusieurs strates rotatives intégrant, sur les bords extérieurs, des LEDs multicolores, et sur les bords supérieurs un écran permettant d'afficher des interfaces graphiques.

Changements d'états. Les modifications des fonctions provoquent des variations lumineuses et des changements de la forme et du volume. Les strates supérieures qui composent la structure peuvent se rétracter tandis que d'autres, situées au milieu, s'élargissent afin de constituer un plateau et de faire apparaître des interfaces graphiques.

Interactions. Les utilisateurs peuvent tapoter le produit afin de déclencher des fonctions, procéder à des rotations des strates pour naviguer dans du contenu et interagir directement avec l'interface affichée sur le plateau. Ce sont également eux qui interviennent sur la structure afin d'initier sa déformation ou sa reformation.

Concept « Iris »	Scénario 4	Rahman Kalfane, Nadim Raad, Faustine Bougro, Laure Charton



Structure globale. Le produit revêt la forme d'un palet dont la surface supérieure intègre des LEDs et un projecteur permettant d'afficher des interfaces graphiques sur le mur le plus proche. Des « pétales » dotés d'écran sont également disposés sur la circonférence de la structure. Ils favorisent l'accès à certaines fonctions.

Changements d'états. Les modifications des fonctions sont matérialisées par des changements de viscosité et de la spatialité de la structure. La face supérieure du produit évoque alors tantôt une membrane ou une « iris » mécanique. Des traits lumineux habillant la surface renforcent les mouvements qui s'opèrent. L'apparition et l'articulation des pétales donnent quant à eux l'impression d'un ajout et d'une soustraction de matière.

Interactions. Le produit invite les utilisateurs à effleurer la structure, à réaliser des gestes devant les interfaces projetées et à toucher celles qui sont affichées sur les pétales. Ils peuvent également initier les déformations en tournant ou pressant le produit.

3.3. Retour d'expérience

Il est important de rappeler, avant de discuter des concepts de produits présentés, la démarche prospective ayant mené à leur production. Durant cet exercice, nous avons en effet permis aux étudiants de s'émanciper des contraintes liés à la faisabilité technique de leurs propositions, afin qu'elles ne constituent pas un frein à leur créativité. Par ce biais, nous avons souhaité générer des visions « radicales », qui pourraient par la suite inspirer des développements plus pragmatiques et « réalistes ». Les produits illustrés au travers des séquences vidéo présentent ainsi parfois des déformations encore impossibles à réaliser et une utilisation souvent exagérée d'écrans. Malgré ces libertés, les concepts proposés illustrent avec brio les potentialités des produits à composer, et les enjeux de conception qu'ils suscitent.

Les concepts « Gil », « Poly » et « Stick » font, selon nous, le plus écho aux principes que nous avons jusqu'à présent décrits. Ils s'articulent autour de plusieurs déclinaisons d'une même structure, dont les déformations sont envisagées par rapport au contexte d'utilisation du produit. Ces dernières permettent souvent une meilleure préhension, un meilleur support ou un accrochage particulier. Le produit s'adapte alors à l'environnement, mais également aux fonctions ou aux informations qu'il doit délivrer à l'utilisateur. L'information est communiquée en habillant de manière plus ou moins prononcée la structure, qui peut également s'agrandir pour favoriser l'intelligibilité. Bien qu'ils fassent l'écueil de considérer toute une partie du produit comme un écran, jusqu'à parfois réduire le produit à une tablette dont la taille et le support peuvent être ajustés, les concepts « Poly » et « Gil » développent des identités structurelles propres à chaque situation décrite dans le scénario. Si le « bâton » illustré dans « Stick » se déforme de manière moins prononcée, il reflète quant à lui une meilleure occupation du volume du produit. C'est d'ailleurs celui qui, parmi les concepts proposés, pourrait être réalisé à plus court terme.

Les concepts « Culbuto » et « Iris » contrastent avec la logique d' « écran » développés par les autres étudiants en proposant une identité structurelle très forte (l'œuf et les pétales). Cette dernière semble cependant primer sur les informations devant être communiquées à l'utilisateur et influencer les choix des étudiants. Bien qu'un travail intéressant sur la lumière ait été mené au travers de ces deux concepts, les interfaces et les interactions envisagées ne semblent pas toujours en adéquation avec la forme du produit. Dans le concept « Iris », les informations sont ainsi par exemple souvent plaquées sur une partie du produit (les pétales) ou projetées sur un mur. Dans « Culbuto », des déformations exagérées permettent aux étudiants de dépasser les contraintes de la structure ovoïdale afin d'envisager de nouvelles modalités d'affichage et d'interaction.

De manière générale, les productions des étudiants reflètent leur difficulté à envisager un couplage dynamique des fonctions, de la structure et des interactions des produits. L'exercice auquel nous les avons soumis requiert en effet d'envisager des modalités d'affichages cohérentes avec une structure volumique par ailleurs susceptible d'évoluer au cours du temps. Les designers, traditionnellement formés à dessiner des interfaces graphiques ou la forme des produits, sont amenés à travailler ensemble. Ils doivent en effet réfléchir de concert aux aménagements formels et interactionnels à réaliser pour concevoir ces nouveaux produits à composer. Les concepts proposés par les étudiants nous confortent donc dans l'idée que les modèles et principes que nous avons développés durant notre recherche constituent des outils utiles pour les concepteurs.

Chapitre 2: Conclusion et perspectives

Cette recherche nous a conduits à identifier les enjeux soulevés par les technologies et la vision de l'Internet des Objets sur l'activité de conception, et plus particulièrement sur le travail du designer. Elle a permis de mettre en exergue l'émergence d'un nouveau type d'applications, permettant aux produits du quotidien de s'interopérer avec des services Web, et d'examiner la manière dont elles peuvent être utilisées pour créer des produits « augmentés ». La première partie de notre travail a porté sur la définition de ces applications orientées produit, dont les mécanismes sont peu décrits dans la littérature scientifique. La conduite de trois expérimentations nous a menés à distinguer celles visant à représenter, augmenter et orchestrer les fonctions des produits, et à proposer un modèle permettant de communiquer aux concepteurs, mais également aux utilisateurs, la manière dont elles s'intègrent dans le monde physique. Nous considérons que ce dernier résulte d'une démarche de co-création avec des utilisateurs, et favorise la figuration des applications par les utilisateurs. Il constitue le premier apport théorique de notre travail.

La seconde partie traite de l'intégration des applications permettant d'augmenter l'offre fonctionnelle des produits. Elle décrit l'impact de ces dernières sur la relation entre les fonctions, le comportement et la structure des produits et met en évidence l'émergence d'une seconde phase de conception, durant laquelle de nouveaux acteurs, tels que des éditeurs de services ou des utilisateurs, sont susceptibles d'intervenir. Nous avons montré que la possibilité d' « instancier » des applications de manière dynamique, après la fabrication du produit, suscite des problématiques liées à leur représentation. Après avoir identifié les critères d'intelligibilité facilitant l'observation, le traçage et le contrôle des applications par les utilisateurs, nous avons exploré, au travers de la création de trois prototypes, les stratégies possibles quant au design de la forme et des interactions des produits augmentés. Leur évaluation, au cours d'une quatrième expérimentation, nous a permis d'élaborer des principes visant à intégrer les applications dans la structure des produits. Ils constituent le second apport théorique de notre travail.

Les résultats de notre recherche nous ont enfin amenés à présenter les limites des produits augmentés, et à discuter des opportunités offertes par de nouveaux matériaux, dont les propriétés rendent possible une modification dynamique de la structure des produits. Nous considérons que le recours à ces technologies émergentes permettra dans le futur de créer des produits exprimant, par leur forme, la diversité des fonctions amenées par les applications. Le concept de produits à composer que nous présentons dans la dernière partie de notre travail illustre selon nous la nécessité de réinventer les produits. Il constitue à la fois une réponse à la problématique posée par notre recherche, et un point de départ à d'autres travaux.

Comme dans toute recherche menée en laboratoire, la validité des modèles et principes que nous avons élaborés, peut être questionnée. Bien qu'il puisse se révéler « erroné », le

« cadre conceptuel » que nous présentons s'appuie sur des données empiriques, applicables à la population étudiée. Nous avons démontré qu'il permettait la création de prototypes augmentés par des applications, dont les choix formels et interactionnels sont perçus différemment par des utilisateurs. Nous ne considérons d'ailleurs pas ces derniers comme des produits prêts à être fabriqués[169], mais comme des « hypothèses physiques »[170], dont les qualités apparaissent « suffisantes » pour formuler des conclusions pertinentes et potentiellement applicables à d'autres cas. Koskinen et al. (Koskinen et al., 2011, p.63) rappellent que l'enjeu des modèles établis par les chercheurs est avant tout d' « informer » le concepteur, qui choisira alors de les « accepter » ou au contraire d'en pointer les faiblesses. Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises dans ce mémoire, les modèles et les principes sur lesquels nous avons développé notre pratique ne peuvent être généralisés. C'est en conduisant de nouvelles évaluations auprès d'échantillons plus larges et variés, ainsi qu'en développant d'autres types prototypes de produits augmentés, que nos résultats pourront être « éprouvés ». Il serait également intéressant de mettre en perspective ces derniers, obtenus à l'échelle d'un produit, avec ceux résultant d'une utilisation conjointe, au sein d'un même lieu ou à distance, de plusieurs produits.

Malgré les limites de notre approche, nous considérons que la production théorique et les artéfacts qui en résultent contribuent aux réflexions menées au sein des disciplines de l'Informatique Ubiquitaire, des interactions homme-machine et des sciences de la conception. Les modèles que nous avons développés peuvent ainsi être employés pour guider le développement des infrastructures permettant la création d'applications. Ils ont notamment été adoptés par les chercheurs des Bell Labs avec lesquels nous avons travaillé. Les prototypes que nous avons créés permettent quant à eux de « matérialiser » des technologies souvent invisibles, et de les « contextualiser ». Ils « incarnent » également les problématiques liées à leur intégration dans le monde réel, et « replacent » par conséquent le produit au cœur de l'Internet des Objets. Ils « invitent » en cela à la collaboration des différents acteurs de la conception, et à la prise en compte des aspects humains tels que le design de l'expérience utilisateur.

Notre recherche a donc pour vocation d'être poursuivie et approfondie au travers de différentes disciplines. Le développement des systèmes embarqués aux produits, le design des interactions homme-machine et la formalisation de méthodes de conception nous semblent en effet indispensables à la démocratisation des produits augmentés et à composer. Il est également possible de réexaminer les enjeux que suscite leur création au regard des nouvelles techniques de fabrication à la demande. Si nous n'avons pas évoqué la dimension économique dans notre travail, la question des modèles de rentabilité nous paraît cruciale à la diffusion de l'Internet des

[169] De nombreuses problématiques, telles que celles liées à la durabilité, à la sécurité, à la stabilité des applications ou à l'infrastructure qu'elles nécessitent n'ont en effet pas été prises en compte.

[170] Nous empruntons ici le terme utilisé par Frens (Frens, 2006, p.29).

Objets dans la société. La perspective de poursuivre notre recherche dans un autre contexte que celui de l'habitat nous intéresse particulièrement. De la même manière que nous avons travaillé à l'incorporation des applications dans les produits, nous souhaitons explorer les moyens de les matérialiser dans la ville.

PARTIE VIII. PUBLICATIONS REALISEES DANS LE CADRE DE LA THESE

- **Articles publiés dans des journaux scientifiques**

Thébault P., Decotter D., Boussard M., Lu M. « Embodying services into physical places: towards the design of a mobile environment browser ». Transactions on Interactive Intelligent Systems. ACM, 2013.

Thébault P., Samier H., Bihanic D., Richir S. « Designing for the Ubiquitous Computing era: towards the reinvention of everyday objects and the creation of new user experiences. ». International Journal of Design and Innovation Research. 2011.

- **Articles présentés dans le cadre de conférences**

Thébault P., Bihanic D., Samier H., Richir S. « The bridge between physical and digital worlds: implications for the design of Internet-enabled products ». Dans : Proceedings of the International Conference on Virtual Reality. 2011.

Boussard M., Thébault P. « Navigating the Web of Things: Visualizing and Interacting with Web-Enabled Objects ». Dans : Proceedings of the International Symposium on Leveraging Applications. Springer, 2010. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16558-0_33

- **Articles présentés dans le cadre d'ateliers**

Thébault P., Decotter D., Richir S. « Towards the design of intelligible object-based applications for the Web of Things ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Web of Things. 2011.

Thébault P., Boussard M., Lu M., Mivielle C., Richir S. « EnvB: An Environment-based Mobile Browser for the Web of Things ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Interacting with Smart Objects. 2011.

PARTIE IX. BIBLIOGRAPHIE

Abowd G. D. « What next, Ubicomp? Celebrating an intellectual disappearing act ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. 2012.

Abowd G. D. « Classroom 2000: An experiment with the instrumentation of a living educational environment ». IBM Systems Journal. IBM, 1999.

Abowd G. D., Bobick A. F., Essa I. A., Mynatt E., Rogers W. A. « The aware home: A living laboratory for technologies for successful aging ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Automation as Caregiver. 2002.

Abowd G. D., Dey A. K., Brown P., Davies N., Smith M., Steggles P. « Towards a better understanding of context and context-awareness ». Dans : Proceedings of the International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Springer, 1999.

Abowd G. D., Mynatt E. « Charting past, present, and future research in ubiquitous computing ». Transactions on Computer-Human Interaction. 2000.

Aigrain P., Kaplan D. (éd.). Internet peut-il casser des briques ? Descartes & Cie, 2013.

Alexander B. « Web 2.0: A new wave of innovation for teaching and learning? ». Educause Review. Educause, 2006.

Araya A. A. « Questioning ubiquitous computing ». Dans : Proceedings of the International Conference on Computer Science. ACM, 1995.

Atzori L., Iera A., Morabito G. « The Internet of Things: A survey ». Computer Networks. Elsevier B.V, 2010. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010

Bangor A., Kortum P. T., Miller J. T. « An Empirical Evaluation of the System Usability Scale ». International Journal of Human-Computer Interaction. 2008.

Barton J. J., Kindberg T. The cooltown user experience. HP, 2001. Disponible sur : http://www.hpl.hp.com/techreports/2001/HPL-2001-22.html

Baudrillard J. Le système des objets. Gallimard, 1978.

Bayazit N. « Investigating design: A review of forty years of design research ». Design Issues. MIT Press, 2004.

Becker G. « Prada epicenter revisited ». Dans : fredshouse.net. 2005. Disponible sur : http://www.fredshouse.net/archive/000159.html

Beer D., Burrows R. « Sociology And, of and in Web 2.0: Some Initial Considerations ». Sociological Research Online. 2007. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.5153/sro.1560

Beigl M., Gellersen H., Schmidt A. « Mediacups: experience with design and use of computer-augmented everyday artefacts ». Computer Networks. Elsevier, 2001.

Bell G., Dourish P. « Yesterday's tomorrows: notes on ubiquitous computing's dominant vision ». Personal and Ubiquitous Computing. 2007.

Bellotti V., Back M., Edwards W. K., Grinter R. E., Henderson A., Lopes C. « Making sense of sensing systems: five questions for designers and researchers ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2002.

Bellotti V., Edwards W. K. « Intelligibility and accountability: human considerations in context-aware systems ». Human–Computer Interaction. Taylor & Francis, 2001.

Berg B. L., Lune H. Qualitative research methods for the social sciences. Allyn & Bacon, 1998.

Bergman E. (éd.). Information Appliances and Beyond. Morgan Kaufmann Pub, 2000.

Beyer H., Holtzblatt K. « Contextual design ». Interactions. ACM, 1999.

Blaich R. I. « Philips corporate industrial design: A personal account ». Design Issues. JSTOR, 1989.

Bleecker J. « Design Fiction: A Short Essay on Design, Science, Fact and Fiction ». 2009. Disponible sur : http://www.nearfuturelaboratory.com/2009/03/17/design-fiction-a-short-essay-on-design-science-fact-and-fiction/

Bleecker J. A manifesto for networked objects—cohabiting with pigeons, arphids and aibos in the internet of things. 2006. Disponible sur : http://fr.scribd.com/doc/14748019/Why-Things-Matter

Blom J., Chipchase J., Lehikoinen J. « Contextual and cultural challenges for user mobility research ». Communications of the ACM. ACM, 2005.

Bohn J., Coroamă V., Langheinrich M., Mattern F., Rohs M. « Living in a World of Smart Everyday Objects—Social, Economic, and Ethical Implications ». Human and Ecological Risk Assessment. 2004. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1080/10807030490513793

Bouchard D., Costanza E., Merrill D., Sadi S., Maes P., Pinhanez C., Susani M. Making Ubicomp Approachable: Interaction Design for Augmented Objects. 2006. Disponible sur : http://www.academia.edu/342233/Making_Ubicomp_Approachable_Interaction_Design_for_Augmented_Objects

Boujut J. F., Blanco E. « Intermediary Objects as a Means to Foster Co-operation in Engineering Design ». Dans : Proceedings of the International Conference on Computer Supported Cooperative Work. Springer, 2003.

Boussard M., Christophe B., Le Berre O., Toubiana V. « Providing user support in web-of-things enabled smart spaces ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Web of Things. ACM, 2011.

Boussard M., Thébault P. « Navigating the Web of Things: Visualizing and Interacting with Web-Enabled Objects ». Dans : Proceedings of the International Symposium on Leveraging Applications. Springer Berlin Heidelberg, 2010. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16558-0_33

Boutinet J.-P. Psychologie des conduites à projet. Presses Universitaires de France, 2011.

Brock D. L. The Electronic Product Code (EPC). MIT Auto-ID Center, 2001. Disponible sur : http://www.autoidlabs.org/uploads/media/MIT-AUTOID-WH-002.pdf

Buchenau M., Suri J. F. « Experience prototyping ». Dans : Proceedings of the International Conference on Designing Interactive Systems. ACM, 2000.

Card S. K., Moran T. P., Newell A. The psychology of human-computer interaction. Routledge, 1983.

Carroll J. M. Making Use. MIT Press, 2000.

Carter S. A., Mankoff J. Challenges for ubicomp evaluation. Computer Science Division, University of California, 2004.

Chalmers M., MacColl I. « Seamful and seamless design in ubiquitous computing ». Dans : Proceedings of the International Workshop on the Interaction of HCI and Systems Issues in UbiComp. 2003.

Chaouchi H. The Internet of Things. Wiley, 2013.

Chen G., Kotz D. A survey of context-aware mobile computing research. Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College, 2000.

Cheverst K., Byun H. E., Fitton D., Sas C., Kray C., Villar N. « Exploring Issues of User Model Transparency and Proactive Behaviour in an Office Environment Control System ». User Modeling and User-Adapted Interaction. 2005. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1007/s11257-005-1269-8

Cheverst K., Davies N., Mitchell K., Efstratiou C. « Using context as a crystal ball: Rewards and pitfalls ». Personal and Ubiquitous Computing. Springer-Verlag, 2001.

Cheverst K., Davies N., Mitchell K., Friday A. « Experiences of developing and deploying a context-aware tourist guide: the GUIDE project ». Dans : Proceedings of the International Conference on Mobile computing and networking. ACM, 2000.

Chi P., Chen J., Liu S., Chu H. « Designing Smart Living Objects–Enhancing vs. Distracting Traditional Human–Object Interaction ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction. Springer, 2007.

Chittaro L., Kumar A. N. « Reasoning about function and its applications to engineering ». Artificial Intelligence in Engineering. Elsevier, 1998.

Choulier D. Comprendre l'activité de conception. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2008.

Christophe B., Boussard M., Lu M., Pastor A., Toubiana V. « The web of things vision: Things as a service and interaction patterns ». Bell Labs Technical Journal. John Wiley \& Sons, Inc, 2011. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1002/bltj.20485

Coelho M., Zigelbaum J. « Shape-changing interfaces ». Personal and Ubiquitous Computing. 2010. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1007/s00779-010-0311-y

Consolvo S., Arnstein L., Franza B. « User study techniques in the design and evaluation of a ubicomp environment ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2002.

Cook D. J., Das S. K. « How smart are our environments? An updated look at the state of the art ». Pervasive and Mobile Computing. Elsevier, 2007.

Cooper A. The Inmates Are Running the Asylum. Sams, 2004.

Coutaz J. « Meta-user interfaces for ambient spaces ». Dans : Proceedings of the International Conference on Task Models and Diagrams for Users Interface Design. Springer, 2007.

Couture N., Rivière G., Reuter P. « GeoTUI: A Tangible User Interface for Geoscience ». Dans : Proceedings of the International Conference on Tangible and Embedded Interaction. 2008.

Crabtree A., Rodden T. « Domestic routines and design for the home ». Dans : Proceedings of the International Conference on Computer Supported Cooperative Work. Springer, 2004.

Crabtree A., Rodden T., Hemmings T., Benford S. « Finding a Place for UbiComp in the Home ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2003.

Cross N. « Designerly ways of knowing ». Design Studies. Elsevier, 1982.

Cross N. « Designerly Ways of Knowing: Design Discipline Versus Design Science ». Design Issues. 2001. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1162/074793601750357196

Cross N. « Design research: A disciplined conversation ». Design Issues. JSTOR, 1999.

Cui Y., Chipchase J., Jung Y. « Personal TV: A qualitative study of mobile TV users ». Dans : Proceedings of the International Conference on Interactive TV. Springer, 2007.

Curedale R. Design Methods 1: 200 ways to apply design thinking. Design Community College Inc, 2012.

Davidoff S., Lee M., Yiu C., Zimmerman J., Dey A. K. « Principles of smart home control ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2006.

Denning P. J. The Invisible future. McGraw-Hill, 2002.

Denzin N. K., Lincoln Y. S. « The discipline and practice of qualitative research ». Handbook of qualitative research. 2000.

Dey A. K. « Understanding and using context ». Personal and Ubiquitous Computing. Springer, 2001.

Dinet J., Kitajima M. « Draw me the Web: impact of mental model of the web on information search performance of young users ». Dans : Actes de la Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine. ACM, 2011.

Djajadiningrat T., Overbeeke K., Wensveen S. « But how, Donald, tell us how? On the creation of meaning in interaction design through feedforward and inherent feedback ». Dans : Proceedings of the International Conference on Designing Interactive Systems. ACM, 2002.

Dourish P. Where The Action Is. MIT Press, 2004.

Dourish P., Bell G. « Divining a Digital Future: Mess and Mythology in Ubiquitous Computing ». MIT Press. The MIT Press, 2011.

Ducatel K., Bogdanowicz M., Scapolo F., Leijten J. Scenarios for ambient intelligence in 2010. IST Advisory Group, 2001.

Dumas J. S., Redish J. A Practical Guide to Usability Testing. Intellect Ltd, 1999.

Duquennoy S., Grimaud G., Vandewalle J.-J. « The Web of Things: interconnecting devices with high usability and performance ». Dans : Proceedings of the International Conference on Embedded Software and Systems. IEEE, 2009.

Edwards W. K., Grinter R. E. « At home with ubiquitous computing: Seven challenges ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2001.

Edwards W. K., Newman M. W., Poole E. S. « The infrastructure problem in HCI ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. 2010.

Ehn P. « Participation in design things ». Dans : Proceedings of the International Conference on Participatory Design. 2008.

Evans D. The Internet of Things. Cisco Internet Business Solutions Group, 2011.

Fallman D. « The interaction design research triangle of design practice, design studies, and design exploration ». Design Issues. MIT Press, 2008.

Feiner S., MacIntyre B., Höllerer T., Webster A. « A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment ». Personal and Ubiquitous Computing. Springer, 1997.

Findeli A. « La recherche-projet: une méthode pour la recherche en design ». Dans : Actes du Symposium de Recherche sur le Design. 2004.

Fitzmaurice G. W., Ishii H., Buxton W. A. « Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co, 1995.

Flichy P. L'innovation technique. Editions La Découverte, 2003.

Frayling C. Research in Art and Design. Royal College of Art, 1993.

Frens J. W. Designing for rich interaction: Integrating form, interaction, and function. J.F. Schouten School for User-System Interaction Research, 2006.

Frens J. W., Djajadiningrat T., Overbeeke C. J. « Form, interaction and function, an exploratorium for interactive products ». Dans : Proceedings of the International Conference on Asian Design. 2003.

Friedewald M., Costa O. D., Punie Y., Alahuhta P., Heinonen S. « Perspectives of ambient intelligence in the home environment ». Telematics and Informatics. 2005. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1016/j.tele.2004.11.001

Galloway A. « Intimations of everyday life: Ubiquitous computing and the city ». Cultural Studies. 2004. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1080/0950238042000201572

Gaver B. « Designing for Ludic Aspects of Everyday Life ». ERCIM News. 2001. Disponible sur : http://www.ercim.eu/publication/Ercim_News/enw47/gaver.html

Gero J. S. « Design prototypes: a knowledge representation schema for design ». AI Magazine. 1990.

Gero J. S., Kannengiesser U. « The situated function–behaviour–structure framework ». Design Studies. 2004. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2003.10.010

Gershenfeld N. When Things Start to Think. Holt Paperbacks, 2000.

Gershenfeld N., Krikorian R., Cohen D. « The Internet of things. ». Scientific American. 2004.

Gibson J. J. The ecological approach to visual perception. Lawrence Erlbaum, 1979.

Gillett S. E., Lehr W., Wroclawski J., Clark D. « A Taxonomy of Internet Appliances ». Dans : Proceedings of the International Conference on Telecommunications Policy Research. 2000.

Giustini D. « How Web 2.0 is changing medicine ». BMJ. BMJ, 2006.

Gorbet M. G., Orth M., Ishii H. « Triangles: tangible interface for manipulation and exploration of digital information topography ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. Request Permissions, 1998. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1145/274644.274652

Gould J. D., Lewis C. « Designing for usability: key principles and what designers think ». Communications of the ACM. ACM, 1985.

Greenfield A. Every[ware]. FYP éditions, 2007.

Grosky W. I., Kansal A., Nath S., Liu J., Zhao F. « Senseweb: An infrastructure for shared sensing ». Multimedia. IEEE, 2007. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1109/MC

Guinard D., Trifa V. « Towards the web of things: Web mashups for embedded devices ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Mashups, Enterprise Mashups and Lightweight Composition on the Web. 2009a.

Guinard D., Trifa V., Mattern F., Wilde E. « From the Internet of Things to the Web of Things: Resource-oriented Architecture and Best Practices ». Dans : Architecting the Internet of Things. Springer, 2011.

Guinard D., Trifa V., Pham T., Liechti O. « Towards physical mashups in the web of things ». Dans : Proceedings of the International Conference on Networked Sensing Systems. IEEE, 2009b.

Hallnäs L., Redstrom J. « From use to presence: on the expressions and aesthetics of everyday computational things ». Transactions on Computer-Human Interaction. ACM, 2002.

Hanington B., Martin B. Universal Methods of Design. Rockport Publishers, 2012.

Hassenzahl M., Tractinsky N. « User experience - a research agenda ». Behaviour & Information Technology. 2006. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1080/01449290500330331

Hippel Von E. « Lead Users: A Source of Novel Product Concepts ». Management Science. 1986. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.32.7.791

Hippel Von E., Katz R. « Shifting innovation to users via toolkits ». Management Science. INFORMS, 2002.

Hodges S., Taylor S., Villar N., Scott J., Bial D., Fischer P. « Prototyping Connected Devices for the Internet of Things ». Computer. 2013.

Hoegg R., Martignoni R., Meckel M., Stanoevska-Slabeva K. « Overview of business models for Web 2.0 communities ». Dans : Proceedings of the International Conference on GeNeMe. 2006.

Holmquist L., Mattern F., Schiele B., Alahuhta P., Beigl M., Gellersen H. « Smart-its friends: A technique for users to easily establish connections between smart artefacts ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2001.

Holmquist L., Redstrom J., Ljungstrand P. « Token-based access to digital information ». Dans : Proceedings of the International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Springer, 1999.

Houde S., Hill C. « What do prototypes prototype ». Dans : Hanbook of Human-Computer Interaction. Elsevier, 1997.

Hribernik K. A., Ghrairi Z., Hans C., Thoben K.-D. « Co-creating the Internet of Things—First experiences in the participatory design of Intelligent Products with Arduino ». Dans : Proceedings of the International Conference on Concurrent Enterprising. IEEE, 2011.

Huang A. C., Ling B. C., Barton J. J., Fox A. « Making computers disappear: appliance data services ». Dans : Proceedings of the International Conference on Mobile computing and networking. ACM, 2001.

Ichikawa F., Chipchase J., Grignani R. Where's the phone? A study of Mobile Phone Location in Public Spaces. Nokia, 2005. Disponible sur : http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.88.4057&rep=rep1&type=pdf

Intille S. S., Larson K., Beaudin J. S., Nawyn J., Tapia E. M., Kaushik P. « A living laboratory for the design and evaluation of ubiquitous computing technologies ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2005.

Intille S. S., Larson K., Tapia E., Beaudin J. S., Kaushik P., Nawyn J., Rockinson R. « Using a live-in laboratory for ubiquitous computing research ». Dans : Proceedings of the International Conference on Pervasive Computing. Springer, 2006.

Ishii H. « Tangible bits: beyond pixels ». Dans : Proceedings of the International Conference on Tangible and Embedded Interaction. ACM, 2008.

Ishii H., Lakatos D., Bonanni L., Labrune J.-B. « Radical Atoms: Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials ». Interactions. 2012.

ISO. 9241: Human-centred design for interactive systems - Part 210: Human-centred design for interactive systems. 2010. Disponible sur : http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=52075

ISO. 9241: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability. 1998. Disponible sur : http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883

Jameson A., Baldes S., Bauer M., Kroner A. « Resolving the tension between invisibility and transparency ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Invisible and Transparent Interfaces. 2004.

Jammes F., Mensch A., Smit H. « Service-oriented device communications using the devices profile for web services ». ACM, 2005.

Jones J. C. Design Methods. Wiley, 1992.

Jordà S., Geiger G., Alonso M., Kaltenbrunner M. « The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces ». Dans : Proceedings of the International Conference on Tangible and Embedded Interaction. ACM, 2007.

Kawsar F. A Document-Based Framework for User Centric Smart Object Systems. Department of Computer Science, Waseda University, 2009.

Kay J., Kummerfeld B., Lauder P. « Managing private user models and shared personas ». Dans : Proceedings of the International Workshop on User Modeling for Ubiquitous Computing. 2003.

Kidd C., Orr R., Abowd G. D., Atkeson C., Essa I. A., MacIntyre B., Mynatt E., Starner T. E., Newstetter W. « The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research ». Dans : Cooperative buildings. Integrating information, organizations, and architecture. Springer, 1999.

Kincheloe J. L. « Describing the bricolage: Conceptualizing a new rigor in qualitative research ». Qualitative Inquiry. Sage Publications, 2001.

Kirste T. « Ambient Intelligence: Towards Smart Appliance Ensembles ». Dans : From Integrated Publication and Information Systems to Information and Knowledge Environments. Springer, 2004.

Kitchin R., Dodge M. Code/Space: Software and Everyday Life. MIT Press, 2011.

Kortuem G., Alford D., Ball L., Busby J., Davies N., Efstratiou C., Finney J., White M., Kinder K. « Sensor networks or smart artifacts? an exploration of organizational issues of an industrial health and safety monitoring system ». Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2007.

Kortuem G., Kawsar F. « User innovation for the internet of things ». Dans : Proceedings of the International Workshop What can the Internet of Things do for the Citizen. 2010a.

Kortuem G., Kawsar F., Fitton D., Sundramoorthy V. « Smart objects as building blocks for the internet of things ». Internet Computing. IEEE, 2010b.

Koskinen I., Zimmerman J., Binder T., Redstrom J., Wensveen S. Design Research through Practice. Morgan Kaufmann, 2011.

Krikke J. « T-Engine: Japan's ubiquitous computing architecture is ready for prime time ». Pervasive Computing. IEEE Educational Activities Department, 2005. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2005.40

Krippendorff K. « Product Semantics: a triangulation and four design theories ». Dans : Proceedings of the International Conference on Product Semantics. 1989.

Krippendorff K., Butter R. « Product semantics: Exploring the symbolic qualities of form ». Innovation Spring. 1984.

Krumm J. Ubiquitous Computing. Chapman & Hall, 2009.

Kuniavsky M. Smart Things: Ubiquitous Computing User Experience Design. Morgan Kaufmann, 2010.

Langheinrich M. « Privacy by design—principles of privacy-aware ubiquitous systems ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2001.

Latour B. Nous n'avons jamais été modernes. Editions La Découverte, 1997.

Law E. L. C., Roto V., Hassenzahl M., Vermeeren A. P. O. S., Kort J. « Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2009.

Lederer S., Hong I., Dey A. K., Landay J. A. « Personal privacy through understanding and action: five pitfalls for designers ». Personal and Ubiquitous Computing. Springer-Verlag, 2004.

Lewis T. « Information appliances: Gadget netopia ». Computer. IEEE, 1998.

Lévi-Strauss C. La pensée sauvage. Plon, 1969.

Lucky R. « Connections ». Spectrum. 1999. Disponible sur : http://www.boblucky.com/reflect/mar99.htm

Lyons K., Starner T. E., Plaisted D., Fusia J., Lyons A., Drew A., Looney E. W. « Twiddler typing: one-handed chording text entry for mobile phones ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2004.

Mackay W. E., Fayard A. L. « HCI, natural science and design: a framework for triangulation across disciplines ». Dans : Proceedings of the International Conference on Designing Interactive Systems. ACM, 1997.

Mann S. « Wearable computing: A first step toward personal imaging ». Computer. IEEE, 1997.

Marx G. T. « Ethics for the new surveillance ». The Information Society. Taylor & Francis, 1998.

Marzano S. The new everyday. 010 Publishers, 2003.

Mattern F. « From smart devices to smart everyday objects ». Dans : Proceedings of the International Conference on Smart Objects. 2003.

Mavrommati I., Kameas A. « The evolution of objects into hyper-objects: will it be mostly harmless? ». Personal and Ubiquitous Computing. 2003. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1007/s00779-003-0223-1

McGrenere J., Ho W. « Affordances: Clarifying and evolving a concept ». Dans : Proceedings of the International Conference on Graphics Interface. 2000.

McNerney T. « From turtles to Tangible Programming Bricks: explorations in physical language design ». Personal and Ubiquitous Computing. 2004. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1007/s00779-004-0295-6

Mellis D., Banzi M., Cuartielles D., Igoe T. « Arduino: An open electronic prototyping platform ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. 2007.

Merleau-Ponty M. Phénoménologie de la perception. Gallimard, 1945.

Merrill D., Kalanithi J., Maes P. « Siftables: towards sensor network user interfaces ». Dans : Proceedings of the International Conference on Tangible and Embedded Interaction. ACM, 2007.

Meyer G. G., Främling K., Holmström J. « Intelligent products: A survey ». Computers in Industry. Elsevier, 2009.

Meyer S., Rakotonirainy A. « A survey of research on context-aware homes ». Dans : Proceedings of the Australasian information security workshop conference on ACSW frontiers. Australian Computer Society, Inc, 2003.

Michahelles F. « How the Internet of Things will gain momentum: Empower the users ». Dans : Proceedings of the International Conference of Impact on Ubiquitous RFID/USN Systems to Industry. 2009.

Milgram P., Kishino F. « A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays ». Transactions on Information and Systems. The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 1994.

Millen D. R. « Rapid ethnography: time deepening strategies for HCI field research ». Dans : Proceedings of the International Conference on Designing Interactive Systems. ACM Request Permissions, 2000. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1145/347642.347763

Miller P. « Web 2.0: Building the new library ». Ariadne. Pew Internet & American Life Project, 2005.

Mistry P., Maes P. « SixthSense ». Dans : Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. ACM Press, 2009a. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1145/1667146.1667160

Mistry P., Maes P., Chang L. « WUW-wear Ur world: a wearable gestural interface ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2009b.

Mohageg M. F., Wagner A. « Design Considerations for Information Appliances ». Dans : Information Appliances and Beyond. Morgan Kaufmann Pub, 2000.

Moles A. A. « La fonction des mythes dynamiques dans la construction de l'imaginaire social ». Les Cahiers de l'Imaginaire. 1990.

Moore G. E. « Lithography and the future of Moore's law ». Dans : Proceedings of the International Symposium on Microlithography. SPIE, 1995. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1117/12.210341

Muller M. J. « Participatory design: the third space in HCI ». Dans : Human-computer interaction: Development process. CRC Press, 2003.

Munjin D., Morin J.-H. « Toward Internet of Things Application Markets ». Dans : Proceedings of the International Conference on Green Computing and Communications. IEEE, 2012. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1109/GreenCom.2012.33

Musso P. « Usages et imaginaires des TIC ». Dans : L'évolution des cultures numériques. FYP éditions, 2009.

Mühlhäuser M. « Smart products: An introduction ». Dans : Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence. Springer, 2008.

Nelson C., Treichler P. A., Grossberg L. « Cultural Studies: An Introduction ». Cultural Studies. 1992.

Newman M. W., Sedivy J. Z., Neuworth C. M., Edwards W. K., Hong J. I., Izadi S., Marcelo K., Smith T. F. « Designing for serendipity: supporting end-user configuration of ubiquitous computing environments ». Proceedings of the International Conference on Designing Interactive Systems. ACM Press, 2002.

Newton-Dunn H., Nakano H., Gibson J. J. « Block jam: a tangible interface for interactive music ». Dans : Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression. Taylor & Francis, 2003.

Nielsen J. Usability Engineering. Morgan Kaufmann, 1994.

Nielsen J., Molich R. « Heuristic evaluation of user interfaces ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 1990.

Ning H. S., Xu Q. Y. « Research on global Internet of Things“ developments and i ”s construction in China ». Acta Electronica Sinica. 2010.

Noël L. Vers une approche praxéologique du design. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis, 2010.

Nordhaus W. The Progress of Computing. Cowles Foundation for Research in Economics, 2001.

Norman D. The invisible computer. MIT Press, 1999a.

Norman D. The Design of Everyday Things. Basic Books, 2002.

Norman D. « Affordance, conventions, and design ». Interactions. ACM, 1999b.

Norman D. « Some observations on mental models ». Dans : Mental models. Routledge, 1983.

Nova N. Les flops technologiques. FYP éditions, 2011.

OReilly T. « What is Web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software ». Communications & Strategies. 2007.

OReilly T., Battelle J. Web squared: Web 2.0 five years on. Web 2.0 Summit, 2009.

Osimo D. Web 2.0 in government: Why and how. Institute for Prospectice Technological Studies, European Commission, 2008.

Pahl G., Beitz W., Schulz H. J., Jarecki U. Engineering design: a systematic approach. Springer, 2007.

Philipose M., Fishkin K. P., Perkowitz M., Patterson D. J., Fox D., Kautz H., Hahnel D. « Inferring activities from interactions with objects ». Pervasive Computing. IEEE, 2004.

Poslad S., Charlton P. Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions. Wiley, 2009.

Qian L., Gero J. S. « Function-behavior-structure paths and their role in analogy-based design ». Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing. Cambridge University Press, 1996.

Raffle H. S., Parkes A. J., Ishii H. « Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2004.

Rao B., Minakakis L. « Evolution of mobile location-based services ». Communications of the ACM. ACM, 2003.

Rasmussen M. K., Pedersen E. W., Petersen M. G., Hornbæk K. « Shape-changing interfaces: a review of the design space and open research questions ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2012.

Reason P., Bradbury H. « Handbook of action research ». 2006.

Redstrom J. Designing everyday computational things. Department of Informatics, Göteborg University, 2001.

Riegner C. « Word of mouth on the web: The impact of Web 2.0 on consumer purchase decisions ». Journal of Advertising Research. 2007.

Rittel H. W. J., Webber M. M. « Dilemmas in a general theory of planning ». Policy Sciences. Springer, 1973.

Rodden T., Benford S. « The evolution of buildings and implications for the design of ubiquitous domestic environments ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2003.

Rode J. A. « Appliances for whom? Considering place ». Personal and Ubiquitous Computing. Springer-Verlag, 2006.

Roelands M., Godon M., Feki M. A., Claeys L., Zontrop P., Criel J., De Voegt K., Geerts M., Trappeniers L. « Research Orientation towards Do-it-Yourself Internet-of-Things Mass Creativity Concepts ». Dans : Proceedings of the International Workshop What can the Internet of Things do for the Citizen. 2010.

Rogers Y. « Moving on from weiser's vision of calm computing: Engaging ubicomp experiences ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. 2006.

Rogers Y., Connelly K., Tedesco L., Hazlewood W., Kurtz A., Hall R., Hursey J., Toscos T. « Why it's worth the hassle: The value of in-situ studies when designing UbiComp ». Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. Springer, 2007.

Rogers Y., Sharp H., Preece J. Interaction Design. Wiley, 2011.

Roozenburg N., Eekels J. Product design: fundamentals and methods. Wiley, 1995.

Rouse W. B., Morris N. M. On looking into the black box. Georgia Institute of Technology, 1985.

Rudström Å., Höök K., Svensson M. « Social positioning: designing the seams between social, physical and digital space ». Dans : Proceedings of the International Conference on Online Communities and Social Computing. 2005.

Ruyer R. 365 days's Ambient Intelligence in HomeLab. Philips, 2003. Disponible sur : http://www.research.philips.com/technologies/download/homelab_365.pdf

Ruyer R. L'utopie et les utopies. Presses Universitaires de France, 1950.

Ryokai K., Marti S., Ishii H. « I/O brush: drawing with everyday objects as ink ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2004.

Saha D., Mukherjee A. « Pervasive computing: a paradigm for the 21st century ». Computer. IEEE, 2003.

Sanders E. B. N., Brandt E., Binder T. « A framework for organizing the tools and techniques of participatory design ». Dans : Proceedings of the International Conference on Participatory Design. ACM, 2010.

Sarma S., Brock D. L., Engels D. « Radio frequency identification and the electronic product code ». Micro. 2001.

Satyanarayanan M. « Pervasive computing: vision and challenges ». Personal Communications. 2001. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1109/98.943998

Sauro J., Lewis J. R. Quantifying the user experience: Practical statistics for user research. Elsevier, 2012.

Scardigli V. « Nouvelles technologies : l'imaginaire du progrès ». Dans : L'imaginaire des techniques de pointe. L'Harmattan, 1989.

Schechter B. « Seeing the light: IBM's vision of life beyond the PC ». IBM Research. 2000.

Schifferstein H. N. J., Hekkert P. Product Experience. Elsevier, 2007.

Schilit B., Adams N., Want R. « Context-aware computing applications ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications. IEEE, 1994.

Scholtz J., Consolvo S. Towards a discipline for evaluating ubiquitous computing applications. Intel Research, 2004. Disponible sur : http://www.intel-research.net/Publications/Seattle/022520041200_232.pdf

Schön D. A. The Reflective Practitioner. Basic Books, 1983.

Schuler D., Namioka A. Participatory Design. CRC Press, 1993.

Schulze J., Webb M. Olinda Pamphlet. Schulze & Webb, 2008. Disponible sur : http://berglondon.com/proj/olinda/Olinda_pamphlet_for_screen.pdf

Shaer O., Hornecker E. « Tangible User Interfaces: Past, Present, and Future Directions ». Foundations and Trends in Human–Computer Interaction. 2009. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1561/1100000026

Sharpe B. Information Appliances: an introduction. ApplianceStudio, 2001. Disponible sur : http://web.archive.org/web/20031117213936/http://www.appliancestudio.com/publications/whitepapers/ApplianceIntro.pdf

Shneiderman B. Sparks of Innovation in Human-Computer Interaction. Ablex Publishing, 1993.

Siegemund F. « A context-aware communication platform for smart objects ». Dans : Proceedings of the International Conference on Pervasive Computing. Springer, 2004.

Simon H. A. The Sciences of the Artificial. MIT Press, 1996.

Spinuzzi C. « The methodology of participatory design ». Technical Communication. Society for Technical Communication, 2005.

Staggers N., Norcio A. F. « Mental models: concepts for human-computer interaction research ». International Journal of Man-machine studies. 1993.

Star S. L. « The Ethnography of Infrastructure ». American Behavioral Scientist. 1999. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1177/00027649921955326

Star S. L. « Infrastructure and ethnographic practice ». Scandinavian Journal of Information Systems. 2002.

Starner T. E. « Human-powered wearable computing ». IBM Systems Journal. IBM, 1996.

Sterling B. Objets bavards. FYP éditions, 2009.

Stirbu V. « Towards a RESTful Plug and Play Experience in the Web of Things ». Dans : Proceedings of the International Conference on Semantic Computing. IEEE, 2008. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1109/ICSC.2008.51

Strauss A., Corbin J. « Grounded theory methodology ». Dans : Handbook of qualitative research. Sage Publications, 1994.

Streitz N. A., Rocker C., Prante T., Van Alphen D., Stenzel R., Magerkurth C. « Designing smart artifacts for smart environments ». Computer. IEEE, 2005.

Sundmaeker H., Guillemin P., Friess P., Woelfflé S. Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. European Commission Information Society and Media, 2010.

Takayama L., Pantofaru C., Robson D., Soto B., Barry M., Forward P. « Making Technology Homey: Finding Sources of Satisfaction and Meaning in Home Automation ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. 2012.

Thackara J. « The design challenge of pervasive computing ». Interactions. ACM, 2001.

Trappeniers L., Roelands M., Godon M., Criel J., Dobbelaere P. « Towards abundant DiY service creativity ». Dans : Proceedings of the International Conference on Intelligence in Next Generation Networks. IEEE, 2009.

Traversat B., Abdelaziz M., Doolin D., Duigou M., Hugly J.-C., Pouyoul E. « Project JXTA-C: enabling a Web of things ». Dans : Proceedings of the International Conference on System Sciences. IEEE, 2003.

Tredinnick L. « Web 2.0 and Business: A pointer to the intranets of the future? ». Business Information Review. 2006. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1177/0266382106072239

Tullis T. S., Stetson J. N. « A comparison of questionnaires for assessing website usability ». Dans : Proceedings of the Usability Professional Association Conference. 2004.

Ullmer B. Tangible interfaces for manipulating aggregates of digital information. Massachusetts Institute of Technology, 2002.

Ullmer B., Ishii H. « Emerging frameworks for tangible user interfaces ». IBM Systems Journal. IBM, 2000.

Ullmer B., Ishii H., Jacob R. J. « Token+ constraint systems for tangible interaction with digital information ». Transactions on Computer-Human Interaction. ACM, 2005.

Underkoffler J., Ishii H. « Urp: a luminous-tangible workbench for urban planning and design ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 1999.

VDI. 2221: Systematic approach to the development and design of technical systems and products. 1993. Disponible sur : http://www.vdi.de/technik/richtlinien/richtliniendetails/rili/89894/

Vermaas P. E., Dorst K. « On the conceptual framework of John Gero's FBS-model and the prescriptive aims of design methodology ». Design Studies. 2007. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2006.11.001

Vermeeren A. P. O. S., Law E. L. C., Roto V., Obrist M., Hoonhout J., Väänänen-Vainio-Mattila K. « User experience evaluation methods: current state and development needs ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human-Computer Interaction. ACM, 2010.

Vermeulen J. « Improving intelligibility and control in Ubicomp ». Dans : Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing. ACM, 2010.

Vermeulen J., Lim B. Y., Kawsar F. « Pervasive Intelligibility ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Intelligibility and Control in Pervasive Computing. 2011.

Virzi R. A. « Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough? ». Human Factors. SAGE Publications, 1992.

Want R., Borriello G. « Survey on information appliances ». Computer Graphics and Applications. IEEE, 2000.

Want R., Fishkin K. P., Gujar A., Harrison B. L. « Bridging physical and virtual worlds with electronic tags ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. 1999.

Weber W., Rabaey J., Aarts E. H. L. Ambient Intelligence. Springer, 2005.

Weiser M. « The computer for the 21st century ». Scientific American. Nature Publishing Group, 1991.

Weiser M. « Some computer science issues in ubiquitous computing ». Communications of the ACM. 1993. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1145/159544.159617

Weiser M., Gold R., Brown J. S. « The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s ». IBM Systems Journal. 1999. Disponible sur : http://dx.doi.org/10.1147/sj.384.0693

Wilde E. Putting things to REST. UCB iSchool, 2007.

Yee J. S. R., Bremner C. « Methodological Bricolage–What does it tell us about Design? ». Dans : Proceedings of the International Conference on Doctoral Design Education. 2011.

Yin R. K. Case Study Research. SAGE Publications, 2008.

Zigelbaum J. Mending fractured spaces: external legibility and seamlessness in interface design. Massachusetts Institute of Technology, 2008.

Zimmerman J., Forlizzi J. « The role of design artifacts in design theory construction ». Artifact. Taylor & Francis, 2008.

Zimmerman J., Forlizzi J., Evenson S. « Research through design as a method for interaction design research in HCI ». Dans : Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2007.

Ziola R., Grampurohit S., Landes N., Fogarty J., Harrison B. L. « OASIS: Creating Smart Objects with Dynamic Digital Behaviors ». Dans : Proceedings of the International Workshop on Interacting with Smart Objects. 2011.

LA CONCEPTION A L'ERE DE L'INTERNET DES OBJETS : MODELES ET PRINCIPES POUR LE DESIGN DE PRODUITS AUX FONCTIONS AUGMENTES PAR DES APPLICATIONS

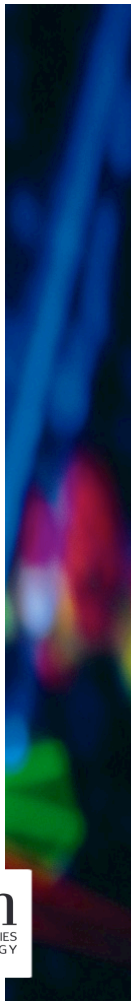
RESUME : L'Internet des Objets, dont la vision et les technologies provoquent la rencontre des mondes physique et numérique, amène aujourd'hui à la création de nouveaux types d'applications permettant d'interopérer les services du World Wide Web avec les produits du quotidien. Ces applications « orientées produit », capables de représenter, contrôler ou de compléter les fonctions d'artéfacts intégrant des capacités de traitement de l'information, remettent en cause les principes et conventions établies par les métiers de la conception. Elles préfigurent l'émergence de produits connectés à Internet, dont l'offre fonctionnelle peut être « augmentée » et modifiée au cours du temps, de manière à répondre aux besoins changeants des utilisateurs. Cette recherche, menée à l'intersection des sciences de la conception, de l'informatique ubiquitaire et des interactions homme-machine, vise à étudier les enjeux que suscitent ces applications lors la conception de produits. Elle met en exergue la nécessité d'établir un modèle descriptif des applications orientées produit facilitant leur figuration par les utilisateurs, ainsi que d'explorer les problèmes pragmatiques résultant de leur intégration dans les produits. Elle conduit également à l'élaboration et l'évaluation, par la pratique, de principes pour le design de la forme et des interactions des produits augmentés. Elle décrit plus particulièrement la ductilité de futurs produits, le nouveau rapport entre fonction, comportement et structure qu'ils établissent, et leurs possibles évolutions. Cette recherche contribue aux travaux sur l'Internet des Objets en proposant un nouveau cadre de discussion, et en offrant aux chercheurs et aux praticiens des outils qui peuvent être employés durant le processus de conception.

Mots clés : conception de produits, recherche en design, produits intelligents, internet des objets, informatique ubiquitaire, interactions homme-machine

DESIGNING FOR THE INTERNET OF THINGS: MODELS AND PRINCIPLES OF APPLICATION-AUGMENTED PRODUCTS

ABSTRACT : The Internet of Things, whose underlying vision and technologies aim at bridging the physical and digital worlds together, lead to the creation of new types of applications coupling Web services with everyday products. Such product-oriented applications, which enable the functional exposition, control or enhancement of artifacts that embed information processing capabilities, question the established design principles and conventions. They open up the possibility for Internet-enabled products, whose functions can be "augmented" and adapted to better support users' changing needs, to be designed. This research, which is at the intersection of Design Science, Ubiquitous Computing and Human-Computer Interactions, aims at studying the impact brought about by applications on product design. It highlights the need to build an application model that facilitates their representation by users, and to explore the pragmatic issues rose by their integration into products. It leads to the definition and evaluation, through practice, of principles for the design of augmented products' form and interactions. It describes the ductility of future products, the novel coupling between functions, behavior and structure they implement and their potential evolutions. This work contributes to the Internet of Things research by reframing the discussion and by providing researchers and practitioners with tools that can be leveraged during the design process.

Keywords : product design, design research, smart products, internet of things, ubiquitous computing, human-computer interactions



ARTS ET MÉTIERS ParisTech

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY