Développement d'un modèle utilisateur pour une mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception

Francis Rasamoelina

▶ **To cite this version:**

Francis Rasamoelina. Développement d'un modèle utilisateur pour une mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception. Autre. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, 2014. Français. NNT : 2014ENAM0067 . tel-01146853

HAL Id: tel-01146853

https://pastel.hal.science/tel-01146853

Submitted on 29 Apr 2015

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

2014-ENAM-0067

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

Doctorat ParisTech

T H È S E

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Spécialité " Conception "

présentée et soutenue publiquement par

Francis RASAMOELINA

le 19 décembre 2014

DEVELOPPEMENT D'UN MODELE UTILISATEUR POUR UNE MISE EN RELATION DU KANSEI ET DE L'ECO-CONCEPTION

Directeur de thèse : **Carole BOUCHARD**
Co-encadrement de la thèse : **Fabrice MANTELET**

Jury

M. Daniel FROELICH, Professeur, LCPI MAPIE, Arts & Métiers Chambéry	Président
Mme Julie LE CARDINAL, Professeur, Laboratoire Génie Industriel, Ecole Centrale Paris	Rapporteur
Mme Peggy ZWOLINSKI, Professeur, G-SCOP, Grenoble INP	Rapporteur
M. Améziane AOUSSAT, Professeur, LCPI, Arts & Métiers ParisTech	Examinateur
Mme. Carole BOUCHARD, Professeur, LCPI, Arts & Métiers ParisTech	Examinateur
M. Fabrice MANTELET, Maître de Conférences, LCPI, Arts & Métiers ParisTech	Examinateur

T H È S E

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

« Quoique tu rêves d'entreprendre, commence-le. L'audace a du génie, du pouvoir, de la magie ». *Goethe*.

Remerciements

Cette thèse est le fruit de trois années passées au sein de l'équipe du Laboratoire LCPI de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts & Métiers. Ce travail n'aurait pas abouti sans la contribution et l'encouragement de plusieurs personnes que je tiens particulièrement à remercier.

Mes premières pensées seront pour ma directrice de thèse : le professeur Carole Bouchard, je la remercie pour ses conseils, sa patience, son soutien, et pour la grande confiance qu'elle m'a constamment accordée.

Je remercie le professeur Améziane Aoussat, directeur du Laboratoire LCPI, pour m'avoir permis d'effectuer cette expérience de recherche au sein du laboratoire.

Je remercie mon co-directeur de thèse Fabrice Mantelet, pour cette thèse, mais aussi pour toutes les fois où il a été présent et a procuré des conseils constructifs lors de mes différents projets.

Je remercie le professeur Julie Le Cardinal et le professeur Peggy Zwolinski pour avoir accepté d'être rapporteurs de ma thèse, pour leur remarquable travail d'évaluation et pour nos discussions constructives à l'issue de la présentation. Je remercie chaleureusement le professeur Daniel Froelich pour sa présence, et pour avoir présidé le jury de ma soutenance de thèse.

Je remercie les membres du Consortium EcoUse : le professeur Daniel Brissaud et le professeur Dominique Millet. Merci Lucie Domingo et Livier Serna, membres du comité *Young Researchers* du consortium EcoUse pour les maintes heures de discussions sur le projet EcoUse et sur la thèse.

J'adresse également mes remerciements aux étudiants de troisième année qui ont participé activement en donnant un souffle au projet : Hector Garcia et Irène Espitia.

Je remercie mes amis et collègues du LCPI, pour leur présence, pour leurs conseils et pour toutes les fois où je les ai sollicités pour participer aux diverses activités relatives à ma thèse, qui n'étaient pas toujours amusantes, mais auxquelles ils ont toujours pris part sans hésitation. Merci pour tous les moments sympathiques qu'on a partagés : Jessy Barre, Vincent Rieuf, Vincent Meyrueis, Everton Amaral, Kerstin Blanchy, Jérôme Gueguan, Anne-Lise Rias, Jean-François Omhover et Nicolas Maranzana, ainsi que les autres membres support et enseignants chercheurs du laboratoire que je n'aurai pas cité, mais qui sont aussi importants à mes yeux.

Je n'oublie pas ceux qui ne font plus partie du laboratoire à qui j'adresse également mes remerciements : Julien Nelson, Benjamin Naudon, Tatiana Hernandez, Ioana Ocnarescu.

Je terminerai par ma famille : mes parents, mon frère. Et finalement ma chérie, mon rayon de soleil pour avoir eu la patience de m'accompagner et pour m'avoir donné la force de mener cette thèse jusqu'au bout.

Glossaire des abréviations utilisées

AA	Capacité d'action
ACV	Analyse de Cycle de Vie
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leurs Criticités
CAD	Computer-Aided Design
CE	Concurrent Engineering, Ingéniérie Concurrente
CSP	Catégorie Socioprofessionnelle
DEFRA	Department for Environment, Foods and Rural Affairs
Dfx	Design for X
DTM	Design Theory and Methodology (Tomiyama et al., 2009)
Eco-x	Attributs spécifiques EcoKansei
EI	Analyse d'impact environnemental
EXPx	Expérimentation x (1, 2 ou 3)
FMECA	Failure Mode, Effect and Criticity Analysis
GSCOP	Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble (INPG)
IA	Intelligence Artificielle
IHM	Interface Homme Machine
ISO	International Standard Organization
KD	Kansei Design
KE	Kansei Engineering, Ingéniérie Kansei
LCPI	Laboratoire de Conception de Produis et Innovation (Arts & Métiers)
LISMAA	Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Mécaniques et des Matériaux (SUPMECA)
LOV	List of Values (Kahle, 1983)
RVS	Rokeach Value System (Rokeach, 1973)
UCD	User Centered Design, Conception Centrée Utilisateur
UPA	Usability Professionnals Association
VFS	Chainage Cognitif Valeurs Fonctions Solutions
VLT	Values Linking Tool
WA	Willingness to Act, envie d'action

Sommaire

REMERCIEMENTS 5

GLOSSAIRE DES ABREVIATIONS UTILISEES 7

SOMMAIRE 9

LISTE DES FIGURES 13

LISTE DES TABLEAUX 16

INTRODUCTION GENERALE 21

A. OBJET DE RECHERCHE 21
B. ORIGINALITE DE LA THESE 21
C. OBJECTIF ET QUESTION DE RECHERCHE 22
D. METHODOLOGIE DE RECHERCHE 22
E. STRUCTURE DU DOCUMENT 23

1. PARTIE 1 : ENJEUX ET POSITIONNEMENT DE LA RECHERCHE 27

1.1. INTRODUCTION 27
1.2. POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE 27
1.2.1. GENIE INDUSTRIEL ET SCIENCE DE LA CONCEPTION 27
1.2.2. LE LABORATOIRE DE CONCEPTION DE PRODUITS ET INNOVATION 28
1.3. ENJEUX MAJEURS 30
1.3.1. ENJEUX METHODOLOGIQUES 30
1.3.2. ENJEUX SOCIETAUX ET POLITIQUES 31

2. PARTIE 2 : ETAT DE L'ART 37

2.1. INTRODUCTION 37
2.1.1. ORIENTATION DE LA RECHERCHE 37
2.1.2. LE KANSEI COMME UN FILTRE D'INTEGRATION 38
2.1.3. SYNOPTIQUE ET SECTIONS DE L'ETAT DE L'ART 39
2.2. LES COMPOSANTES TRANSVERSES DE LA CONCEPTION DE PRODUITS 41
2.2.1. LA CONCEPTION ET L'EVOLUTION TECHNOLOGIQUE 41
2.2.2. HISTORIQUE ET REVUE DES METHODES DE CONCEPTION 42
2.2.3. VERS UN MODELE DE CONCEPTION MULTIDISCIPLINAIRE : DESIGN FOR X 45
2.2.4. DISCIPLINES SUPPORT POUR ECO-CONCEVOIR AVEC LE KANSEI 47
2.2.5. MISE EN RELATION DES TROIS DISCIPLINES SUPPORT 49
2.2.6. SYNTHESE DE LA PREMIERE SECTION 53
2.3. L'EVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE ENVIRONNENEMENTALE EN CONCEPTION DE PRODUITS 54
2.3.1. EVOLUTION DES MENTALITES : DES INSTITUTIONS VERS L'INDIVIDU 54

2.3.2. REPONSES METHODOLOGIQUES : DESIGN FOR ENVIRONNEMENT ET ECO-CONCEPTION 54
2.3.3. LES OUTILS DE L'ECO-CONCEPTION : ACV ET ANALYSE D'IMPACT 55
2.3.4. LA PLACE DE L'UTILISATEUR DANS LA PRISE EN COMPTE ENVIRONNEMENTALE..... 56
2.3.5. SYNTHESE DE LA DEUXIEME SECTION 59
2.4. L'INTEGRATION DE L'HUMAIN DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS.....60
2.4.1. MONDIALISATION ECONOMIQUE ET BESOINS DES CONSOMMATEURS..... 60
2.4.2. CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR 60
2.4.3. MESURE D'UTILISABILITE EN CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR 62
2.4.4. ELEMENTS DE DESIGN DANS LA CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR..... 63
2.4.5. EXTENSION DES OUTILS ISSUS DE L'ERGONOMIE ET DE L'ANALYSE D'USAGE 64
2.4.6. PRODUIT - SERVICES : UNE NOTION INTEGRANT L'UTILISATEUR 65
2.4.7. METHODES DE RECUEIL ETHNOGRAPHIQUES POUR L'ENVIRONNEMENT 66
2.4.8. SYNTHESE DE LA TROISIEME SECTION..... 67
2.5. L'APPORT DES DIMENSIONS KANSEI DANS LA CONCEPTION 68
2.5.1. LES APPROCHES EMOTIONNELLES : INGENIERIE KANSEI & DESIGN EMOTIONNEL..... 68
2.5.2. DEFINITION ET DIMENSIONS DU KANSEI : UNE CULTURE JAPONAISE 70
2.5.3. FORMALISER LE KANSEI : KANSEI DESIGN ET KANSEI INFORMATION 73
2.5.4. LE KANSEI DANS LA CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR : EXPERIENCE UTILISATEUR 75
2.5.5. CONCEVOIR AVEC LE KANSEI : THEORIE DU CHAINAGE COGNITIF..... 76
2.5.6. ASPECTS SUBJECTIFS DU DEVELOPPEMENT DURABLE POUR LA CONCEPTION DE PRODUITS..... 77
2.5.7. PSYCHOLOGIE ENVIRONNEMENTALE : EMOTIONS ET COMPORTEMENTS PRO-ENVIRONNEMENTAUX 78
2.5.8. SYNTHESE DE LA QUATRIEME SECTION 80
2.6. SYNTHESE ET MODELISATION UTILISATEUR 81
2.6.1. MODELE, MODELISER, MODELISATION, MODELE UTILISATEUR 81
2.6.2. MODELISER L'UTILISATEUR ET SON CONTEXTE D'UTILISATION 83
2.6.3. LES ORIGINES DE LA MODELISATION UTILISATEUR : LES SYSTEMES ORIENTES UTILISATEUR EN COMPUTER SCIENCE ET WEB DESIGN, IHM 84
2.6.4. MODELES DE VALEURS : ROKEACH VALUE SYSTEM (RVS)..... 86
2.6.5. MODELES DE DIFFERENTIATION CULTURELLE : HOFSTEDE..... 88
2.6.6. MODELES DE SEGMENTATION : DE LA SOCIOLOGIE AUX POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES 89
2.6.7. MODELES DE L'ERGONOMIE : LES PERSONAS 92
2.6.8. MODELES COGNITIFS ET PSYCHOLOGIQUES : *KANSEI INFORMATION*..... 94
2.6.9. SYNTHESE DE LA CINQUIEME SECTION..... 95
2.7. CONSTATS D'ETAT DE L'ART 96

3. PARTIE 3 : QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHESES..... 101

3.1. QUESTION DE RECHERCHE 101
3.2. HYPOTHESES DE MODELISATION 101
3.2.1. HYPOTHESE GENERALE..... 102
3.2.2. HYPOTHESE H1 : ASPECT SUBJECTIF DES PROFILS UTILISATEURS..... 103
3.2.3. HYPOTHESE H2 : ASPECT SUBJECTIF DES COMPORTEMENTS PRO-ENVIRONNEMENTAUX..... 104

4. PARTIE 4 : EXPERIMENTATIONS 109

4.1. INTRODUCTION 109
4.1.1. ARTICULATION DES EXPERIMENTATIONS AUTOUR D'UN MODELE D'INTERACTION 109

4.1.2. POSITIONNEMENT DES EXPERIMENTATIONS EN PHASE AMONT DE LA CONCEPTION 111
4.1.3. CHOIX DU TYPE DE PRODUIT POUR L'APPLICATION 111
4.1.4. SELECTION D'OUTILS POUR LES EXPERIMENTATIONS 113
4.2. EXPERIMENTATION EXP1 : VALIDER LA PERTINENCE DES VALEURS PERSONNELLES DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS A FORTE ORIENTATION ENVIRONNEMENTALE 114
4.2.1. OBJECTIF DE L'EXPERIMENTATION EXP1 114
4.2.2. METHODE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 115
4.2.3. RESULTAT 1-1 : RECUEIL DE DONNEES 116
4.2.4. RESULTAT 1-2 : MODELE DE SEGMENTATION D'UTILISATEURS EN ECO-VALEURS 121
4.2.5. RESULTAT 1-3 : ANALYSE DE TACHE ET SCENARIO D'UTILISATION 127
4.2.6. RESULTAT 1-4 : GENERATION DE CONCEPT PAR UNE SEANCE DE CREATIVITE 134
4.2.7. RESULTAT 1-5 : CARACTERISATION DU CHAINAGE VALEURS-FONCTIONS-SOLUTIONS 142
4.2.8. SYNTHESE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 143
4.2.9. LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EXP1 144
4.2.10. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION EXP1 AU REGARD DE L'HYPOTHESE H1 145
4.3. EXPERIMENTATION EXP2 : CONCEPTUALISER LES EMOTIONS STIMULATRICES DE COMPORTEMENTS PRO-ENVIRONNEMENTAUX DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS 147
4.3.1. OBJECTIF DE L'EXPERIMENTATION EXP2 147
4.3.2. METHODE DE L'EXPERIMENTATION EXP2 148
4.3.3. RESULTAT 2-1 : MAPPING DES EMOTIONS (130 EMOTIONS) 150
4.3.4. RESULTAT 2-2 : CONCEPTUALISATION DE L'EMOTION « CULPABILITE » ENVERS L'ENVIRONNEMENT EN CONCEPTION DE PRODUIT 156
4.3.5. SYNTHESE DE L'EXPERIMENTATION EXP2 172
4.3.6. LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EXP2 173
4.3.7. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION EXP2 AU REGARD DE L'HYPOTHESE H2 174
4.4. EXPERIMENTATION EXP3 : INTEGRER LES INFORMATIONS KANSEI DANS L'ECO-CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR ECOUSE 177
4.4.1. INTRODUCTION DE L'EXPERIMENTATION EXP3 177
4.4.2. CONTEXTE DU PROJET ECOUSE 177
4.4.3. RESULTATS DU PROJET ECOUSE ET APPORT DES EXPERIMENTATIONS PRECEDENTES 178
4.4.4. OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION EXP3 180
4.4.5. METHODE DE L'EXPERIMENTATION EXP3 180
4.4.6. RESULTATS 3 : CONCEPTION D'UNE MACHINE A CAFE PAR LA METHODE ECOUSE 182
4.4.7. RESUME ET LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EXP3 186
4.5. BILAN DES EXPERIMENTATIONS 188

5. PARTIE 5 : APPORTS & CONSTRUCTION DU MODELE UTILISATEUR 191

5.1. INTRODUCTION 191
5.2. DEMARCHE ET ARTICULATION DES APPORTS 191
5.3. MODELISATION DU SUPPORT D'INTEGRATION : *UNIUMI* 192
5.3.1. APPORTS DE L'ETAT DE L'ART : PRE MODELE DE SUPPORT D'INTEGRATION 192
5.3.2. APPORTS EXPERIMENTAUX : CONCEPTION D'UNE MACHINE A CAFE EN PHASE AMONT DE LA CONCEPTION 194
5.3.3. APPORTS DANS LE CADRE DU PROJET ECOUSE : OUTILS DE CARACTERISATION DES VALEURS ET OUTILS DE MESURE EMOTIONNELLE 194
5.3.4. RESULTAT : PROPOSITION D'UNE REPRESENTATION GENERIQUE : UNIUMI 196

5.4. CARACTERISATION DES DONNEES DE MODELISATION : *ECOKANSEI* 197
5.4.1. APPORTS DE L'ETAT DE L'ART : MULTIPLICITE DES MODELES DE REPRESENTATION DES INDIVIDUS 197
5.4.2. APPORTS EXPERIMENTAUX : LES ATTRIBUTS KANSEI « VALEURS ET EMOTIONS » DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL 200
5.4.3. APPORTS DANS LE CADRE DU PROJET ECOUSE : LES INFORMATIONS SUBJECTIVES DANS LE MODELE DE CONTEXTE ECOUSE 200
5.4.4. RESULTAT : INFORMATIONS ECOKANSEI DANS LA CONCEPTION 201
5.5. DISCUSSIONS AUTOUR DU MODELE 203

CONCLUSION 209

A. APPORTS DE LA THESE 209
B. LIMITES DE L'APPROCHE 211
C. PERSPECTIVES : CHANGEMENT DE COMPORTEMENTS, TRANSFERT D'IMPACT, VALORISATION INDUSTRIELLE ET REUSSITE COMMERCIALE 213

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 217

PRODUCTION SCIENTIFIQUE 233

Liste des figures

FIGURE 1. POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE 28
FIGURE 2. POSITIONNEMENT DU KANSEI DANS LE MODELE DE DEVELOPPEMENT DURABLE DE TISCHNER (RASAMOELINA, BOUCHARD, & AOUSSAT, 2013B) 31
FIGURE 3. ORIENTATION INITIALE DES AXES DE RECHERCHE 38
FIGURE 4. ARTICULATION DU KANSEI AUTOUR DES AXES D'ORIENTATION INITIALE 38
FIGURE 5. VISION MACRO DU TRYPTIQUE INITIAL D'ORIENTATION DES THEMES DE RECHERCHE 39
FIGURE 6. PYRAMIDES D'EGYPTE (RDE.NSW.EDU.AU) 41
FIGURE 7. STATION SPATIALE INTERNATIONALE (SPACEFLIGHT.NASA.GOV) 41
FIGURE 8. LIGNES HISTORIQUES DE LA TECHNOLOGIE (BERKUN, 2010) 42
FIGURE 9. HISTORIQUE DE LA RECHERCHE EN CONCEPTION EN ALLEMAGNE (HEYMANN, 2005) 43
FIGURE 10. METHODE DE CONCEPTION DE PAHL & BEITZ (PAHL & BEITZ, 2007) 43
FIGURE 11. CONVERGENCE DES THEMATIQUES AUTOUR DE LA CONCEPTION 47
FIGURE 12. ORIENTATION DES THEMES PRINCIPAUX AUTOUR DE LA CONCEPTION 48
FIGURE 13. ORIENTATION DE LA QUANTIFICATION 50
FIGURE 14. POURCENTAGE DE DISTRIBUTION SUR UN ENSEMBLE DE 147 REFERENCES DE NIVEAUX 1 A 3 .. 50
FIGURE 15. MODELE D'INTERDISCIPLINARITE EM « EVOKED METAPHOR » (LEVY & YAMANAKA, 2007) .. 51
FIGURE 16. RELATION ENTRE DUREE DE VIE D'ATTACHEMENT ET DUREE DE VIE PHYSIQUE (CHU & AOKI, 2009) 52
FIGURE 17. DEUX METHODES POUR AUGMENTER LA VALEUR D'ATTACHEMENT DES PRODUITS (CHU & AOKI, 2009) 52
FIGURE 18. MODELE THEORIQUE D'INTEGRATION DES VALEURS DE L'UTILISATEUR DANS LES PRODUITS (BOUCHARD, BRISSAUD, ET AL., 2010) 53
FIGURE 19. CATEGORIES D'INDICATEURS D'IMPACT (JOLLIET ET AL., 2003) 56
FIGURE 20. STRATEGIES DE LILLEY SUR LE COMPORTEMENT ENVIRONNEMENTAL (LILLEY, 2009) 57
FIGURE 21. CORRESPONDANCE DES FACTEURS INFLUENTS DU CHANGEMENT DE COMPORTEMENT/ HABITUDES AVEC DIFFERENTS NIVEAUX D'INTERVENTION EN CONCEPTION (TANG & BHAMRA, 2009) 58
FIGURE 22. POINTS-CLE DES DEMARCHES DE CONCEPTION CENTREE SUR L'UTILISATEUR (ISO 13407 ET ISO 9241) 61
FIGURE 23. MODELE DE CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR AVEC INTEGRATION DU CONTEXTE (ROOZENBURG & EEKELS, 1995; WEVER ET AL., 2008) 61
FIGURE 24. DIMENSIONS DE L'UTILISABILITE SELON (HAN ET AL., 2000) 63
FIGURE 25. INTERVENTION DE L'ERGONOME DANS LA PHASE AMONT DU PROCESSUS DE CONCEPTION (LIM, 2003) 64
FIGURE 26. PHASES DE DEVELOPPEMENT DES ACTIVITES DE CONCEPTION DE PSS (MORELLI, 2003) 65
FIGURE 27. DIMENSIONS AFFECTIVES DU KANSEI (JIAO, ZHANG, & HELANDER, 2006) 69
FIGURE 28. IMPLEMENTATION DU KANSEI ENGINEERING (LOKMAN, 2010) 69
FIGURE 29. LES CINQ CARACTERISTIQUES DU KANSEI SELON AKIRA HARADA (HARADA, 1998) 70
FIGURE 30. ETYMOLOGIE DU TERME KANSEI (LEE ET AL., 2002) 71
FIGURE 31. COMPLEMENTARITE DU KANSEI ET DU CHISEI (LEE ET AL., 2002) 71
FIGURE 32. LES CANAUX DE MESURE KANSEI (LOKMAN, 2010; NAGAMACHI & LOKMAN, 2011) 73
FIGURE 33. POSITIONNEMENT DE LA PHASE AMONT DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION D'ULRICH & EPPINGER (ULRICH & EPPINGER, 2008) 73
FIGURE 34. EXEMPLE DE REPRESENTATION DE L'OUTIL DE CHAINAGE COGNITIF (BOUCHARD, MANTELET, ET AL., 2007) 77
FIGURE 35. MODELE DE COMPORTEMENT ENVIRONNEMENTAL DE GROB (GROB, 1995) 79
FIGURE 36. MODELE DE COMPORTEMENT PRO-ENVIRONNEMENTAL DE KOLLMUSS & AGYEMAN (KOLLMUSS & AGYEMAN, 2002) 79

FIGURE 37. LES DIMENSIONS CULTURELLES DE HOFSTEDE SUR DEUX PAYS : BRESIL ET FRANCE (GEERT-HOFSTEDE.COM, N.D.) 89
FIGURE 38. STRATEGIE OCEAN BLEUE APPLIQUEE SUR UN PRODUIT DE GRANDE DISTRIBUTION (VIN) (W. C. KIM & MAUBORGNE, 2005) 91
FIGURE 39. LES SEPT SEGMENTS DE DEFRA POUR LA SENSIBILITE ENVIRONNEMENTALE (DEFRA, 2008) .. 91
FIGURE 40. ROUE DES EMOTIONS DE PLUTCHIK (PLUTCHIK, 1980) 95
FIGURE 41. STRUCTURE DES HYPOTHESES 102
FIGURE 42. INFORMATIONS KANSEI DANS LA CONCEPTION. ADAPTE DE (BOUCHARD, KIM, ET AL., 2009; KIM, 2011) 103
FIGURE 43. MODELE DE COMPREHENSION DES SOUS-HYPOTHESES H1.A ET H1.B 104
FIGURE 44. MODELE DE COMPREHENSION DES SOUS-HYPOTHESES H2.A ET H2.B 105
FIGURE 45. POSITIONNEMENT DES EXPERIMENTATIONS SUR LA STRUCTURE DES HYPOTHESES 109
FIGURE 46. MODELE DE REPRESENTATION DES EXPERIMENTATIONS AUTOUR DE L'INTERACTION HOMME-PRODUIT 110
FIGURE 47. EVOLUTION ANNUELLE DE LA CONSOMMATION DE CAFE DANS LE MONDE, EN MILLIONS DE SACS DE 60KG (SOURCE 1 : UNCTAD) 112
FIGURE 48. POSITIONNEMENT DE L'EXPERIMENTATION 1 114
FIGURE 49. SYNOPTIQUE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 115
FIGURE 50. DISTRIBUTION DES REPONSES COMPLETES 118
FIGURE 51. DISTRIBUTION DE REPONDANTS MASCULINS ET FEMININS. 118
FIGURE 52. DISTRIBUTION DE L'AGE 119
FIGURE 53. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE 119
FIGURE 54. CATEGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES 119
FIGURE 55. DISTRIBUTION DES CONSOMMATEURS DE CAFE : « CONSOMMEZ-VOUS DU CAFE ? » 120
FIGURE 56. VALEURS PERSONNELLES LES PLUS CITEES ASSOCIEES A LA CONSOMMATION DE CAFE 121
FIGURE 57. CARTOGRAPHIE REPRESENTANT LA DISTRIBUTION D'UN ECHANTILLON DE 72 UTILISATEURS SUR LE MODELE DE SEGMENTATION DE DEFRA. 124
FIGURE 58. CARTOGRAPHIE DES VALEURS PERSONNELLES EN FONCTION DES SEGMENTS DEFRA, SUR UN ECHANTILLON DE 72 REPONDANTS 126
FIGURE 59. LES ETAPES DE L'ANALYSE DE TACHE 127
FIGURE 60. POSITIONNEMENT DES PROFILS EXTREMES SUR LA CARTOGRAPHIE 128
FIGURE 61. MATERIEL DE LA SEANCE D'ANALYSE DE TACHE 131
FIGURE 62. ARTICULATION DE L'EXPERIMENTATION EXP1 AUTOUR DU PROCESSUS AMONT DE LA CONCEPTION DE PRODUITS 134
FIGURE 63. PARTICIPANTS DE LA SEANCE DE CREATIVITE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 135
FIGURE 64. DEROULEMENT DE LA SEANCE DE CREATIVITE 137
FIGURE 65. : RESUME DES IDEES JUGEES LES PLUS PERTINENTS PAR LES PARTICIPANTS 138
FIGURE 66. LA MACHINE A CAFE N°3 ET SON ENVIRONNEMENT 139
FIGURE 67. GRILLE D'EVALUATION AVEC DIFFERENTIEL SEMANTIQUE UTILISEE DANS LE QUESTIONNAIRE D'EVALUATION 139
FIGURE 68. ILLUSTRATION DES RESULTATS ACQUIS DANS L'EXPERIMENTATION EXP1 146
FIGURE 69. POSITIONNEMENT DE L'EXPERIMENTATION EXP2 147
FIGURE 70. POSITIONNEMENT DE L'EXPERIMENTATION EXP2 AU SEIN DU PROCESSUS AMONT DE LA CONCEPTION DE PRODUITS 149
FIGURE 71. SYNOPTIQUE DE L'EXPERIMENTATION EXP2 149
FIGURE 72. DEMARCHE DE CARACTERISATION DES EMOTIONS 150
FIGURE 73. MODELE DU MAPPING DE CLASSIFICATION 151
FIGURE 74. MAPPING DE CLASSIFICATION DES EMOTIONS, D'APRES LA LISTE INITIALE 152
FIGURE 75. RESULTAT OBTENU AVEC LE LOGICIEL R 153
FIGURE 76. MAPPING DE POSITIONNEMENT DES EMOTIONS AVEC LES RESULTATS DE R 154

FIGURE 77. POSITIONNEMENT DES EMOTIONS RETENUES SUR LA ROUE DES EMOTIONS DE PLUTCHIK 155
FIGURE 78. PARTICIPANTS LORS DE LA SEANCE DE CREATIVITE DE L'EXPERIMENTATION EXP2 156
FIGURE 79. LES ACTIVITES REALISEES DANS LE CADRE DE LA SEANCE DE CREATIVITE 157
FIGURE 80. LES IMPACTS DE L'ACTIVITE DE L'HOMME SUR SON ENVIRONNEMENT (RESULTAT DE LA SEANCE) 158
FIGURE 81. CATEGORISATION DES INFORMATIONS DE LA PURGE N°1 SUR UN TABLEAU BLANC 159
FIGURE 82. ESPACE DE PREPARATION DU CAFE LORS DE LA SEANCE D'OBSERVATION 160
FIGURE 83. ILLUSTRATION FONCTIONNELLE DU CONCEPT A EVALUER 164
FIGURE 84. STRUCTURE DU QUESTIONNAIRE D'EVALUATION 165
FIGURE 85. RESULTAT DE L'EVALUATION EMOTIONNELLE SUR 6 PARTICIPANTS 166
FIGURE 86. CHEMINEMENT DE L'EXPERIMENTATION EXP2 DANS LE CADRE DE LA CONCEPTION D'UNE MACHINE A CAFE 168
FIGURE 87. RESSENTIMENT GLOBAL DES PARTICIPANTS 169
FIGURE 88. JUGEMENT DE L'EXPERIENCE PAR LES PARTICIPANTS 170
FIGURE 89. POSITIONNEMENT DES 8 PARTICIPANTS SUR LA MAPPING DE DEFRA 170
FIGURE 90. ILLUSTRATION GENERIQUE DES ACQUIS DE L'EXPERIMENTATION EXP2 175
FIGURE 91. POSITIONNEMENT DE L'EXPERIMENTATION EXP3 177
FIGURE 92. LOGO DU PROJET ECOUSE 177
FIGURE 93. ARTICULATION DE NOS APPORTS DANS LA METHODE D'ECO-CONCEPTION CENTREE UTILISATEURS ECOUSE 178
FIGURE 94. PRINCIPE ET EXEMPLE D'APPLICATION DU VALUES-LINKING-TOOL « EXPERIMENTAL COFFEE-MACHINE » (LCPI 2012) 180
FIGURE 95. SYNOPTIQUE DE L'EXPERIMENTATION EXP3 181
FIGURE 96. DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION EXP3 AVEC ECOUSE 183
FIGURE 97. SEANCE DE TRAVAIL SUR L'OUTIL VLT (VALUES LINKING TOOL) 185
FIGURE 98. DEMARCHE DE MODELISATION ET ARTICULATION DES APPORTS 191
FIGURE 99. SUPPORT DU MODELE D'INTEGRATION DE L'UTILISATEUR DANS UNE METHODE D'ECO-CONCEPTION 193
FIGURE 100. LES OUTILS SEGMENTATION ET VLT DANS LES ETAPES DE PROPOSITION DE CONCEPT OU DE SPECIFICATIONS 195
FIGURE 101. L'OUTIL D'ANALYSE EMOTIONNELLE DANS LES ETAPES D'EVALUATION DE CONCEPT OU DE SPECIFICATIONS 195
FIGURE 102. UNIVERSAL USER MODEL INTEGRATION FOR INTERDISCIPLINARY DESIGN METHODOLOGY (UNIUMI) 196
FIGURE 103. DIMENSIONS A INTEGRER DANS UNE PERSPECTIVE DE MISE EN RELATION DU KANSEI ET DE L'ECO-CONCEPTION. 198
FIGURE 104. MODELE DE CONTEXTE (PROJET ECOUSE) 201
FIGURE 105. ECOKANSEI PRODUIT ET ECOKANSEI UTILISATEUR DANS LE MODELE D'INTERACTION UTILISATEUR-PRODUIT. 202
FIGURE 106. INFORMATIONS ISSUES DU MODELE UNIUMI DANS LES EXPERIMENTATIONS DE LA THESE 203
FIGURE 107. INTEGRATION DES INFORMATIONS DU MODELE UNIUMI DANS UN MODELE METHODOLOGIQUE. 204

Liste des tableaux

TABLEAU 1. REVUE DES METHODES DE DTM (TOMIYAMA ET AL., 2009) 44
TABLEAU 2. DIFFERENTES FORMES DE DESIGN FOR X (DFX) 46
TABLEAU 3. REVUE DES METHODES DE TESTS D'UTILISABILITE (DUMAS & SALZMAN, 2006) 62
TABLEAU 4. SYNTHESE DE CINQ DIFFERENTES METHODES DE RECHERCHE QUALITATIVE (CRESWELL, 2006) 66
TABLEAU 5. LES 8 TYPES DE KANSEI ENGINEERING (LOKMAN, 2010) 70
TABLEAU 6. QUELQUES DEFINITIONS DU TERME KANSEI 72
TABLEAU 7. LES 3 ETAPES DE LA DIMENSION KANSEI (LEE ET AL., 2002) 72
TABLEAU 8. INFORMATIONS DE CONCEPTION DANS LE KANSEI DESIGN (BOUCHARD, KIM, OMHOVER, & AOUSSAT, 2010; BOUCHARD, KIM, ET AL., 2009) IN (KIM ET AL., 2010) 74
TABLEAU 9. RESUME DES PUBLICATIONS QUI TRAITENT DES VALEURS ESTHETIQUES DES PRODUITS EN TERMES DE DURABILITE ET/OU RESPECT ENVIRONNEMENTAL (ZAFARMAND ET AL., 2003) 78
TABLEAU 10. QUELQUES DEFINITIONS DE MODELE. 81
TABLEAU 11. QUELQUES DEFINITIONS DU TERME « MODELISER » ISSUS DES DICTIONNAIRES DE LA LANGUE FRANÇAISE. 82
TABLEAU 12. TYPES DE MODELISATION 82
TABLEAU 13. DEFINITIONS PROPOSEES DE MODELE, MODELISATION, MODELE UTILISATEUR ET MODELISATION UTILISATEUR 83
TABLEAU 14. FACTEURS DE PRISE EN COMPTE DU CONTEXTE D'UTILISATION (MAGUIRE, 2001) 84
TABLEAU 15. CARACTERISTIQUES DE PROFILS UTILISATEUR DANS LA SCIENCE D'IA. 85
TABLEAU 16. LES 36 VALEURS INITALES DE ROKEACH (ROKEACH, 1973) 87
TABLEAU 17. SYNTHESE DES VALEURS TERMINALES (ROKEACH, 1973; VALETTE-FLORENCE, 1994) IN TVI (BOUCHARD ET AL., 2003A) 88
TABLEAU 18. LES CINQ DIMENSIONS CULTURELLES D'HOFSTEDE (HOFSTEDE & BOND, 1984; HOFSTEDE ET AL., 2010) 89
TABLEAU 19. BENEFICES D'UTILISATION DES PERSONAS DANS LA LITTERATURE (MIASKIEWICZ & KOZAR, 2011) 93
TABLEAU 20. CARACTERISTIQUES DES PROFILS UTILISATEURS DANS LA LITTERATURE (KUJALA & KAUPPINEN, 2004) 93
TABLEAU 21. LISTE DES 130 EMOTIONS (GENEVA EMOTION RESEARCH GROUP, 1988) 94
TABLEAU 22. RESUME DES DIFFERENTES FORMES DE MODELISATION UTILISATEUR 96
TABLEAU 23. RESUME DES CONSTATS DE L'ETAT D'ART ET JUSTIFICATIONS 97
TABLEAU 24. INTITULE DES EXPERIMENTATIONS 111
TABLEAU 25. APERÇU DES OUTILS UTILISES DANS LES EXPERIMENTATIONS 113
TABLEAU 26. RESUME DE L'HYPOTHESE H1 ET DES SOUS-HYPOTHESES H1.A ET H1.B 115
TABLEAU 27. REPARTITION DES SECTIONS DU QUESTIONNAIRE 117
TABLEAU 28. SOURCES D'INSPIRATION POUR LA REALISATION DU QUESTIONNAIRE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 117
TABLEAU 29. CINQ QUESTIONS SELECTIONNEES INFLUANT SUR LA CAPACITE D'ACTION – ABILITY TO ACT – 123
TABLEAU 30. CINQ QUESTIONS SELECTIONNEES INFLUANT SUR LA VOLONTE D'ACTION – WILLINGNESS TO ACT - 123
TABLEAU 31. QUESTION SUR LES VALEURS 125
TABLEAU 32. TABLE DE CORRESPONDANCE DES SEGMENTS DEFRA AVEC LES GROUPES DE VALEURS 126
TABLEAU 33. CORRESPONDANCE DES PROFILS EXTREMES AVEC LES SEGMENTS DEFRA 129
TABLEAU 34. LES SEGMENTS EXTREMES RECRUTES LORS DE LA SEANCE D'ANALYSE DE TACHE. 130
TABLEAU 35. PROTOCOLE DE SEANCE D'ANALYSE DE LA TACHE DE PREPARATION DE CAFE 131
TABLEAU 36. RESULTAT DE L'ANALYSE DE TACHE 132
TABLEAU 37. TRADUCTION DES VALEURS EN CRITERES 135

TABLEAU 38. PROTOCOLE DE LA SEANCE DE CREATIVITE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 136
TABLEAU 39. OBJECTIFS GENERAL ET QUESTIONS D'ORIENTATION..... 136
TABLEAU 40. QUANTITE D'IDEES FORMULEES LORS DE LA PRODUCTION D'IDEES..... 137
TABLEAU 41. TABLE COMPARATIVE DES CARACTERISTIQUES DES TROIS PROPOSITIONS DE DESIGN..... 138
TABLEAU 42. RESULTAT DES EVALUATIONS 140
TABLEAU 43. TABLE DE CORRESPONDANCE DU CHAINAGE VFS : VALEURS-FONCTIONS-SOLUTIONS POUR LA MACHINE A CAFE « SOPHIE »..... 142
TABLEAU 44. RESUME DE L'HYPOTHESE H2 ET DES SOUS-HYPOTHESES H2.A ET H2.B 148
TABLEAU 45. QUESTIONS PROPOSEES POUR LE POSITIONNEMENT DES EMOTIONS SUR LE MAPPING..... 151
TABLEAU 46. POSITIONNEMENT DES QUATRE EMOTIONS 154
TABLEAU 47. PROTOCOLE DE LA SEANCE DE CREATIVITE DE L'EXPERIMENTATION EXP2 156
TABLEAU 48. LES 4 ACTIVITES DE L'ETAPE DE MISE EN SITUATION LORS DE LA SEANCE DE CREATIVITE 2 ... 158
TABLEAU 49. QUANTITE D'IDEES FORMULEES LORS DE PURGE N°1 159
TABLEAU 50. RESULTAT DE LA PURGE N° 2 : LES PRATIQUES LES PLUS COMMUNES 161
TABLEAU 51. RESULTAT DE LA PRODUCTION D'IDEES : LES IDEES CORRESPONDANTES AUX PRATIQUES..... 162
TABLEAU 52. ECHELLE D'EVALUATION A DIFFERENTIEL SEMANTIQUE AVEC ECHELLE DE LIKERT 165
TABLEAU 53. STRUCTURE DU QUESTIONNAIRE D'EVALUATION COMPORTEMENTALE ET SCENARIO IDEAL . 166
TABLEAU 54. RESULTAT DE L'EVALUATION COMPORTEMENTALE DE 8 PARTICIPANTS..... 167
TABLEAU 55. DISTRIBUTION DES 8 PARTICIPANTS..... 171
TABLEAU 56. LISTE EXHAUSTIVE DES ROLES DES ACTEURS DE LA CONCEPTION POUR LA SEANCE 181
TABLEAU 57. DISTRIBUTION DES PARTICIPANTS SUIVANT LEUR ROLE (ECOUSE)..... 182
TABLEAU 58. CONTENU DES SUPPORTS DISTRIBUES AUX PARTICIPANTS..... 184
TABLEAU 59. RESUME QUANTITATIF DES IDEES DE FONCTIONS ET IDEES DE CONCEPTS..... 184
TABLEAU 60. DISTRIBUTION DES VALEURS ASSOCIEES AUX DIFFERENTS CONCEPTS 185
TABLEAU 61. RESUME DETAILLE DES IDEES DE FONCTIONS ET IDEES DE CONCEPTS..... 185
TABLEAU 62. TABLE DE RECOMMANDATIONS PRELIMINAIRES POUR LE PRE-MODELE 192
TABLEAU 63. SELECTION DES CATEGORIES DE MODELES UTILISATEURS EN FONCTION DES OBJECTIFS 199

Introduction

INTRODUCTION GENERALE.....21

A. OBJET DE RECHERCHE.....21
B. ORIGINALITE DE LA THESE 21
C. OBJECTIF ET QUESTION DE RECHERCHE 21
D. METHODOLOGIE DE RECHERCHE 21
E. STRUCTURE DU DOCUMENT.....23

INTRODUCTION GENERALE

A. Objet de recherche

Ce travail de thèse de doctorat est le résultat de trois années de recherche au sein du Laboratoire LCPI (Laboratoire Conception de Produits et Innovation) d'Arts et Métiers ParisTech. Ce travail a été financé grâce à une allocation de l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre d'un projet multipartenaire incluant plusieurs universités françaises.

La thèse s'intitule : « Développement d'un modèle utilisateur pour une mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception ». Situé à cheval entre le champ de la conception et du génie industriel, ce travail se donne pour objectif d'appuyer l'activité des concepteurs et les différents processus qui s'articulent autour de leurs activités lors des projets de réalisation de produits à faible impact environnemental. Nous proposons dans cette thèse d'offrir un cadre qui permet d'intégrer une possibilité de prise en compte de l'utilisateur de manière plus complète dans les méthodologies de conception de produits à faible impact environnemental.

Sauvegarder l'environnement est un sujet qui a pris de l'importance au fil des récentes décennies. Compte-tenu de l'ampleur des dégradations observées et de la communication instaurée par les institutions pour rendre ces problèmes visibles aux yeux de tous, l'environnement fait aujourd'hui partie des sujets qui préoccupent notre société. Cette prise de conscience des institutions est accompagnée par le développement de la recherche scientifique dans le sens de cette préoccupation sur l'environnement. Dans le cadre de la recherche en conception, la prise en compte de l'environnement est considérée à travers les méthodologies d'Eco-conception. Les outils utilisés en Eco-conception, comme l'analyse de cycle de vie (ACV) ou les méthodes d'évaluation d'impacts permettent d'analyser et d'interpréter le cycle de vie du produit afin de satisfaire cet engagement à respecter l'environnement. Certaines phases de ce cycle de vie sont partiellement renseignées et maitrisées grâce à la présence de filières de transfert. Par exemple, le choix des matériaux lors de la conception et la fabrication de l'emballage, ou l'optimisation de la logistique lors du transport, ou encore le potentiel de recyclabilité lors de la fin de vie du produit. Les impacts environnementaux sont mesurés et maitrisés sur les différentes phases du cycle de vie qui appellent à du pragmatisme et de la technicité. Par contre, cette maitrise est moins évidente lors de la phase d'utilisation. En effet, la maitrise de la phase d'utilisation implique une prise en compte de l'utilisateur. Et cette intégration de l'utilisateur dans les démarches d'Eco-conception est aujourd'hui à ses prémices et n'est pas encore totalement maitrisée.

B. Originalité de la thèse

Nous présentons l'utilisateur comme non seulement un acteur interagissant sur un artefact (ou produit) pour réaliser une tâche particulière, mais également un individu intégré dans une société, et évoluant dans un contexte particulier qui lui est propre. Les caractéristiques de l'utilisateur dépassent donc la simple notion d'élément vivant interagissant avec un artefact, mais englobe tout un ensemble d'informations statiques et dynamiques qui influent sur les résultats de cette interaction.

Représenter l'utilisateur nous amène à considérer autant de facteurs complémentaires entrainant des différences perceptibles et non négligeables sur la qualité et le déroulement de l'interaction qu'il peut avoir avec cet artefact. La considération de la correspondance entre l'utilisateur et le produit est un facteur qui a un impact conséquent sur la qualité de l'expérience d'interaction entre l'utilisateur et cet artefact **(Hassenzahl, 2005)**. Par exemple, affect, émotion, sentiment, impression sont autant de termes qui s'apparentent autour d'un terme fédérateur : le *Kansei*. Pour introduire brièvement le Kansei, il s'agit d'un mot

d'origine japonaise qui n'est pas traduite de manière précise dans la langue française, mais qui désigne globalement l'état d'esprit véhiculé par ces éléments subjectifs. Le Kansei est donc une dimension importante dans l'enrichissement de la définition de l'utilisateur et de son interaction avec un produit. L'intégration des informations Kansei dans la modélisation utilisateur peut être d'un apport considérable dans la prise en compte de l'utilisateur pour l'Eco-conception.

Ainsi, nous voulons modéliser l'utilisateur en prenant en compte l'aspect dynamique et contextuel de ses caractéristiques. Cette possibilité nous oriente ensuite vers la mise en évidence d'un lien spécifique entre les attributs subjectifs et la prise en compte environnementale. Nous contribuerons ainsi à l'optimisation de la performance des processus de conception des produits à faible impact environnemental grâce à la prise en compte du Kansei et de l'Eco-conception.

C. Objectif et question de recherche

L'objectif de la thèse est de proposer un cadre de représentation de l'utilisateur qui peut prendre en compte les différents aspects objectifs et subjectifs qui définissent cet utilisateur et qui puissent être intégrés dans les méthodes de conception. Les méthodes de conception qui nous intéressent particulièrement dans ce cas sont celles qui proposent la conception de produit à faible impact environnemental. A ce titre, d'une manière plus générale, nous proposons de construire une relation entre le Kansei et l'Eco-conception. L'état de la recherche actuelle dans ces deux différents domaines fait état d'une indissociabilité, que l'on propose de combler dans cette recherche. D'un côté, l'Eco-conception affiche une maturité qui va en grandissant dans la compréhension des différentes phases du cycle de vie d'un produit. Les différentes phases en amont et aval sont maitrisées, hormis la phase d'utilisation dans laquelle il n'existe pas encore de structure formelle qui puisse permettre de prendre en compte l'ensemble des caractéristiques de l'utilisateur. Et de l'autre côté, on retrouve dans les études Kansei une possibilité importante d'application et d'élargissement qui permet d'envisager une intégration de la dimension environnementale. On constate donc un intérêt commun à faire se rapprocher les deux champs de recherche : études Kansei et Eco-conception, car ils peuvent s'enrichir l'un l'autre. Dans cette optique, nous avons ainsi établi la question de recherche ci-dessous. Nous retrouvons cette question de recherche dans le paragraphe **§ 3.1** de cette thèse.

Enoncé de la question de recherche :

« Comment intégrer les approches subjectives associées au Kansei dans la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception ? »

D. Méthodologie de recherche

La première partie de cette thèse est consacrée à l'Etat de l'Art, c'est à-dire un recueil des informations existantes. Le but de l'Etat de l'Art est de dresser un état des lieux des connaissances actuelles au regard des sujets traités. Une synthèse sous forme de constats est dressée à partir des conclusions de cet Etat de l'Art. Nous justifions ainsi la formulation de notre question de recherche en fonction de ces constats. La thèse propose donc de répondre à cette question de recherche. Pour cela, deux hypothèses sont formulées. La validité de ces hypothèses est testée par l'intermédiaire d'expérimentations. La validation (ou la non validation) des hypothèses à l'issue de ces expérimentations constitue un résultat qui sera

sujet à discussion. Ces discussions amènent à des réflexions qui constituent un élément de réponse à la question de recherche posée.

E. Structure du document

Ce document de thèse est divisé en 5 parties.

La première partie présente les enjeux de ce travail, une étape cruciale qui nous permet d'orienter le lecteur dans la compréhension du sujet. La deuxième partie est un Etat de l'Art. Les disciplines principales introduites dans cet Etat de l'Art permettent de positionner la thèse. Les constats issus de l'Etat de l'Art nous permettent de formuler la question de recherche. Une troisième partie du document présente plus en détail la question de recherche qui découle des constats de l'Etat de l'Art, ainsi que les hypothèses posées. La quatrième partie présente l'ensemble des expérimentations en rapport avec les hypothèses. La cinquième partie présente les apports dans la proposition d'un modèle universel et macro, et qui permet de garantir une généricité et une possibilité d'application vers des thématiques différentes sans s'écarter des sciences de la conception. Nous terminons par une conclusion dans laquelle nous mettons l'accent sur les possibilités de valorisation, les apports et les limites du travail réalisé. Nous proposons des pistes d'amélioration et évaluons les possibilités pour de futures perspectives.

Partie 1
Enjeux et positionnement de la recherche

1. PARTIE 1 : ENJEUX ET POSITIONNEMENT DE LA RECHERCHE 27

1.1. INTRODUCTION 27
1.2. POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE 27
1.2.1. GENIE INDUSTRIEL ET SCIENCE DE LA CONCEPTION 27
1.2.2. LE LABORATOIRE DE CONCEPTION DE PRODUITS ET INNOVATION 28
1.3. ENJEUX MAJEURS 30
1.3.1. ENJEUX METHODOLOGIQUES 30
1.3.2. ENJEUX SOCIETAUX ET POLITIQUES 31

1. PARTIE 1 : ENJEUX ET POSITIONNEMENT DE LA RECHERCHE

1.1. INTRODUCTION

Cette thèse porte sur la compréhension de nouveaux champs de recherche, en vue d'une optimisation des méthodologies de Conception. Situé entre les champs de la conception et du génie industriel, ce travail se donne pour objectif d'appuyer l'activité des concepteurs et les processus afférentes dans des projets de réalisation de produits à faible impact environnemental. Nous rappelons que nous proposons dans cette thèse d'offrir un cadre qui permet prendre en compte l'utilisateur de manière plus complète dans les méthodologies de conception de produits à faible impact environnemental.

Dans ce chapitre, nous positionnons notre sujet en décrivant le contexte de l'étude. Nous définissons dans un premier temps le positionnement scientifique, en identifiant les principaux domaines concernés qui s'articulent autour des Sciences de la Conception. Nous précisons par la suite comment ces différents domaines sont positionnés par rapport aux axes de recherche du Laboratoire LCPI.

Pour justifier l'importance de cette recherche, nous présentons les différents enjeux qui s'articulent autour de cette mission. La prise en compte des problèmes environnementaux est un enjeu qui est très présent dans la société actuelle. Les enjeux scientifiques sont appuyés par une forte notion d'interdisciplinarité et deviennent une source d'innovation. Et puis, les enjeux industriels qui sont cruciaux, compte-tenu de l'importance du positionnement des entreprises au regard des problèmes environnementaux, et les tendances des entreprises actuelles en termes de relations avec les problèmes environnementaux.

1.2. POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE

1.2.1. Génie industriel et Science de la Conception

Notre recherche est positionnée en Génie Industriel. L'objectif de la thèse qui est d'offrir un cadre qui permet d'intégrer une possibilité de prise en compte de l'utilisateur de manière plus complète dans les méthodologies de conception de produits à faible impact environnemental. Ceci permet de positionner notre approche autour de trois grandes thématiques scientifiques : les Sciences de la Conception, les Sciences Humaines et Sociales et le Développement Durable. La **Figure 1** présente les différents champs scientifiques qui sont positionnés autour de notre recherche.

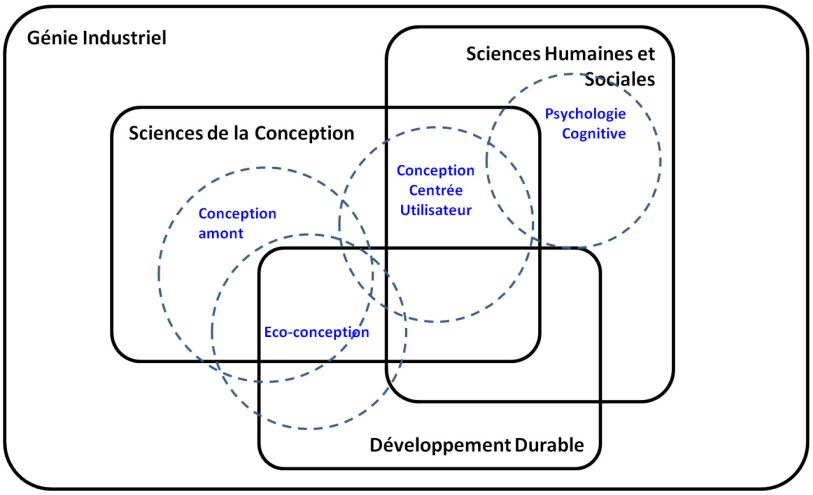


Figure 1. Positionnement scientifique

Notre recherche se place au niveau de la phase amont de la conception de produit. La phase amont de la conception de produit représente les étapes préliminaires de la conception. Sur un modèle de conception classique de type Pahl & Beitz **(Pahl & Beitz, 2007)**, la conception amont part de l'étape de Planning dans laquelle on définit les besoins jusqu'à l'étape de Développement de Concept **(Bouchard, Lim, & Aoussat, 2003b).**

Par la suite, le Développement Durable est un principe global qui couvre plusieurs dimensions telles que les intérêts sociaux, économiques et environnementaux **(Zafarmand, Tauchi, Terauchi, Kubo, & Aoki, 2009)**. La prise en compte environnementale est une démarche qui est le plus souvent associée aux principes de développement durable. L'Eco-conception est une réponse méthodologique pour l'intégration des intérêts environnementaux dans la conception de produits.

Et enfin, la Conception Centrée Utilisateur dont les bases pratiques ont été formalisées par Norman **(Norman, 1988)** et l'Ingénierie Kansei introduite par Nagamachi **(Nagamachi, 1995a)** sont des thématiques qui illustrent l'intégration des Sciences Humaines et Sociales dans la Conception de Produit. Elles apportent une dimension subjective dans la représentation des individus pour la Conception de produits.

Notre travail de recherche se positionne autour de l'interaction de ces trois domaines, et se situe dans la lignée de travaux réalisés au Laboratoire LCPI. La section suivante présente un aperçu des axes de recherche du LCPI et positionne notre problématique de recherche.

1.2.2. Le laboratoire de Conception de Produits et Innovation

L'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ou Arts & Métiers ParisTech est une école d'ingénieurs qui a pour mission principale la formation initiale d'ingénieurs généralistes aux disciplines du génie mécanique, du génie énergétique et du génie industriel.

Le Laboratoire Conception de Produits et Innovation (LCPI) est un laboratoire de recherche d'Arts & Métiers ParisTech. Les travaux du LCPI s'inscrivent dans le domaine du Génie Industriel. La recherche du LCPI vise à la production et à la formalisation de connaissances qui contribuent à **l'optimisation du processus de conception et d'innovation**. Les missions d'enseignement, de recherche et de valorisation industrielle qui y sont menées sont ainsi en accord avec cet objectif fédérateur. L'équipe du LCPI est pluridisciplinaire, à l'image du processus de conception : sa composition fait appel principalement aux Sciences pour l'Ingénieur et aux Sciences Humaines et Sociales. Le LCPI dispose de quatre centres de

compétences : (1) prototypage rapide et virtuel, (2) innovation / prospective / créativité, (3) analyse de l'usage et (4) ingénierie Kansei.

Le *centre de compétences en Kansei Design* a été développé dans le but d'approfondir la recherche sur la dimension émotionnelle et l'expérience utilisateur. On recherche à modéliser le processus cognitifs et affectifs en phase amont de la conception afin d'en déduire des outils et des méthodologies exploitables en conception. Les travaux menés par le laboratoire lui permettent de se positionner par rapport aux équipes européennes ou internationales notamment japonaises précurseurs dans le domaine du Kansei. Outre les différents projets réalisés depuis une quinzaine d'années, le domaine du Kansei a fait l'objet de plusieurs travaux de thèse au sein du LCPI, dans diverses thématiques d'application.

- Processus de design automobile **(Bouchard, 1997)**
- Ergonomie cognitive et conception centrée utilisateurs **(Lim, 2003)**
- Innovation et processus de créativité dans l'automobile **(Groff, 2004)**
- Dimension visiographique en conception collaborative **(Stoeltzlen, 2004)**
- Perception émotionnelle des consommateurs **(Mantelet, 2006)**
- Aide à la créativité dans la recherche d'informations **(Mougenot, 2008)**
- Processus cognitifs et affectifs des designers **(Kim, 2011)**
- Expérience esthétique et innovation **(Ocnarescu, 2013)**
- Expérience utilisateur en conception amont **(Bongard, 2013)**
- Kansei immersif et réalité virtuelle **(Rieuf, 2013)**
- Design d'expérience en industrie **(Gentner, 2014)**

L'*Eco-conception* est un thème nouveau au LCPI. Le pôle de connaissance en Eco-conception est appuyé par l'intégration en 2013 de l'équipe de Chambéry du laboratoire de Modélisation, Analyse et Prévention des Impacts Environnementaux (MAPIE). L'équipe de Chambéry est experte dans le développement de méthodes, outils et pratiques destinés à intégrer, dés la conception des produits, les différentes natures de contraintes à prendre en compte pour limiter les impacts environnementaux liés à l'obtention, l'usage et la fin de vie d'un produit industriel. Le LCPI peut désormais s'appuyer sur l'expertise de cette équipe pour les thèmes relatifs à la modélisation des interactions environnementales.

La recherche au LCPI est menée autour de deux champs d'investigation majeurs qui sont l'intégration de nouveaux métiers, et la formalisation des processus individuels et collectifs.

- (1) Dans le thème « Métiers » : modélisation des spécificités des métiers en termes de règles, connaissances, pratiques et outils (design, innovation, Eco-conception, ergonomie, qualité, maintenance, gestion, etc.) ;
- (2) Dans le thème « Processus » : formalisation du processus d'innovation dans une approche collaborative (conception, ingénierie, gestion de projet, créativité, travail collaboratif, organisation, entreprenariat, etc.) ;
- (→) Ces deux thèmes s'enrichissent des nouvelles technologies pour assister la conception, et en faire un support de réflexion méthodologique.

Notre travail se positionne sur les deux champs de recherche du LCPI. L'aspect « Métiers » est illustré par l'intégration de thématiques pluridisciplinaires : Eco-conception, design, Kansei design, conception centrée utilisateurs. Et également par l'innovation apportée par la pluridisciplinarité. L'aspect « Processus » est caractérisé par l'objectif de notre thèse. Nous nous positionnons en phase amont du processus de conception de produit, afin d'intégrer un modèle utilisateur qui puisse prendre en compte les aspects environnementaux par l'utilisation des outils et méthodologies du Kansei. Notre participons dans notre recherche à

l'extension du périmètre du Kansei vers d'autres domaines thématiques. Cette extension enrichit le centre de compétences en Kansei, et contribue au rayonnement du laboratoire et à son positionnement par rapport aux équipes internationales travaillant dans le domaine du Kansei. Nous détaillons dans le paragraphe suivant les enjeux de notre thèse.

1.3. ENJEUX MAJEURS

Nous avons retenu deux catégories d'enjeux :

(1) Les enjeux méthodologiques,
(2) Les enjeux sociétaux et politiques.

1.3.1. Enjeux méthodologiques

1.3.1.1. Les Sciences Sociales dans la Conception de Produits

La prise en compte des sciences sociales dans les projets techniques présente un intérêt indiscutable dans le domaine de la recherche et de l'innovation. **(Airiau & Millien, 2002)**. Les travaux du Laboratoire de Conception de Produits et Innovation s'inscrivent dans ce contexte où l'on retrouve cette spécificité multidisciplinaire dans les champs de recherche et dans l'orientation des travaux qui y sont réalisés. Les sciences sociales ont longtemps été associées aux champs relatifs à la psychologie et à la prise en compte des facteurs humains. Ce n'est que lors de ces dernières décennies que différentes études tentent de considérer que l'innovation passe par l'extension de cette vision vers des notions plus pragmatiques et techniques **(Flichy, 1995)**. On retrouve ainsi des tendances d'évolution parfois orientées dans la technique pure comme l'énergie **(Fri & Savitz, 2014)**, ou par des notions plus managériales **(Cajaiba-Santana, 2014)**. Le domaine de la conception de produits constitue un vecteur de la prise en compte des sciences sociales. Cela se traduit par l'intégration de notions et connaissances du Marketing dans les métiers de la conception. La Conception Centrée Utilisateur et le Kansei Design que nous allons aborder dans les chapitres suivants, témoignent de cette évolution.

1.3.1.2. Innovation et acquisition de connaissances pluridisciplinaires

La multidisciplinarité est une source d'innovation, la collaboration pluridisciplinaire en est un élément clé **(Aoussat, 1990)**. La mise en relation de deux domaines différents représente toujours un enrichissement. Les apports d'une telle mise en relation seraient avantageux autant pour l'un que pour l'autre. Dans cette thèse, nous présentons un exemple de vision qui illustre cette multidisciplinarité. Nous observons deux domaines complètement distants à la base : l'Eco-conception et les études Kansei. Et nous définissons le cadre qui permet de les relier autour de la thématique de conception de produit. L'Eco-conception peut compléter la maitrise de sa phase d'utilisation par une compréhension complète de l'utilisateur. Les études Kansei trouvent une application complémentaire dans la prise en compte environnementale. Nous nous dirigeons ainsi vers une innovation certaine par l'optimisation générale des méthodologies de conception.

1.3.1.3. Kansei et considérations environnementales : Green Kansei et EcoKansei

Les études Kansei peuvent être considérées comme une branche des études réalisées en Sciences Sociales, et appliquées dans l'Ingénierie, et apportent une dimension subjective dans la représentation des individus. L'importance de l'intégration de la sensibilité environnementale dans les attributs Kansei va de paire avec les évolutions de la société actuelle en termes de développement durable. La **Figure 2** positionne le Kansei dans différents aspects du Développement Durable, sous la notion de *Green Kansei*.

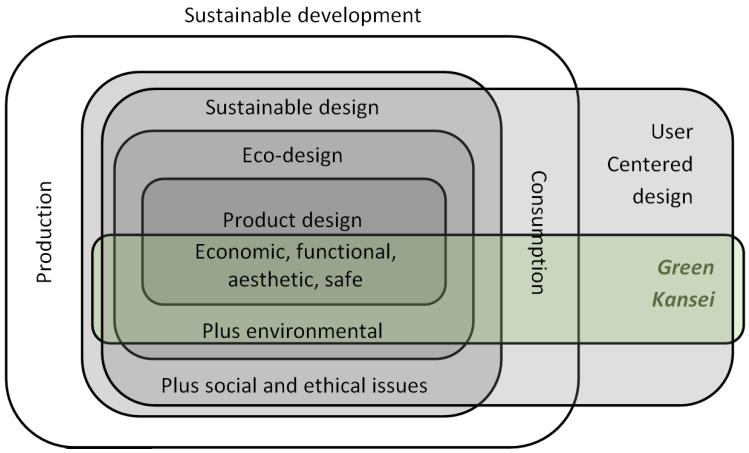


Figure 2. Positionnement du Kansei dans le modèle de développement durable de Tischner (Rasamoelina, Bouchard, & Aoussat, 2013b)

Dans ce modèle, on observe que la conception de produit et l'Eco-conception sont étroitement liées au Développement Durable. Cette relation est mise en valeur dans le modèle de Tischner et Charte **(Tischner, Schmincke, Rubik, & Prosler, 2000)**. De plus Elias **(Dekoninck & Elias, 2011)** explique comment la conception de produit est liée au processus global de Développement Durable. Aujourd'hui, nous considérons d'autres inclusions comme par exemple une implication du Kansei, c'est-à-dire l'intégration de l'évaluation subjective des facteurs Kansei dans le Développement Durable. Nous enrichissons ainsi le modèle de Tischner et Charte en permettant d'introduire la partie environnementale du Kansei à travers la notion de *Green Kansei* **(Rasamoelina et al., 2013b)**. Par la suite, nous recherchons par l'intermédiaire de notre étude à intégrer des attributs *EcoKansei* pour une meilleure acceptation des produits à forte orientation environnementale par les consommateurs. Nous présentons cette notion d'*EcoKansei* dans les résultats de notre étude.

1.3.2. Enjeux sociétaux et politiques

1.3.2.1. Enjeux sociétaux sur les problèmes environnementaux

S'il était inconcevable il y a encore une trentaine d'années, que les notions d'environnement aient une place importante, elles sont aujourd'hui présentes dans toutes les couches de la société. Leur intégration dans les mœurs sociétales actuelles est évidente. Cette évolution a un rapport indéniable avec l'accélération de la dégradation actuelle de notre planète, qui déclenche des faits de société importants sur cette prise de conscience sur les problèmes environnementaux. Dans nos collectivités, dans les associations comme WWF, dans les institutions, et même au sein du gouvernement (parti politique et ministère de l'écologie), nous sommes aujourd'hui dans une phase où l'on attache plus facilement le terme

« problème » aux enjeux environnementaux. Nous sommes en effet dans une phase rectificative. L'environnement est donc au centre des attentions de nos institutions actuelles et constitue une préoccupation particulièrement présente dans notre société. De plus, le rapport avec le temps est assez complexe lorsqu'il s'agit de traiter des sujets en rapport avec les problèmes environnementaux. En effet, l'on ne dispose pas assez de marge de manœuvre en termes de gestion de temps pour les discussions autour des problèmes environnementaux. On se retrouve avec des prescriptions et des évaluations qui peuvent aller dans les vingt, trente, et même cinquante ans de rotation. De ce fait, la prise en compte de l'environnement et les impacts au niveau de la société sont donc un sujet qui a de l'avenir, et qui va être surement discutée, et rediscutée de long en large pour encore de nombreuses années.

1.3.2.2. Enjeux politiques et organisationnels des institutions sur le Développement Durable

Le Développement Durable ou *Sustainability* a suscité beaucoup d'intérêts non seulement pour le milieu industriel mais aussi le milieu académique. Nous rappelons que le Développement Durable est un principe global qui englobe trois dimensions : dimension sociale, économique et environnementale **(Zafarmand et al., 2009)**. Et l'on associe plus souvent les principes du Développement Durable à la dimension environnementale. Historiquement, les instances politiques ont été les premiers à se sentir concernés par les questions d'impact sur l'environnement. Cette tendance a été suivie par les collectivités de l'administration et des organisations pro-environnementales, puis étendue plus tard à une plus grande échelle. Aujourd'hui, un discours qui prône les principes de respect de l'environnement devient un support à la mode pour avoir une tribune dans de nombreux domaines, puisqu'il assure une sorte d'acception éthique de l'entreprise auprès des consommateurs. Cette tendance mondiale provoquée par les intérêts environnementaux est prise en compte dans le domaine de la conception des produits, à travers le principe de l'Eco-conception.

1.3.2.3. Enjeux de la mondialisation : prise en compte des consommateurs

Nous observons depuis les dernières décennies une recrudescence de la mondialisation du marché. Ce phénomène pousse les différents acteurs industriels du développement de produits à adapter leur raisonnement de telle manière à pouvoir s'orienter vers une direction qui conduit les concepteurs à créer des produits de plus en plus sophistiqués et diversifiés. Un vaste choix de produits est ainsi mis à la disposition des consommateurs, et il revient inexorablement aux designers de relever le défi d'augmenter le succès de leur produit. Ainsi, de nombreux chercheurs dans divers domaines se confortent à dire qu'il est nécessaire de prendre en considération les besoins des consommateurs dans les caractéristiques du produit, pour assurer son succès, en provoquant une attractivité face à la diversité des produits qui inondent le marché. La prise en compte des consommateurs doit être réalisée dès les phases de conception pour s'assurer que le produit résultant répond à ses attentes **(Mantelet, 2006).** Cela implique pour les concepteurs de co-concevoir avec les utilisateurs, grâce à une meilleure intégration de leurs spécificités et leur permettre de prendre part à la définition des caractéristiques du produit dès les phases précoces de la conception. Aujourd'hui, l'Ingénierie Kansei et le Design Emotionnel sont principalement engagés dans cette voie pour atteindre cet objectif.

1.3.2.4. Enjeux économiques des entreprises sur une adaptation efficace vers les marchés des produits à orientation environnementale

Le marché des produits écologiques connaissent aujourd'hui un essor. Cela est du par la prise de conscience des individus sur la réalité des problèmes environnementaux, mais aussi

par la mise à disposition sur le marché de produits qui répondent à cette prise de conscience. Les concepteurs naviguent ainsi sur cette tendance pour attirer de plus en plus de clients sur les produits à forte orientation environnementale. Les entreprises qui arriveront à se positionner d'une manière concrète sur les marchés de produits à forte orientation environnementale seraient non seulement mieux acceptées éthiquement par une société qui tend aujourd'hui à se transformer, mais elles auraient aussi la possibilité d'anticiper les futures innovations et prendre une longueur d'avance par rapport à ses concurrents. Le positionnement des entreprises sur la prise en compte environnementale n'est pas uniquement motivée par des ambitions écologiques mais également politiques par le durcissement des réglementations et aussi économiques par l'augmentation du marché de produits écologiques.

1.3.2.5. Aspects économique ou écologique : une indissociabilité à prendre en compte

Il est important de souligner que la prise en compte de l'environnement ne peut pas être aujourd'hui dissociée de la notion d'économie. La motivation financière impacte les consommateurs de tous niveaux de vie. C'est un facteur universel non-négligeable qui oriente considérablement leurs choix dans leurs actions. La source de motivation de la majorité de la population reste le porte-monnaie. En effet, bien que contestée par plusieurs scientifiques aujourd'hui, la pyramide de Maslow souligne l'importance des besoins basiques vitaux, notamment financiers pour la majorité de la population **(Maslow, 1943)**. L'économie de fonctionnalité est donc une des réponses qui pourrait être apportée pour associer ces deux aspects : économique et écologique **(Bourg & Buclet, 2005; Mont, 2002).** Par contre, cette mesure est à double tranchant puisqu'elle pénalise l'économie de l'entreprise. Des techniques comme l'obsolescence programmée sont mis en œuvre **(Bulow, 1986; Waldman, 1993).** Il est alors essentiel de trouver un juste milieu pour assurer la viabilité des entreprises et en même temps réguler les capacités consommatrices des individus.

Partie 2
Etat de l'Art

2. PARTIE 2 : ETAT DE L'ART 37

2.1. INTRODUCTION 37
2.1.1. ORIENTATION DE LA RECHERCHE 37
2.1.2. LE KANSEI COMME UN FILTRE D'INTEGRATION 38
2.1.3. SYNOPTIQUE ET SECTIONS DE L'ETAT DE L'ART 39
2.2. LES COMPOSANTES TRANSVERSES DE LA CONCEPTION DE PRODUITS 41
2.2.1. LA CONCEPTION ET L'EVOLUTION TECHNOLOGIQUE 41
2.2.2. HISTORIQUE ET REVUE DES METHODES DE CONCEPTION 42
2.2.3. VERS UN MODELE DE CONCEPTION MULTIDISCIPLINAIRE : DESIGN FOR X 45
2.2.4. DISCIPLINES SUPPORT POUR ECO-CONCEVOIR AVEC LE KANSEI 47
2.2.5. MISE EN RELATION DES TROIS DISCIPLINES SUPPORT 50
2.2.6. SYNTHESE DE LA PREMIERE SECTION 54
2.3. L'EVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE ENVIRONNENEMENTALE EN CONCEPTION DE PRODUITS 55
2.3.1. EVOLUTION DES MENTALITES : DES INSTITUTIONS VERS L'INDIVIDU 55
2.3.2. REPONSES METHODOLOGIQUES : DESIGN FOR ENVIRONNEMENT ET ECO-CONCEPTION 55
2.3.3. LES OUTILS DE L'ECO-CONCEPTION : ACV ET ANALYSE D'IMPACT 56
2.3.4. LA PLACE DE L'UTILISATEUR DANS LA PRISE EN COMPTE ENVIRONNEMENTALE 57
2.3.5. SYNTHESE DE LA DEUXIEME SECTION 60
2.4. L'INTEGRATION DE L'HUMAIN DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS 61
2.4.1. MONDIALISATION ECONOMIQUE ET BESOINS DES CONSOMMATEURS 61
2.4.2. CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR 61
2.4.3. MESURE D'UTILISABILITE EN CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR 63
2.4.4. ELEMENTS DE DESIGN DANS LA CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR 64
2.4.5. EXTENSION DES OUTILS ISSUS DE L'ERGONOMIE ET DE L'ANALYSE D'USAGE 65
2.4.6. PRODUIT - SERVICES : UNE NOTION INTEGRANT L'UTILISATEUR 66
2.4.7. METHODES DE RECUEIL ETHNOGRAPHIQUES POUR L'ENVIRONNEMENT 67
2.4.8. SYNTHESE DE LA TROISIEME SECTION 68
2.5. L'APPORT DES DIMENSIONS KANSEI DANS LA CONCEPTION 69
2.5.1. LES APPROCHES EMOTIONNELLES : INGENIERIE KANSEI & DESIGN EMOTIONNEL 69
2.5.2. DEFINITION ET DIMENSIONS DU KANSEI : UNE CULTURE JAPONAISE 71
2.5.3. FORMALISER LE KANSEI : KANSEI DESIGN ET KANSEI INFORMATION 74
2.5.4. LE KANSEI DANS LA CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR : EXPERIENCE UTILISATEUR 75
2.5.5. CONCEVOIR AVEC LE KANSEI : THEORIE DU CHAINAGE COGNITIF 77
2.5.6. ASPECTS SUBJECTIFS DU DEVELOPPEMENT DURABLE POUR LA CONCEPTION DE PRODUITS 78
2.5.7. PSYCHOLOGIE ENVIRONNEMENTALE : EMOTIONS ET COMPORTEMENTS PRO-ENV. 79
2.5.8. SYNTHESE DE LA QUATRIEME SECTION 80
2.6. SYNTHESE ET MODELISATION UTILISATEUR 82
2.6.1. MODELE, MODELISER, MODELISATION, MODELE UTILISATEUR 82
2.6.2. MODELISER L'UTILISATEUR ET SON CONTEXTE D'UTILISATION 84
2.6.3. LES ORIGINES DE LA MODELISATION UTILISATEUR : LES SYSTEMES ORIENTES UTILISATEUR 85
2.6.4. MODELES DE VALEURS : ROKEACH VALUE SYSTEM (RVS) 87
2.6.5. MODELES DE DIFFERENTIATION CULTURELLE : HOFSTEDE 89
2.6.6. MODELES DE SEGMENTATION : DE LA SOCIOLOGIE AUX POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES 90
2.6.7. MODELES DE L'ERGONOMIE : LES PERSONAS 93
2.6.8. MODELES COGNITIFS ET PSYCHOLOGIQUES : *KANSEI INFORMATION* 95
2.6.9. SYNTHESE DE LA CINQUIEME SECTION 96
2.7. CONSTATS D'ETAT DE L'ART 97

2. PARTIE 2 : ETAT DE L'ART

2.1. INTRODUCTION

Ce second chapitre est un Etat de l'Art des connaissances, des avancées techniques, scientifiques ou méthodologiques qui s'orientent autour des grands thèmes principaux relatifs à notre sujet, que nous allons présenter. En effet, les enjeux définis plus hauts nous amènent à considérer divers champs d'études de la littérature scientifique, et également des éléments de connaissances ouvertes et actuelles, qui ne viennent pas spécifiquement de la littérature scientifique et peuvent cibler le grand public.

L'évolution de notre société est fortement corrélée avec l'évolution technologique. On peut par exemple remarquer l'essor fulgurant du Web depuis une vingtaine d'années **(Leiner et al., 2009)**. Par analogie, l'évolution des méthodes de recherche est ainsi corrélée avec l'évolution des sociétés **(Yang, 2003)**. On ne fait donc plus de la recherche comme on le faisait il y a vingt ans. Les informations fusent, la communication est facilitée par internet et la quantité d'informations qui circule est très importante **(Chadwick, 2006)**. Par conséquent, la validation des informations nécessite une certaine vigilance car la pertinence des informations pourrait être discutable. C'est dans ce cadre que notre Etat de l'Art s'avère à la fois simple et complexe car constitué d'une revue de la littérature, mais également d'un ensemble des connaissances qui peuvent s'orienter autour de notre contexte actuel, à l'image de notre société et de l'évolution de nos modes de communication.

2.1.1. Orientation de la recherche

Nous proposons donc cet Etat de l'Art qui permet d'établir les constats sur lesquelles se basera notre problématique. Pour rappel, notre sujet de recherche consiste à trouver un cadre de modélisation utilisateur pour la mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception.

Par cette analyse, nous tentons de démontrer comment les tendances récentes en matière de conception de produits à faibles impacts environnementaux pourraient être combinées avec les méthodes de modélisation utilisateur. Nous élargissons notre vision de la modélisation utilisateur en introduisant de nouvelles perspectives dans la définition des utilisateurs. A ce titre, nous proposons ici d'introduire les notions de Kansei Engineering. Notre étude porte sur les problématiques liées au processus de conception de produits, avec une attention particulière portée sur les facteurs écologiques qui peuvent être apportés dès la phase de conception. Nous évoquons ce que l'on appelle l'Eco-conception et les possibilités des méthodes actuelles de modélisation utilisateur à s'intégrer dans l'Eco-conception.

Le développement d'un modèle utilisateur exploitable pour l'Eco-conception de produit implique alors une prise en compte de plusieurs domaines scientifiques. Une fois ces domaines identifiées, il s'agit de mutualiser et faire converger les connaissances issues de ces différents secteurs afin d'obtenir des caractéristiques décrivant ce qu'est un utilisateur dans son contexte.

Le contexte de base de notre travail est interdisciplinaire et exige tout d'abord une vision générale, suivie d'une sélection plus fine des thématiques importantes. A ce titre, nous proposons une première vision globale des différentes orientations envisagées pour l'étude, afin de pouvoir nous positionner par la suite sur des objectifs plus ciblés. L'Etat de l'Art insiste sur l'interconnexion entre ces différents thèmes spécifiques jugés pertinents. L'aperçu quantitatif des résultats pour l'état de l'art présenté en paragraphe **§ 2.1.3**.

La **Figure 3** montre que notre recherche s'articule initialement suivant trois grandes orientations, présentées sous forme d'un tryptique : *Conception* - *Utilisateur* – *Environnement*.

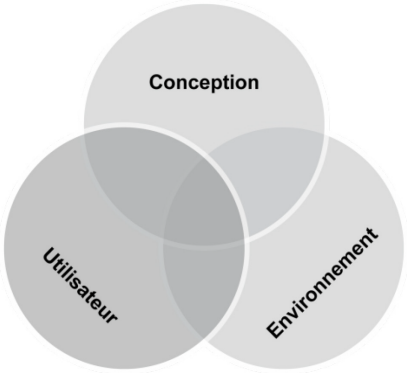


Figure 3. Orientation initiale des axes de recherche

2.1.2. Le Kansei comme un filtre d'intégration

Par la suite, le champ d'étude Kansei est un champ disciplinaire qui serait introduit de manière incrémentale sur touts les parties de notre modèle, de manière à constituer un apport plus conséquent. De premier abord, on pourrait penser que ce champ disciplinaire se positionnerait uniquement autour du champ utilisateur, étant donné que le terme Kansei est défini d'une manière générale comme associé aux émotions et aux sensations, par conséquent aux individus (*Kansei Utilisateur*). Mais on démontre qu'elle est également associée au champ de Conception. Le *Kansei* traite principalement de ces aspects émotionnels par l'interaction avec un artefact, un produit et de formaliser ces informations dans la conception. On retrouve le *Kansei* dans le volet Conception, lorsqu'on évoque l'artefact (*Kansei Produit*). L'aspect environnemental du Kansei représenterait les aspects *Kansei* qui seraient associées à l'environnement. Nous nommons cette catégorie *EcoKansei*, ce volet n'est pas exploré par la littérature. Nous tentons dans notre approche de présenter des éléments qui permettent de combler ce vide.

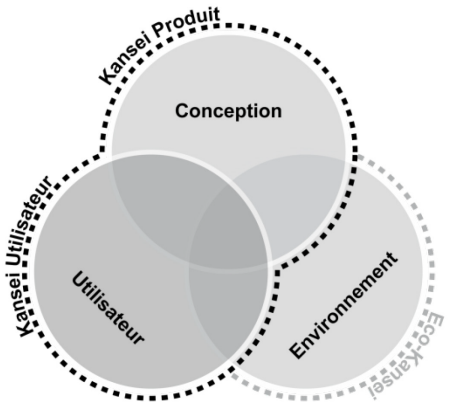


Figure 4. Articulation du Kansei autour des axes d'orientation initiale

La **Figure 4** présente le positionnement du *Kansei* dans le tryptique d'orientation initial : *Conception – Utilisateur – Environnement*. Idéalement, le Kansei vient donc se positionner autour de ce tryptique, comme un second filtre.

2.1.3. Synoptique et sections de l'Etat de l'Art

Nous résumons dans le synoptique en **Figure 5** les différents champs de recherche que nous explorons dans cet Etat de l'Art.

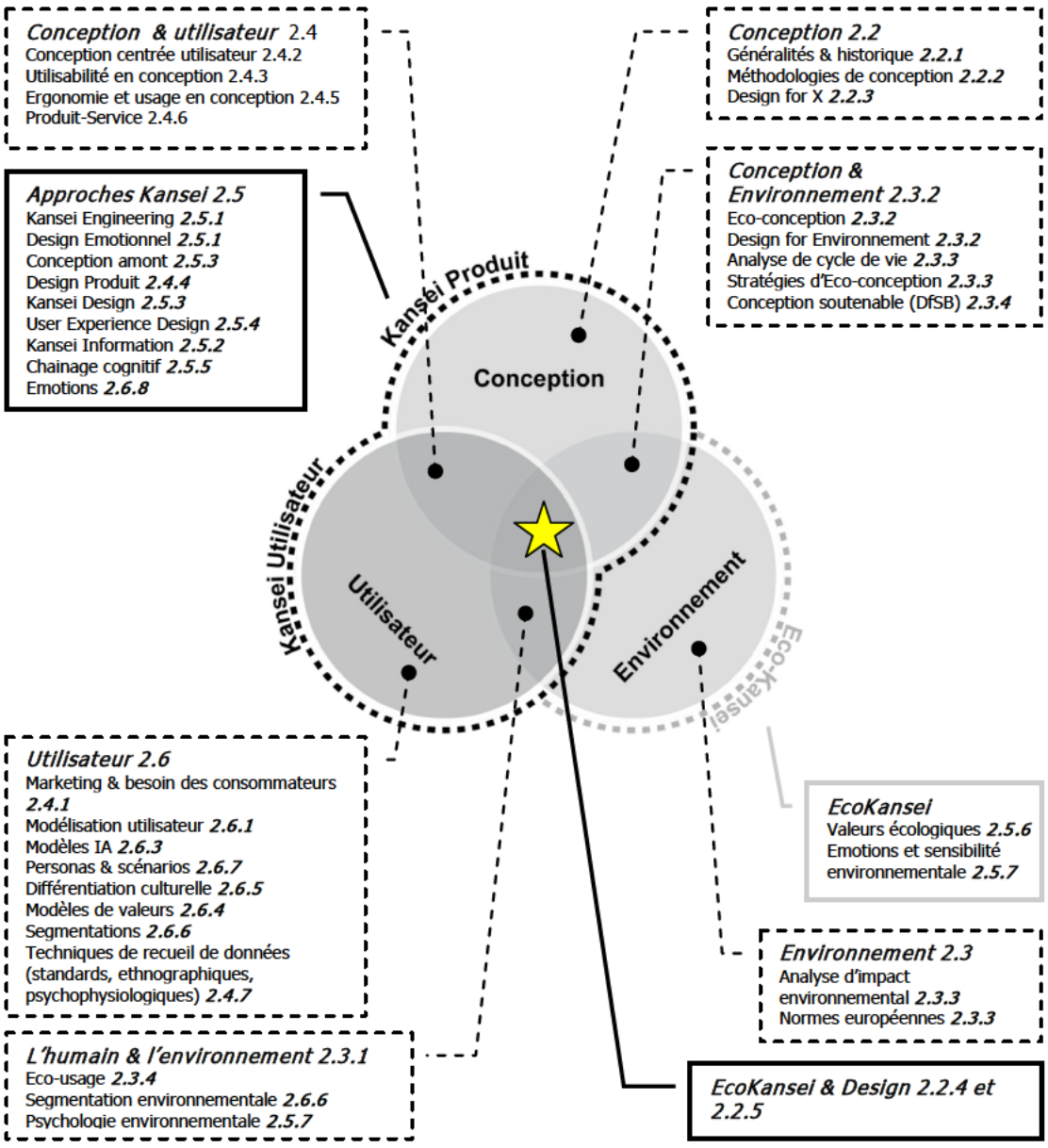


Figure 5. Vision macro du tryptique initial d'orientation des thèmes de recherche

Cet Etat de l'Art est divisé en 5 grandes sections.

La première section de cet Etat de l'Art **(§ 2.2)** présente les composantes de la conception de produit. La conception de produit peut-elle répondre à notre modèle d'interdisciplinarité ? Peut-elle nous permettre de nous positionner autour des trois orientations que nous avons présentées dans le tryptique de la figure précédente : la conception, l'utilisateur et l'environnement. Nous voyons dans cette section dans quelles circonstances les avancées

actuelles en termes de recherche proposent de travailler autour de la mise en relation de ces domaines.

La seconde section **(§ 2.3)** se positionne du point de vue de l'environnement. Nous nous focalisons sur les aspects de la prise en compte de l'environnement, notamment dans la conception de produits. Quelles sont les réponses données par la communauté scientifique pour supporter l'environnement dans la conception ? Et quelle est la place de l'humain, de l'utilisateur, du consommateur dans cette démarche de conception pour l'environnement? Comment est représenté cet utilisateur dans ces démarches de conception pour l'environnement ?

La troisième section **(§ 2.4)** se positionne du point de vue de l'humain. Nous évaluons des éléments scientifiques et historiques sur la prise en compte de l'humain dans la conception de produits en général. Quelles sont les grandes évolutions dans la prise en compte de l'utilisateur dans les méthodes de conception ? Quel support méthodologique est utilisé pour représenter cet utilisateur ? L'environnement est-il pris en compte dans ce champ de pensée spécifique ?

La quatrième section **(§ 2.5)** présente les approches Kansei. Le caractère multidimensionnel de la définition de l'utilisateur, nous oriente vers les études Kansei. Nous traitons dans cette section de l'aspect subjectivité et objectivité, à travers les études liées aux aspects Kansei. Comment les utilisateurs sont-ils représentés dans ce champ de recherche spécifique ? Quelle est la place de la prise en compte environnementale dans ces représentations ? Est-ce que éléments actuels permettent de caractériser ces représentations ?

La cinquième et dernière section de l'Etat de l'Art **(§ 2**.6**)** synthétise les différentes parties précédentes et présente les caractéristiques propres de ce qu'on appelle « Modélisation Utilisateur ». D'où vient ce champ d'étude spécifique ? Est-ce qu'on peut considérer que les outils et les méthodes qui la composent peuvent être utilisés dans le cadre de notre étude ? Nous aborderons différents aspects de la *modélisation utilisateur* pour la mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception en se basant sur les synthèses des différents chapitres de l'état de l'art que nous avons vus précédemment.

Nous essayons d'apporter des réponses dans chacune de ces sections sous deux angles : l'importance de la part utilisateur dans le domaine demandé, et les apports qui peuvent exister en termes de prise en compte environnementale. A l'issue de l'Etat de l'Art, nous proposons des constats **(§ 2.7)** qui nous permettent par la suite de formaliser la question de recherche.

2.2. LES COMPOSANTES TRANSVERSES DE LA CONCEPTION DE PRODUITS

Dans les débuts de cette recherche, nous avons articulé notre champ de recherche autour d'un tryptique initial : Utilisateur – Environnement – Conception (voir **Figure 3** en page 38). La corrélation entre ces 3 aspects nous oriente donc dans un objectif de conception de produits avec une prise en compte de l'utilisateur et de l'environnement. Puis nous avons observé l'apport du Kansei comme étant un filtre supplémentaire (voir **Figure 4** en page 38). Nous allons ainsi voir dans cette première section comment le domaine de la conception de produit peut répondre aux impératifs d'interdisciplinarité que nous recherchons dans notre objectif de mise en relation de ces trois champs d'orientation.

2.2.1. La conception et l'évolution technologique

L'histoire nous apprend que le genre humain a su démontrer une capacité à réaliser des prouesses techniques et technologiques qui lui ont permis d'évoluer au fil des siècles. Les projets grandioses ne concernent pas uniquement les réalisations de l'Homme moderne à l'ère du numérique que l'on retrouve aujourd'hui, mais l'Homme a toujours cherché à innover et à supporter ces innovations par des réalisations de plus en plus complexes. Très loin dans l'histoire de l'humanité, toute chose créée par l'homme est un résultat d'un processus de création, qui témoigne de l'évolution de l'humanité en termes de technicité **(Aunger, 2010)** et de capacité d'innovation **(Berkun, 2010)**. De la construction des pyramides d'Egypte qui reste aujourd'hui une des merveilles du monde **(David, 2002)**, jusqu'à l'avènement de l'ère numérique **(Leiner et al., 2009)**. Ou encore en passant par des projets techniques complexes comme celle de construction de la station spatiale internationale **(DeLucas, 1996)**, les panneaux solaires pour les satellites **(Shigehara & Ohtaka, 1996)**, ou encore le projet de conception du *Large Hadron Collider* (LHC) **(Brianti, 2004; Brüning, Burkhardt, & Myers, 2012; Maiani, 1999)**.

Figure 6. Pyramides d'Egypte (rde.nsw.edu.au)

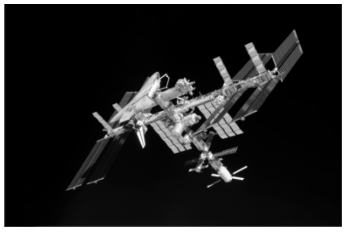


Figure 7. Station Spatiale Internationale (spaceflight.nasa.gov)

Ces évolutions sont conditionnées par des systèmes technologiques de plus en plus évolués. Et bien qu'au départ, on constate que ces innovations ne concernent certainement qu'une

minorité d'individus, on démontre au fil du temps une extrapolation au niveau des personnes, des communautés, des institutions, et jusqu'aux modèles industriels actuels. L'exemple le plus frappant est l'évolution rapide et exponentielle d'Internet depuis les années 90 **(Abbate, 2000)** in **(Aunger, 2010).**

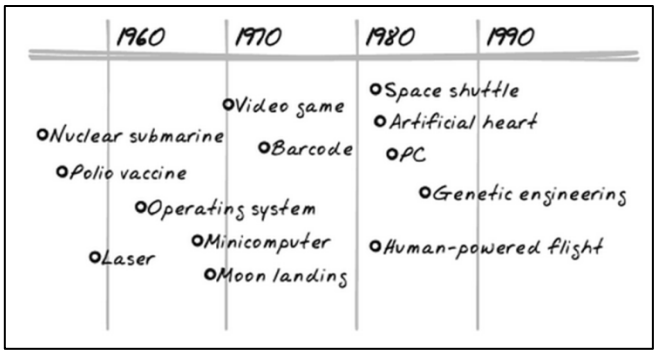


Figure 8. Lignes historiques de la technologie (Berkun, 2010)

Aujourd'hui, ce processus de création est toujours présent, mais les évolutions au fil des siècles l'ont contextualité dans le monde industriel et technique. Ce processus de création est donc contextualité en conception. L'humain conçoit des produits pour stimuler son innovation. Les méthodes de création deviennent ainsi de plus en plus maitrisées. Le résultat est palpable autour de nous : nous sommes inondés de produits qui sont le résultat manifeste de cette maitrise de la conception.

2.2.2. Historique et revue des méthodes de Conception

En termes de recherche, la communauté scientifique a contribué fortement dans la formalisation de la conception de produits. Simon a souligné l'importance de théoriser et de rationaliser la conception **(H. Simon, 1969)**. Une décomposition en processus permet de faciliter la description des systèmes complexes et d'enrichir le développement de connaissance **(Le Moigne, 1977, 1990; H. Simon, 1969)**. Par exemple, en Europe, plus principalement en Allemagne qui représente un des berceaux de l'industrie européenne, ce transfert s'est déroulé par étapes, et la formalisation de la recherche est passée d'un milieu plus artistique *(pluraliste)* vers un milieu plus scientifique *(méthodologistes)*. La **Figure 9** dressée par Heymann dans son article sur l'histoire de la conception du 20e siècle fournit un bref historique sur la recherche en Europe. Sa généalogie permet de distinguer les limites entre les deux champs de pensée : *pluraliste* et *méthodologiste* et de visualiser au fil des années les différents tentatives de transfert entre le domaine de l'art et le domaine de la science dans les recherches en conception **(Heymann, 2005)**.

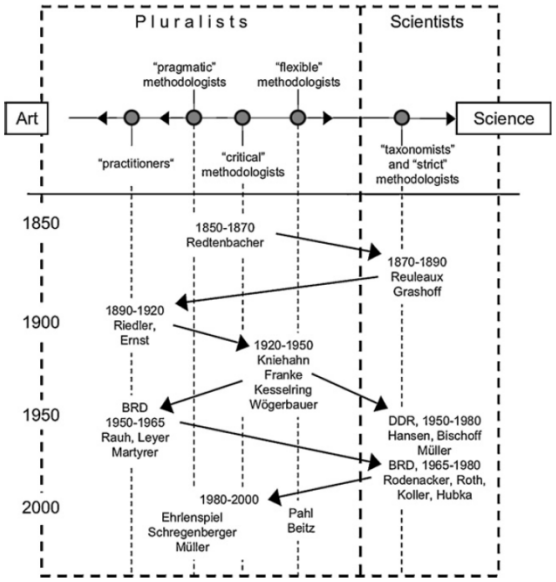


Figure 9. Historique de la recherche en conception en Allemagne (Heymann, 2005)

La création de produits est assimilée à la conception de produits. La démarche de conception de produits est formalisée sous forme de méthodologie de conception de produits. Beaucoup de modèles existent dans la littérature, et on se rend compte rapidement de la diversité des modèles de méthodes de conception **(Aoussat, 1990; Cross, 2001; Duchamp, 1988; Hubka & Eder, 1996; Le Coq, 1992; Pahl & Beitz, 2007; Quarante, 1984; Ullman, 2002; Ulrich & Eppinger, 2008).**

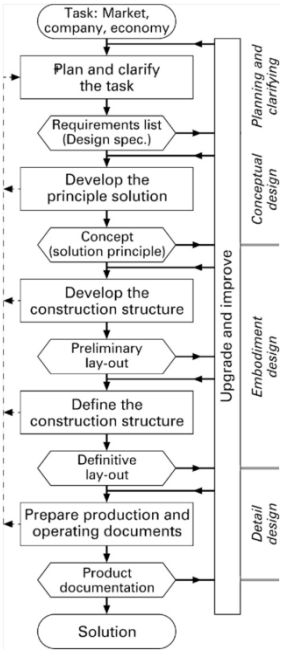


Figure 10. Méthode de conception de Pahl & Beitz (Pahl & Beitz, 2007)

Deux courants de pensées existent dans l'ingénierie de conception. On retrouve l'ingénierie séquentielle, dans laquelle chaque étape se succède. Et l'Ingénierie intégrée ou *Concurrent Engineering (CE)* pour laquelle on retrouve des interactions et des boucles de validation dans chaque étape. L'ingénierie intégrée repose sur des approches visant à intégrer conception de

produit et la conception de procédés **(Andreasen & Hein, 2000; Lamothe & Aldanondo, 2001).** La méthode d'ingénierie résultante consiste à engager simultanément tous les acteurs d'un projet dès le début, dans la compréhension des objectifs recherchés et de l'ensemble des activités qui devront être réalisées. Des études se sont succédées au Laboratoire de Conception de Produits et Innovation dans le cadre de la compréhension et de la formalisation des méthodologies de conception, par cette approche intégrée **(Le Coq, 1992)**, ou également de sujet traitant l'ingénierie concourante dans la conception pour l'innovation **(Aoussat, 1990).**

La conception de produits fait partie intégrante d'un domaine plus conséquent, connu sous l'appellation de DTM (*Design Theories & Méthodologies*). Ce champ d'étude se définit comme des annales regroupant des bonnes pratiques permettant de comprendre l'activité de conception, indépendamment du type de produit, on y retrouve des principes et de résultats d'études **(Tomiyama et al., 2009)**. Une classification intéressante des différents modèles existants de théories et méthodologies de conception de produits est présentée par cet auteur. Celui-ci démontre que les méthodologies représentés sous forme de processus font partie des méthodes les plus pertinentes dans la pratique de la conception, comparées des modèles mathématiques ou celles qui sont orientées objectif. En conception industrielle, on recense dans la littérature un certain nombre de manuels de référence sur les méthodologies de conception. On peut citer par exemple la conception systématique par Pahl et Beitz **(Pahl & Beitz, 2007)**, le développement de produits par Ulrich et Eppinger **(Ulrich & Eppinger, 2008)**, et les méthodologies de process par Ullman **(Ullman, 2002)**. Les modèles de conception issus de la DTM sont autant utilisés dans la pratique de la conception de produits que dans les méthodes d'enseignement **(Tomiyama et al., 2009).** Le **Tableau 1** recense brièvement les méthodes incluses dans le DTM selon Tomiyama.

Tableau 1. Revue des méthodes de DTM (Tomiyama et al., 2009)

Définition	Publications associées[1]
Adaptable design	(Gu, Hashemian, & Nee, 2004)
Axiomatic Design	(Gu, Rao, & Tseng, 2001) (Suh, 1990, 1998, 2001, 2005)
CPM (Characteristics-Properties Modeling) PPD (Property Driven Development)	(Weber, 2005)
CE (Concurrent Engineering)	(Kimura, Matoba, & Mitsui, 2007)
C&CM (Contact and Channel Model)	
Design for X (e.g., cost or environmental effects)	(Boothroyd, 1994; Huang, 1996)
Design decision-making methods	(H. A. Simon, 1960)
DSM (Design Structure Matrix)	
Emergent synthesis	
FMECA (Failure Mode, Effects & Criticity Analysis)	
Hansen	
Hubka & Eder	(Hubka & Eder, 1996)
Integrated product development	(Andreasen & Hein, 2000)
Koller	
Pahl & Beitz	(Pahl & Beitz, 2007)
QFD (Quality Function Deployment)	(Mizuno, 1994)
Roth	(Roth, 1982)
Taguchi method	
Total design	(Pugh, 1991)
TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)	
UDT (Universal Design Theory)	
Ullman	(Ullman, 2002)
Ulrich & Eppinger	(Ulrich & Eppinger, 2008)
VDI 2221 – VDI 2222	(VDI 2221, 1993; VDI 2222, 1997)

[1] Pour les références complètes, voir **(Tomiyama et al., 2009)**

Selon Tomiyama, il apparait que dans la catégorie des méthodes de conception cités, Pahl et Beitz **(Pahl & Beitz, 2007**), Ullman **(Ullman, 2002)**, et la conception axiomatique de Suh **(Suh, 1998)** sont les plus largement discutés et enseignées dans la recherche. Il apparait que le modèle d'Ulrich et Eppinger **(Ulrich & Eppinger, 2008)** est largement utilisé, comme un manuel pratique de développement de produits. Par contre, les applications industrielles ne sont pas aussi fréquentes, sauf pour la conception axiomatique. Nous pouvons dire que les modèles de Pahl & Beitz et Ulrich & Eppinger représentent des références en matière de modèles conceptuels. Ces dernières sont peut-être de loin les plus cités dans la recherche et potentiellement utilisés dans l'industrie. Elles se distinguent par leur approche systématique, une décomposition du processus en quatre ou cinq phases et une prise en compte des différentes itérations liées à l'évaluation de la conception.

Dans la lignée des méthodes de conception, les modèles séquentiels peuvent nous servir de support générique pour asseoir une prise en compte environnementale, moyennant une adaptation. Le modèle de Ulrich & Eppinger (Ulrich & Eppinger, 2008) **nous sert de support pour définir notre modèle.**

2.2.3. Vers un modèle de conception multidisciplinaire : Design for X

On entend par *Design for X* ou *DfX* un formalisme qui va dans le sens de concevoir pour un objectif défini. La méthode DfX est orientée *Performance*. La réussite d'un produit est conditionnée par l'atteinte de ces performances. Les performances peuvent se présenter sous diverses formes. On peut citer par exemple les performances de maitrise du coût, la qualité de fabrication, la fiabilité, la maintenabilité, ou le respect de l'environnement. Pour atteindre ces performances, le concepteur doit réfléchir à une stratégie qui lui permet de cibler ses intérêts autour de l'atteinte de ces performances. La notion de DFX répond à cette stratégie. DFX est alors défini comme un ensemble de stratégies et de règles qui guide le concepteur lors de la conception de produit en prenant en considération différents aspects X relatifs au cycle de vie du produit et de son développement. Plus en détail, **(Huang, 1996)** a présenté une définition étymologique du terme DFX, dans lequel il explique qu'il s'agit d'un ensemble de deux termes. Le terme X peut être : *manufacturability, inspectability, recyclability*, etc. Ce sont des mots qui sont à leur tour divisés en deux parties distinctes : le processus dans le cycle de vie (x) and la performance mesurable (-*ability*), ce qui permet de dire : X = (x) + *ability* **(Huang, 1996)**. Bien qu'historiquement, l'objectif principal des stratégies DFX était de réduire les coûts de conception et de production, les objectifs secondaires tels que l'amélioration de la qualité, de la fiabilité, de la sécurité et de la valeur ajoutée, représentent aujourd'hui un aspect évolutif qui permet d'élargir son application. Cette notion d'élargissement est particulièrement intéressante pour notre objectif étant donné le caractère multidisciplinaire de notre étude. On peut ainsi retrouver divers niveaux d'application des DFX comme nous le présentons dans le **Tableau 2.**

Tableau 2. Différentes formes de Design for X (DfX)

DFX	Acronymes	Description
DFMA	Design For Manufacturing (ou Manufacturability) and Assembly	Conception pour la fabrication et l'assemblage
DFA	Design for Assembly	Conception pour l'assemblage
DFM	Design For Manufacturing ou Design For Manufacturability	Conception pour la fabrication
DFMA	Design for Maintenance	Conception de produits favorisant la maintenance
DFP	Design For Producibility	conception de produits favorisant la production (producibility : facilité de production)
DFE	Design for Environnement	Conception pour l'environnement
DFD	Design fos Disassembly	Conception pour le désassemblage
DFR	Design for Reliability	Conception pour la fiabilité
DFT	Design for Testability	Conception pour la testabilité (testability : aptitude à se prêter à des tests, testabilité)
DFS	Design for Services	Conception pour les services
DFSB	Design for Sustainable Behaviour	Conception pour un comportement durable
DFSS	Design for Six Sigma	Conception pour le Six Sigma
DFSCM	Design for Supply Chain Management	Conception pour la performance de la Chaine Logistique

Les premières applications du DFX tiennent leurs origines dans la prise en compte du démontage dès la conception, ou *Design for Manufacturing and Assembly* (DfMA). Cette première application du DFX a obtenu un grand succès dans l'industrie. La particularité du DFMA réside dans le fait que l'attention lors de la conception est focalisée sur la réduction des coûts relatifs à la fabrication et à l'assemblage du produit **(Boothroyd, Dewhurst, & Knight, 1994).**

Le **Tableau 2** présente d'autres exemples d'extension du DfX. On retrouve des déclinaisons comme le *Design for Environnement* (DfE) pour l'environnement ou encore *Design for Sustainable Behaviour* (DfSB) pour les comportements durables. Par exemple, Le DFSCM ou Design for Supply Chain Management, ou Conception pour la performance de la Chaine Logistique introduite par **(Lamothe & Aldanondo, 2001)**, dans lequel ils définissent un cadre et des objectifs de coopération entre l'ingénierie d'un produit et sa logistique. Huang **(Huang, 1996)** présente divers éléments de définition du DFX, ainsi que les différents outils susceptibles d'être utilisés dans le cadre de cette méthode. **(Kuo, Huang, & Zhang, 2001)** proposent des outils et des modes d'application DFX spécialement affectés au DFMA.

Les méthodologies de conception intègrent parfaitement cette notion de DFX, par l'implication de plusieurs acteurs. Le succès du DFMA résulte de la capacité des acteurs de la conception à travailler ensemble dès les phases amont de la conception de produit. C'est une illustration des intérêts et des possibilités relatives au *Concurrent Engineering (CE)*. C'est d'ailleurs dans ce cadre-là que les méthodes de conception couramment utilisées sont particulièrement attentives à cette notion de CE **(Ulrich & Eppinger, 2008)**. D'ailleurs Huang **(Huang, 1996)** souligne que l'ingénierie intégrée est un environnement idéal pour le développement de produit. En effet, la coopération entre plusieurs disciplines autour d'un même projet de conception fédérateur se traduit par exemple, par un travail d'équipe. Ces

principes permettent d'atteindre des objectifs en termes de qualité, de cout, d'efficacité, d'acceptabilité, de maintenabilité, et d'autres. DFX est un moyen d'implémenter l'ingénierie intégrée dans les projets de conception. Par la suite, le fait d'orienter sensiblement les objectifs de conception de produits a également fait naitre de nouvelles techniques sous le terme *X-Oriented Design.*

DFX est une stratégie orientée Performance qui oriente la conception des produits vers un objectif précis. Elle est d'autant plus intéressante lorsqu'on se trouve en face d'une problématique multidisciplinaire, comme dans le cas de notre étude. Notre vision sera de type DFX puisqu'il s'agit d'une extension du modèle Dfx vers une direction spécifique. *Design for Environment* (DfE) et *Design for Sustainable Behavior* (DfSB) font déjà d'emblée partie dans notre champ d'application. Mais nous pouvons explorer une déclinaison des méthodes Dfx pour y introduire une notion spécifique à notre étude et introduire une prise en compte des aspects Kansei.

2.2.4. Disciplines support pour éco-concevoir avec le Kansei

Nous avons vu auparavant que notre champ d'étude est orienté autour du tryptique : *Utilisateur - Environnement – Conception* (voir **Figure 3** en page 38). Nous avons également vu comment les notions de Kansei s'articulent autour de cette vision, de telle manière à ce que ces dernières puissent l'enrichir (voir **Figure 4** en page 38). Nous définissons dans cette section quelles sont les disciplines qui permettent de supporter cette intégration du Kansei dans le tryptique.

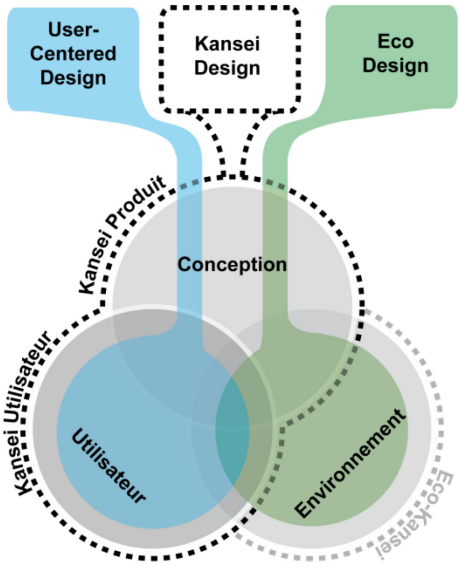


Figure 11. Convergence des thématiques autour de la conception

Nous observons sur cette **Figure 11** que les avancées actuelles en termes de recherche sur le Kansei font état de 2 articulations possibles, autour de ce tryptique. De par sa nature, les informations Kansei sont catégorisées selon leur niveau d'abstraction **(Bouchard, Kim, & Aoussat, 2009).** Nous retenons sur notre tryptique les 2 niveaux principaux : les informations Kansei à bas niveau d'abstraction qui traitent du produit et de sa représentation, que nous notons ici *Kansei Produit*. Et les informations à haut nivrau d'abstraction ou *Kansei Utilisateur* qui traite des caractéristiques internes de l'utilisateur : ses émotions, ses valeurs, son expérience. Ces deux aspects du Kansei sont positionnées sur notre modèle en tant que *Kansei Utilisateur* d'un côté, et *Kansei Produit* de l'autre. Nous rappelons par ailleurs que la

troisième partie qui représente la relation du Kansei avec l'environnement n'est pas aujourd'hui traitée. Cette partie que nous appelons dans notre étude *EcoKansei* **(Rasamoelina, Bouchard, & Aoussat, 2013a)**, constitue le cœur de notre recherche.

Le champ de la conception correspond à notre référentiel scientifique. A partir du tryptique de la **Figure 4** en page 38, nous avons extrait les domaines d'études les plus pertinents correspondant à chacune des 3 orientations. Une sélection a donc été réalisée pour se focaliser sur un ensemble de thématiques plus précises mais qui sont toujours orientées autour de la conception, ce qui nous amène à la **Figure 11**. Nous nous sommes intéressés à trois thématiques importantes qui sont les suivantes:

- Les études qui associent l'utilisateur dans la conception, c'est-à-dire la Conception Centrée Utilisateur ou *User-Centered Design* (UCD),
- Les études qui offrent une caractérisation de l'affectivité et de la subjectivité dans la définition de produit, à savoir le *Kansei/Affective Design* (KD),
- Les études qui permettent une prise en compte environnementale dans la conception, à savoir : l'Eco-conception ou *Ecodesign*.

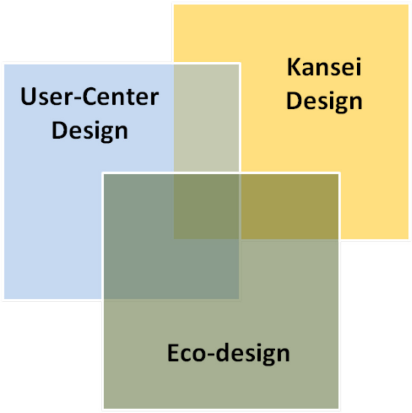


Figure 12. Orientation des thèmes principaux autour de la conception

Nous retrouvons dans la **Figure 12** l'orientation des thèmes principaux autour de la conception : *User-Centered Design*, *Ecodesign* et *Kansei Design*, nous retrouvons bien entendu dans chaque section des outils, des techniques, et des méthodes issues des différents champs de discipline précédemment cités.

User-Centered Design ou Conception Centrée Utilisateur

La Conception Centrée Utilisateur est une approche multidisciplinaire de conception basée sur l'implication active des utilisateurs. Le but est d'améliorer la compréhension de l'utilisation et des exigences liées à la tâche, et assurer ainsi l'optimisation des phases itératives entre la conception et l'évaluation **(Mao, Vredenburg, Smith, & Carey, 2005). (Norman, 1988)** a contribué à mettre en place les bases qui régissent cette méthode. D'autres auteurs ont ensuite recherché à modéliser la conception centrée utilisateur sous forme de processus. Deux normes ISO sont utilisées dans la standardisation de conception centrée sur l'humain. La norme ISO/TR 16982:2002 fournit des informations sur les méthodes d'utilisabilité centrés sur l'opérateur humain pouvant être employées pour la conception et l'évaluation **(ISO/TR 16982, 2002).** Et puis la norme ISO 9241 qui vient en complément de cette norme et définit les critères d'application et la démarche de conception centrée utilisateurs **(ISO 9241-210, 2010)**. Nous nous intéressons aux études de conception qui prennent en compte

l'utilisateur dans notre approche. En effet, nous nous focalisons sur certains domaines qui y sont associés et qui présentent un intérêt vis-à-vis de notre objectif : les techniques de modélisation utilisateur, les *personas* & scénarios, le design d'expérience, l'analyse d'usage, l'analyse sociologique, les tests d'utilisabilité et les études ethnographiques.

***Ecodesign* ou Eco-conception**

L'Eco-conception est une démarche qui vise à intégrer l'environnement dès la phase de conception des produits et tout au long du cycle de vie, qu'il s'agisse de biens, des services ou de procédés. La norme ISO/TR 14062 :2002 décrit des concepts et des pratiques ayant trait à l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit (le terme «produit» englobant à la fois les biens matériels et les services) **(ISO/TR 14062, 2002).** L'Eco-conception est aujourd'hui une pratique adoptée par la plupart des grandes entreprises. Les avantages que pourraient apporter la prise en compte environnementale dans la conception sont aujourd'hui identifiés et évalués, ce qui a permis aux organisations de faire prendre conscience de son impact et de réussir à intégrer cette pratique dans la politique des entreprises. Pour illustrer cette approche, nous introduisons ici quelques notions sur l'analyse d'impact environnemental, les normes associées à l'analyse d'impact environnemental, les outils tels que l'analyse de cycle de vie (ACV), les check-lists, etc.

Kansei / Affective Design

Le Kansei Engineering est une méthodologie qui vise à mesurer les valeurs subjectives et émotionnelles associées aux propriétés d'un produit afin de les transcrire en facteurs assimilables en phase de conception. Le Kansei Design est un principe d'ingénierie qui vise à intégrer le processus de Kansei Engineering dans une méthode de conception de produits **(Nagamachi, 1995a).** Nous nous intéressons ici aux études qui prennent en compte les perceptions subjectives des utilisateurs sur les produits en conception, avec un intérêt particulier aux notions de valeur et de sémantique : les valeurs sociologiques, la sémantique et le chainage cognitif.

2.2.5. Mise en relation des trois disciplines support

Le croisement entre les trois domaines précités nous permet de définir des niveaux de pertinence encore plus détaillés allant de 1 à n et de retrouver des éléments significatifs qui peuvent être importants pour le projet.

On atteint le niveau 1 de pertinence lorsqu'on arrive à trouver une association des trois domaines identifiés, le niveau 2 si l'on trouve une association entre seulement 2 domaines, et ainsi de suite. On est au niveau 3 si on se focalise uniquement sur les domaines principaux, et enfin, au niveau 4 et plus si on s'intéresse à d'autres domaines plus ou moins divergents par rapport aux trois thématiques initiales, mais qui seraient néanmoins susceptibles de contenir des informations intéressantes pour le projet.

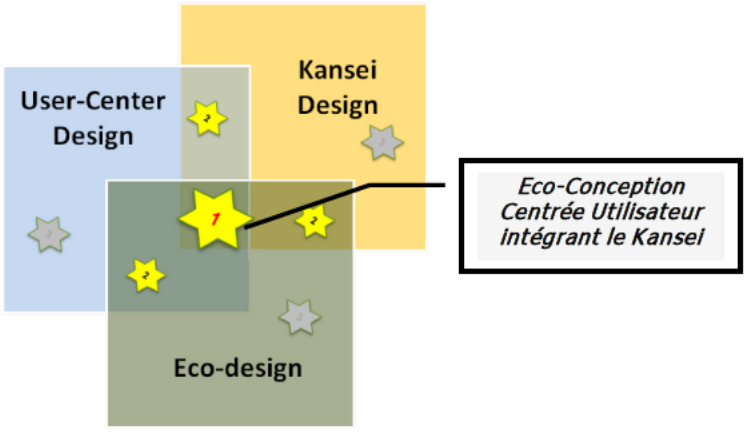


Figure 13. Orientation de la quantification

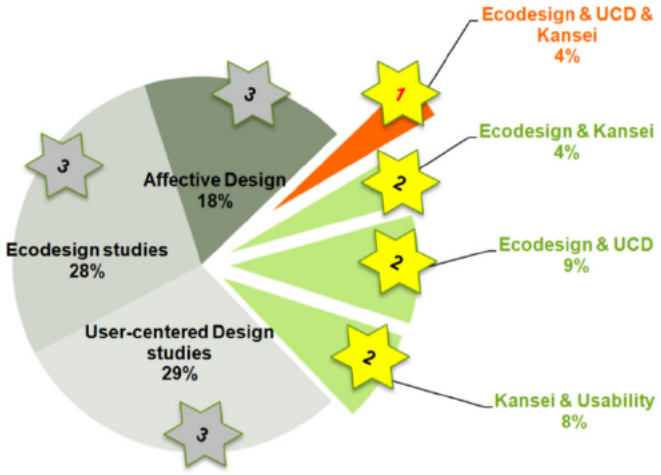


Figure 14. Pourcentage de distribution sur un ensemble de 147 références de niveaux 1 à 3

La **Figure 14** présente une quantification de cette mise en relation. Elle a été réalisée sur une base de 147 références. On peut déjà affirmer que malgré la pertinence du niveau 1, on y retrouve peu de références. On peut également retrouver beaucoup d'informations riches et intéressantes dans les niveaux 2 qui associent deux domaines successives. Il est alors intéressant de nous tourner vers des informations de niveau 2 et de construire le pont adéquat pour les inter-alimenter. Cette forme d'association permet par la suite de s'orienter vers l'association de trois thématiques.

On observe qu'il y a peu de références qui existent dans ce niveau 1. Nous évoquons dans ce chapitre les points importants qui ressortent dans les articles diverses qui illustrent la mise en relation des trois domaines concernés. Pour commencer, rappelons que notre recherche se distingue par le large éventail de domaines d'études qu'elle implique. L'approche menée est définie comme interdisciplinaire, la notion d'interdisciplinarité est présente dans la littérature où l'on souligne notamment une difficulté d'association de plusieurs domaines **(Love, 2002)**.

On aborde dans ce paragraphe les éléments que l'on retrouve dans le niveau 1 du précédent classement. C'est-à-dire les études qui associent strictement les trois domaines : *User-Centered Design, Kansei Design* et *Ecodesign.*

Pour répondre à ce besoin d'interdisciplinarité, certains auteurs ont mis en avant l'importance du développement d'un modèle d'échange pour faciliter la corrélation entre plusieurs disciplines. Levy & Yamanaka entre-autre, proposent une méthodologie de

conception interdisciplinaire qui redéfinit les relations entre l'utilisateur, le contexte d'utilisation et l'artefact. A ce titre, la notion de méta-artefact est introduite pour désigner l'artefact dans son contexte d'utilisation. La méthode s'appuie sur l'intercorrélation entre l'utilisateur et le méta-artefact. Pour illustrer les relations et faciliter la communication entre plusieurs acteurs issus de différents domaines, la méthode de conception interdisciplinaire, l'outil EM « *Evoked Metaphor* » illustré dans la **Figure 15** a été proposé, permettant ainsi aux différentes disciplines d'échanger dans un langage commun **(Levy & Yamanaka, 2007)**.

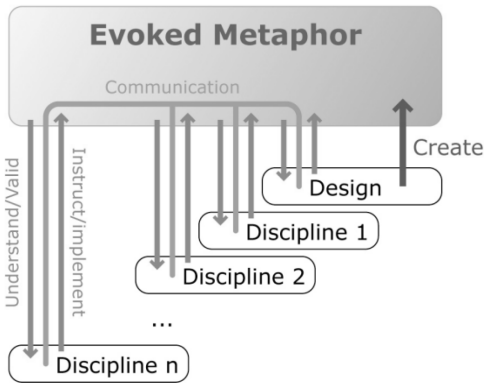


Figure 15. Modèle d'interdisciplinarité EM « Evoked Metaphor » (Levy & Yamanaka, 2007)

Ils proposent ainsi une approche multidisciplinaire qui servirait de support pour introduire le Kansei et l'Eco-conception, en soulignant qu'une méthode efficace d'Eco-conception ne se limite pas uniquement à réduire la consommation d'énergie en utilisation, mais trouverait également des avantages par la prise en compte de la relation subjective entre l'humain et l'environnement **(Levy & Yamanaka, 2007)**. Ce point de vue suggère d'associer une prise en compte des facteurs humains dans l'Eco-conception, et que les perceptions subjectives liées au Kansei **(Nagamachi, 1995a)** peuvent faire partie des éléments qui rentrent en compte dans ces facteurs.

Par ailleurs, Chen et al. **(Chen, Yeh, & Lin, 2009)** ont proposé des associations entre les thèmes du Kansei et la prise en compte de l'environnement dans la conception de produits. Une première étape à franchir consiste à comprendre comment mesurer les qualités environnementales perçues par un utilisateur sur un produit. La conclusion de cette étude démontre la nécessité d'évaluer l'image perçue des écoproduits par les utilisateurs pour les intégrer en tant qu'attributs de conception. Cependant, les méthodes sont encore très ciblées et surtout orientées vers la forme des produits **(Chen et al., 2009)**.

Sachant que les valeurs de base associées au produit peuvent généralement être divisées en trois types: *valeur d'usage*, *valeur économique* et *valeur affective* **(Kimura et al., 2004)**, certaines approches proposent des méthodes plus directes qui consistent justement à travailler sur l'augmentation de cette valeur affective. Sur le cycle de vie, cette valeur d'attachement a une durée de vie (LV) différente de la *durée de vie physique* du produit (LU). **(Chu & Aoki, 2009)** précise qu'en augmentant la *durée de vie d'attachement* (LV) avec une politique de maintenance plus présente et de réutilisation systématique de produit, on réduirait théoriquement le besoin de consommation ou de remplacement du produit, et on contribue à la réduction de l'impact environnemental. Les **Figure 16** *et* **Figure 17** illustrent cette affirmation.

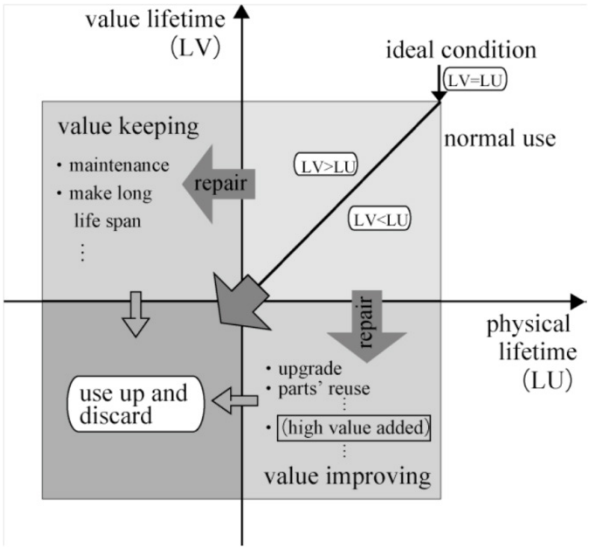


Figure 16. Relation entre durée de vie d'attachement et durée de vie physique (Chu & Aoki, 2009)

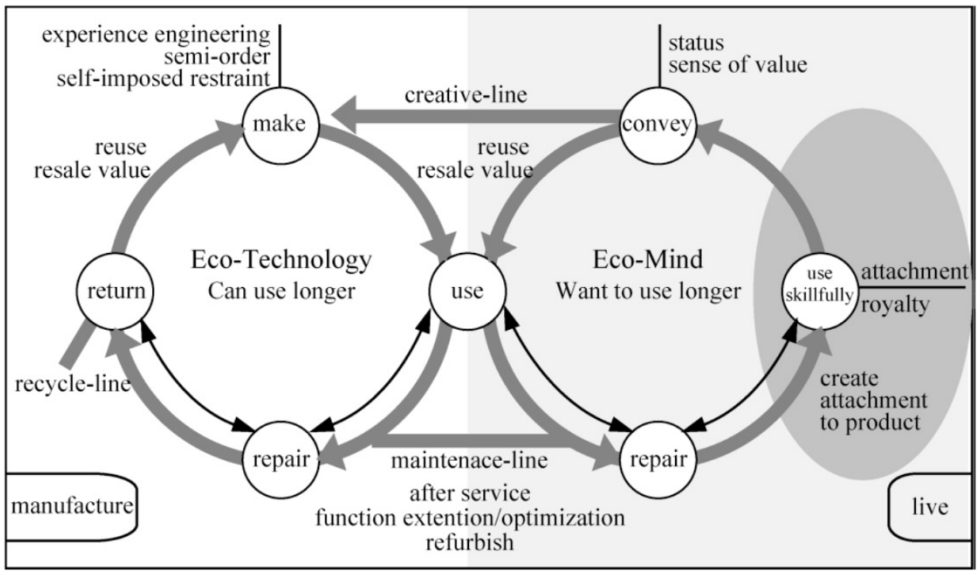


Figure 17. Deux méthodes pour augmenter la valeur d'attachement des produits (Chu & Aoki, 2009)

Des études intéressantes ont également été menées pour comprendre la phase d'utilisation des produits, en évaluant les chaines de valeurs environnementales associées pour un certain type de produit, le produit en question dans cette étude est un détergent **(Paloviita & Järvi, 2008).** Par ailleurs, **(Bouchard, Brissaud, & Aoussat, 2010)** proposent une vision axée sur le design d'expérience dans un contexte où les valeurs de l'utilisateur viendraient s'adapter aux caractéristiques du produit, et à un certain nombre de règles. Ce modèle théorique en **Figure 18** a été proposé comme étant un support initial mettant l'accent à la fois sur l'utilisateur et sur une stratégie d'Eco-conception. Une considération de l'approche *Chaînage Cognitif* y est également considérée. Ce chainage est ensuite implémenté en sciences de la conception par le principe du chainage VFS « Valeurs-Fonctions-Solutions » qui permettrait d'identifier les valeurs écologiques, de créer la cartographie des fonctions associées et de définir des solutions de conception appropriées **(Bouchard et al., 2003b; Bouchard, 1997).**

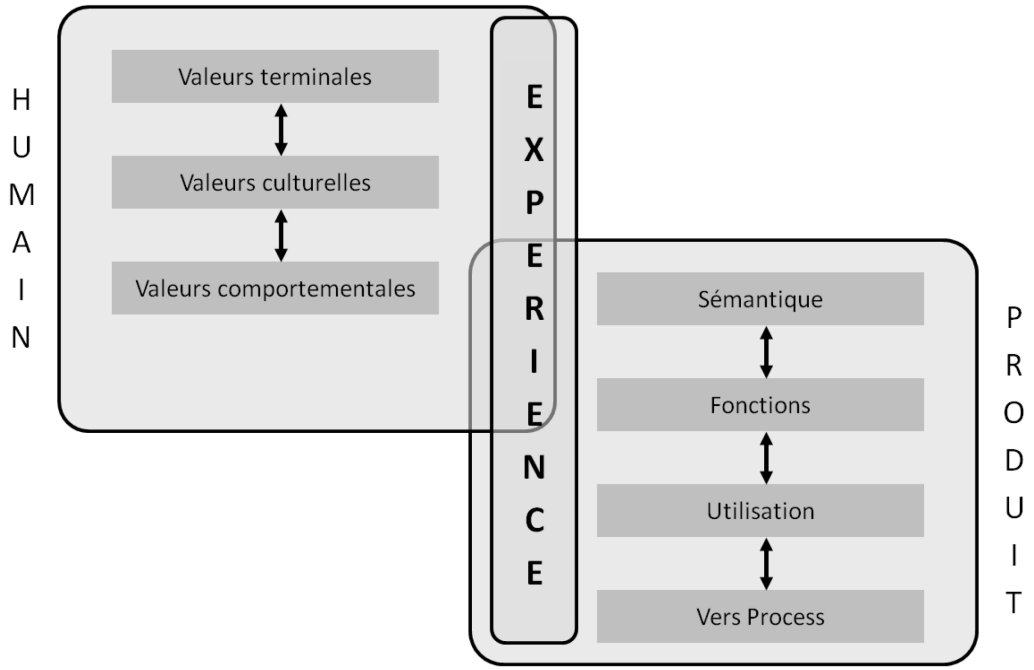


Figure 18. Modèle théorique d'intégration des valeurs de l'utilisateur dans les produits (Bouchard, Brissaud, et al., 2010)

2.2.6. Synthèse de la première section

Les principes du DfX permettent de se rendre compte de la possibilité de faire interagir différents acteurs et de les inclure dans une méthodologie de conception.

Les approches proposées dans la mise en relation des trois disciplines sont des sources d'idées intéressantes **(Chen et al., 2009; Chu & Aoki, 2009; Levy & Yamanaka, 2007)**. Par exemple, **(Levy & Yamanaka, 2007)** proposent un modèle de communication interdisciplinaire, mais l'abstraction de la vision ne permet pas à ce stade de confirmer leur pertinence sur des méthodes pratiques d'Eco-conception. **(Chen et al., 2009; Chu & Aoki, 2009)** proposent de travailler sur les valeurs d'attachement pour augmenter la durée d'utilisation. D'un point de vue méthodologique, une première de vue intéressante a déjà été avancée sur le sujet et qui a permis de statuer que l'intégration de la modélisation utilisateur, du Kansei et des méthodes d'Eco-conception conduit à la considération de l'expérience en prenant en compte les valeurs humaines, la sémantique, les fonctions et l'affordance **(Bouchard, Brissaud, et al., 2010)**.

Le constat de cette première partie fait état que peu de références existent dans la mise en relation des 3 disciplines : *Kansei Design*, *User Centered Design* et *Ecodesign*. Peu d'études permettent de prendre en compte en même temps le Kansei, l'utilisateur et la sensibilité de l'utilisateur dans la conception de produits à faible impact pour l'environnement. Cela démontre que ce champ de pensée n'est pas encore aujourd'hui maitrisé dans la recherche, et que la présente étude permet de poser une brique pour supporter cette orientation. Compte-tenu des différents enjeux qui découlent de cette analyse, on peut supposer que les apports de la prise en compte simultanée de ces trois thématiques ne sont en aucun cas négligeables. Nous justifions notre orientation à l'issue de ce premier constat.

2.3. L'EVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE ENVIRONNENEMENTALE EN CONCEPTION DE PRODUITS

Cette seconde section se concentre plus spécialement sur les différents aspects de la prise en compte de l'environnement dans la conception de produits. Quelles sont les réponses données par la communauté scientifique pour supporter l'environnement dans la conception ? Et quelle est la place de l'humain, de l'utilisateur, du consommateur dans les démarches d'Eco-conception? Comment l'utilisateur est-il représenté dans les démarches de conception pour l'environnement ?

2.3.1. Evolution des mentalités : des institutions vers l'individu

Les besoin énergétiques de la planète ont décuplé ces dernières années. L'extraction des combustibles fossiles (pétrole, gaz) est une solution qui a permis de répondre à ces besoins toujours grandissants. Les conséquences sur l'environnement ne sont pas négligeables. L'augmentation de la consommation de combustibles fossiles a conduit à une libération de dioxyde de carbone, qui à son tour provoque un échauffement atmosphérique. Ces phénomènes ont engendré ce que l'on appelle communément « l'effet de serre » et « réchauffement climatique ». En parallèle, il y a eu une prise de conscience accrue concernant la réalité de la pollution de l'environnement. Depuis les années 80, de nombreux pays ont tenté de réduire leur dépendance au pétrole par la recherche de sources d'énergie alternatives. On constate ainsi des efforts qui se mettent en place pour réduire les effets des émissions des combustibles sur l'environnement. Les institutions politiques ont été les premières à réfléchir sur cette prise en compte environnementale, suivie par les associations et les entreprises. Aujourd'hui, l'environnement est au centre des attentions des institutions. Il constitue une préoccupation particulièrement présente dans notre société. Les mentalités des individus ont évolué et la conscience environnementale est maintenant passée des institutions vers la population. Les entreprises sont aujourd'hui conscientes de cette tendance, et cela se ressent dans l'importance apportée aux stratégies environnementales. On recherche de plus en plus à s'aligner sur cette nouvelle norme, et à s'octroyer cette étiquette *Eco* afin de montrer une image qui prône la responsabilité envers l'environnement. Cette volonté de montrer une image responsable prend plusieurs formes : cela peut passer par le biais des éco-labellisations, des différentes formes de normalisation et de réglementation et de labellisation des produits.

2.3.2. Réponses méthodologiques : Design for Environnement et Eco-conception

L'augmentation de la consommation de combustible fossile a entrainé l'avènement du réchauffement climatique. Cette dernière est une des préoccupations environnementales qui ont fortement affecté les industries de conception et de fabrication. Les méthodes de conception se sont adaptées à cette nouvelle tendance. En théorie, la déclinaison environnementale du *Design for X*, qui est le *Design for Environment* (DfE) **(warwick.ac.uk, 2014)**. Un exemple d'application du DfE pour l'industrie automobile concerne la recherche d'énergie alternative autre que les ressources terrestres.

En pratique, l'Eco-conception s'est imposée comme une réponse stratégique dans cette tendance de prise en compte environnementale. La série des normes ISO 14000 présente l'ensemble des normes concernant le management environnemental. Selon ISO 14062 **(ISO/TR 14062, 2002)**, l'Eco-conception est une démarche qui vise à intégrer l'environnement dès la phase de conception des produits et tout au long du cycle de vie, qu'il s'agisse de biens, des

services ou de procédés, selon ISO 14040 **(ISO/DIS 14040, 2006).** L'Eco-conception est aujourd'hui une démarche connue et adoptée par les entreprises.

2.3.3. Les outils de l'Eco-conception : ACV et analyse d'impact

L'analyse d'impact environnemental en Eco-conception permet de mesurer les conséquences environnementales d'un projet pour tenter d'en limiter, atténuer ou compenser les impacts négatifs. Cette analyse s'appuie sur plusieurs outils. La plus connue étant l'analyse de cycle de vie (ACV). L'ACV est une méthode de référence qui permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit, d'un service, d'une entreprise ou d'un procédé sur tout l'ensemble de son cycle de vie. La norme ISO 14040 **(ISO/DIS 14040, 2006)** présente la démarche de l'ACV.

L'analyse de cycle de vie a fait l'objet de nombreux études **(Brezet, Stevels, & Rombouts, 1999).** Différentes outils informatiques existent pour réaliser l'ACV et l'implémentation de l'Eco-conception en entreprise. Vallet **(Vallet et al., 2013)** a réalisé une analyse comparative de l'utilisation de trois outils en entreprise : SIMAPRO **(Pré_Consultants, 2008),** ECOFAIRE **(Ecofaire, 2008)** et ECODESIGN PILOT **(Wimmer, Züst, & Ch, 2002).**

Une étude d'ACV en Eco-conception se déroule généralement en 4 étapes.

(1) Définition de l'objectif ou du champ d'étude
(2) Inventaire du cycle de vie
(3) Evaluation des impacts
(4) Recherche de pistes d'amélioration.

La définition de l'objectif permet de définir le périmètre de l'analyse. En effet, les méthodes de calcul des ACV se font en fonction d'Unités Fonctionnelles et non en Unités de Produit. En effet, bien que l'on recherche à comparer des produits du point de vue de leurs impacts environnementaux, on ne compare uniquement que des produits qui remplissent une même fonction. L'unité fonctionnelle est une notion essentielle puisqu'elle permet de ramener l'analyse d'impact sur une base fonctionnelle identique en termes de résultat, pour tous les produits comparés. Une unité fonctionnelle peut être par exemple « Peindre un mur de 5m2 », « laver 4 kg de linge », etc., avec toutes les précisions nécessaires pour affiner la fonction.

Par la suite, l'inventaire du cycle de vie ou *Life cycle Inventory* (LCI) est réalisé. Il s'agit d'un inventaire des flux entrants et sortants à chaque étape du cycle de vie de produit. Différentes méthodes existent dans la littérature pour catégoriser et affiner la compréhension des flux entrant et sortant jusqu'à l'identification des impacts. Ces flux sont mesurés en termes de consommation de ressources.

L'évaluation des impacts ou *Life cycle impact asssesment* (LCIA) est réalisée une fois cet inventaire effectué. La norme ISO 14044 précise les étapes de l'évaluation et de la hiérarchisation des impacts environnementaux. Différents indicateurs d'impact existent pour réaliser cette mesure. Ils sont classifiés en deux niveaux : des indicateurs *mid-point* qui sont des conséquences intermédiaires et des indicateurs *damage categories (ou end-point)* représentant les conséquences finales sur l'écosystème. Les réflexions menées pour caractériser les indicateurs d'impact ont donné lieu à pratiques et des modèles figés intéressants. On peut citer par exemple EDIP **(Wenzel, Hauschild, & Alting, 2000)**, EPS **(B. Steen, 1999)**, Impact2002+ **(Jolliet et al., 2003)** qui dérive de méthodologies comme CML2002 **(Guinée, 2002)** et Eco Indicator 99 **(Goedkoop, Effting, & Collignon, 2000)**. La **Figure 19** présente une catégorisation des indicateurs selon Impact2002+ **(Jolliet et al., 2003).**

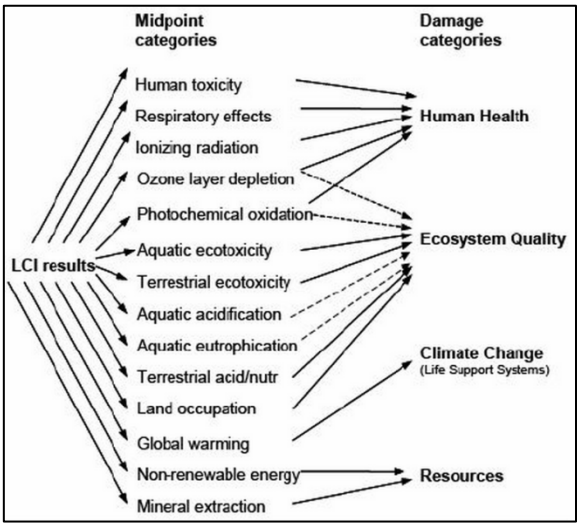


Figure 19. Catégories d'indicateurs d'impact (Jolliet et al., 2003)

La recherche de pistes d'amélioration est la quatrième étape. L'objectif de l'Eco-conception est de trouver des solutions pour réduire les impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit à service rendu égal. L'ACV doit permettre de relever les impacts, et de rechercher par la suite des pistes d'amélioration. On recherche les paramètres de conception pour lesquels des marges d'amélioration techniques peuvent existent et qui assurent une réduction des impacts environnementaux du produit. La recherche de pistes d'amélioration en Eco-conception fait l'objet de recherches afin d'aider les entreprises à implémenter l'Eco-conception dans leurs pratiques **(Brezet, Hemel, & Böttcher, 1997).**

Cette recherche de pistes d'amélioration donne lieu à des stratégies. Les stratégies peuvent concerner des aspects produits. L'intégration des aspects en phase amont est proposée par des auteurs comme **(Durand, Telenko, & Seepersad, 2010; Telenko, Seepersad, & Webber, 2009)**, cette intégration passe par des *guidelines* pour appuyer la conception de produits qui répondent aux impératifs du *Design for Environment*. L'intégration des principes de DfE en entreprise est le sujet de plusieurs analyses dans la littérature **(Boks, 2003, 2006; Lindahl, 2006; Pettersen & Boks, 2008)**

Les stratégies peuvent également concerner des comportements soutenables. Ces stratégies issues du *Design for Sustainable Behavior* (DFSB). Elles sont intéressantes pour notre cas d'étude car elles soulignent l'importance de la prise en compte de l'utilisateur dans la prise en compte environnementale.

2.3.4. La place de l'utilisateur dans la prise en compte environnementale

Du point de vue de l'Eco-conception, la prise en compte de l'utilisateur tient plus aujourd'hui du domaine de l'usage. Aujourd'hui, l'outil ACV Analyse de Cycle de Vie constitue un outil décisif pour l'Eco-conception. La phase d'usage y est abordée mais bien qu'elle soit référencée dans les méthodologies d'Eco-conception, les composantes « utilisateur » ne sont pas encore intégrées dans cette prise en compte. L'usage dans l'analyse de cycle de vie a été présenté par des auteurs comme **(Luttropp & Lagerstedt, 2006)**, par des outils **(Bonvoisin & Mathieux, 2010)** et des techniques spécifiques pour la proposition d'amélioration **(Lofthouse, 2006; Telenko, Seepersad, & Webber, 2008; Telenko & Seepersad, 2010).**

Par ailleurs, dans le cadre du *Design for Sustainable Behavior* (DfSB) des pistes pour l'Eco-conception sont proposées afin de justement permettre de prendre en compte les aspects comportementaux des utilisateurs **(Lockton, Harrison, & Stanton, 2008b)**. Par ailleurs, **(Wever,**

Kuijk, Boks, & van Kuijk, 2008) mettent en avant l'influence de l'interaction du produit avec l'utilisateur dans les résultats d'impact environnementaux. Lilley **(Lilley, 2009)** propose des stratégies d' Eco-conception orientées sur l'utilisation, qui seront plus tard enrichies par Tang & Bhamra **(Tang & Bhamra, 2008, 2009, 2012).** Ce sont des stratégies qui permettent de s'orienter vers le comportement de l'utilisateur. Mais encore une fois, on parle essentiellement d'utilisation, et l'on n'aborde pas plus spécifiquement le point de vue des utilisateurs et leurs caractéristiques. Dans la catégorie des méthodes de conception spécifiques, nous pouvons citer, le modèle de Lilley en **Figure 20** dans laquelle elle explore comment la conception peut être utilisée pour influencer le comportement des utilisateurs vers des pratiques plus durables.

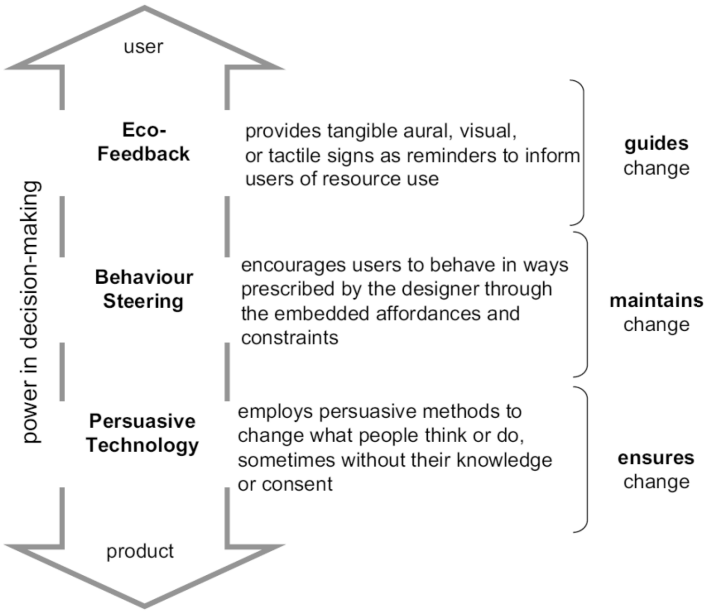


Figure 20. Stratégies de Lilley sur le comportement environnemental (Lilley, 2009)

Lilley y décrit trois stratégies pour changer le comportement des utilisateurs et en évalue l'efficacité, en utilisant d'une part des méthodologies de conception connues issues de la littérature et d'autre part en l'enrichissant avec les conclusions d'une étude de cas. Nous pouvons distinguer :

(1) *Ecofeedback / Ecorétroaction* **(Järvi & Paloviita, 2007; McCalley & Midden, 2006)**,
(2) *Behaviour steering* **(Akrich, 1992; Jelsma & Knot, 2002)**,
(3) *Persuasive technology* **(Arroyo, Bonanni, & Selker, 2005; Fogg, 2002)**.

Ces trois stratégies sont des approches que l'on pourrait considérer dans une méthodologie d'*Eco-conception Centrée Utilisateur.* Des modèles plus détaillés viennent appuyer l'affirmation de Lilley sur l'association de l'utilisateur avec une prise en compte environnementale, notamment sur la modification de son comportement **(Tang & Bhamra, 2009, 2012)** (voir **Figure 21**).

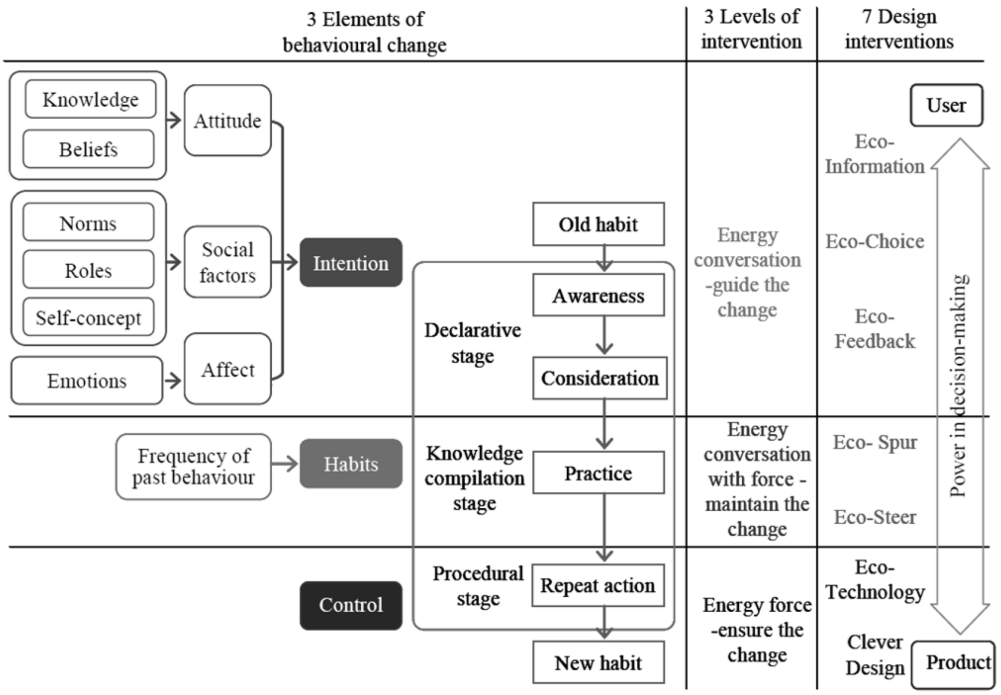


Figure 21. Correspondance des facteurs influents du changement de comportement/ habitudes avec différents niveaux d'intervention en conception (Tang & Bhamra, 2009)

Il apparait que l'utilisateur peut être affecté par les informations qui lui sont présentées et son comportement pourrait en l'occurrence être influencé. On retrouve une description plus poussée des stratégies de Lilley. Les 3 stratégies Lilley sont plus détaillées. On retrouve ainsi :

(1) *Eco-information*
(2) *Eco-choice*
(3) *Eco-feedback*
(4) *Eco-spur*
(5) *Eco-streer*
(6) *Eco-Technology*
(7) *Clever design*

Par ailleurs, l'approche « Cycle de vie » permet de se rapprocher de plus en plus de l'utilisateur. En effet, la phase d'utilisation est clairement abordée dans la prise en compte de cet outil. On démontre également par cette approche que pour une certaine catégorie de produits, la phase d'utilisation a une part importante dans les impacts environnementaux. C'est le cas pour une certaine catégorie de produits (type D) qui présentent un pourcentage d'impact élevé lors de l'utilisation **(Wimmer et al., 2002; Wimmer & Züst, 2003)**. Ceci n'empêche pas dans tous les cas de se pencher sur les autres impacts dans d'autres cycles, mais cela nous permet justifier l'intérêt que nous allons accorder dans cette étude dans la phase d'utilisation.

Les études récentes en Segmentation permettent de se rapprocher du comportement des individus dans leur conscience environnementale. On retrouve par exemple les études de segmentation de population pour l'environnement. DEFRA **(DEFRA, 2008)** a par exemple réalisé une enquête qui a permis de segmenter une partie de population britannique selon leur conscience environnementale. ETHICITY a réalisé une enquête sur le style de vie et le comportement durable d'un échantillon de population afin d'en ressortir des distinctions sur leur conscience environnementale **(ETHICITY, 2013).**

2.3.5. Synthèse de la deuxième section

Les notions de *Design for Environment* (DfE) ont permis de poser un socle commun aux études de la conception qui prennent en compte l'environnement. L'application des stratégies d'Eco-conception a réduit considérablement les impacts environnementaux sur le cycle de vie du produit **(Lewis, Gertsakis, Grant, Morelli, & Sweatman, 2001)**. Les impacts qui se produisent pendant la phase d'utilisation, cependant, sont souvent déterminés par le comportement des utilisateurs **(Tang & Bhamra, 2008)**.

Dans la conception, la modélisation utilisateur du point de vue DfE passe par les principes du *Design for Sustainable Behaviour* (DfSB) et des stratégies de comportements inhérents à l'utilisateur. Influencer le comportement des utilisateurs s'avère être un challenge difficile. Néanmoins, les concepteurs disposent des outils nécessaires pour réduire les impacts de l'utilisation des produits, en supportant les changements de comportement des utilisateurs vers des comportements plus durables **(Elias, Dekoninck, & Culley, 2008; Lockton, Harrison, & Stanton, 2008a; Tang & Bhamra, 2009; Wever et al., 2008)**.

En termes de politique environnementale, cette modélisation utilisateur fait l'objet d'études de segmentation utilisateurs **(DEFRA, 2008; ETHICITY, 2013)**. Defra propose de segmenter les utilisateurs selon deux axes environnementaux : leurs capacités d'action et leurs envies d'action.

En conclusion, deux aspects de la modélisation utilisateur sont intéressants à positionner : ceux du DfSB par le biais des aspects comportementaux de l'utilisateur, et ceux de la population par le biais de la segmentation. On constate dans notre cas que ces deux types de modélisation utilisateur sont orientés vers des domaines non connectés. Ces deux types de modèles font partie des exemples qui nous permettent de dire qu'il existe des modèles utilisateurs dans différents strates et différents domaines non-liés. Il est donc intéressant de pouvoir travailler sur le lien qui peut exister entre ces différents domaines. La mise en relation de ces modèles permettra à terme de définir un modèle utilisateur complet pour la définition de l'utilisateur.

2.4. L'INTEGRATION DE L'HUMAIN DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS

La troisième section se positionne du point de vue de l'humain. Nous évaluons des éléments scientifiques et historiques sur la prise en compte de l'humain dans la conception de produits en général. Quelles sont les grandes évolutions dans la prise en compte de l'utilisateur dans les méthodes de conception ? Quel support méthodologique est utilisé pour représenter cet utilisateur ? L'environnement est-il pris en compte dans ce champ de pensée spécifique ?

2.4.1. Mondialisation économique et besoins des consommateurs

La révolution industrielle est un tournant majeur dans l'évolution de notre mode de production. Les progrès techniques ont favorisé l'industrialisation de notre société. Nous sommes ainsi passés de l'ère agricole ou artisanale à une ère industrielle, et d'un mode de production unitaire vers une mode de production de série et de masse.

Au fil des années, le développement des modes de communication et la mise en place du principe de libre-échange ont favorisé l'ouverture économique entre les pays et entrainé ce que nous appelons mondialisation. Les diverses conséquences de cette mondialisation concernent la globalisation des moyens à l'échelle planétaire. Cela a entrainé la facilité des échanges de biens entre les pays, la baisse des couts des transports, le développement du tourisme, la hausse des flux migratoires, la délocalisation des entreprises, et l'avènement des nouvelles technologies d'information et de communication (internet). Cette mondialisation se manifeste par l'interdépendance économique des pays, l'explosion de la concurrence, et l'expansion des échanges et des interactions entre ces pays. En effet, la mise à disposition d'un vaste choix de produits aux consommateurs entraine une nouvelle forme de concurrence entre les entreprises pour accroitre la visibilité et l'attractivité de leur produit. Les produits sont donc de plus en plus orientés vers les besoins des utilisateurs.

Du point de vue de la conception, il existe un champ d'étude qui met particulièrement l'accent sur l'utilisateur. Ce champ de recherche dénommé *Conception Centrée Utilisateur* permet de fixer en amont de conception les lignes objectives pour une intégration des besoins utilisateur. L'utilisateur est au centre des attentions, ses besoins sont de plus en plus observés afin d'adapter le produit. En Marketing, le besoin des consommateurs est présenté dans des modèles de micro-économie qui traitent de la théorie du consommateur. Les Marketeurs tentent de capter les préférences des utilisateurs et leurs capacités budgétaires avec des enquêtes afin d'adapter leur stratégie de prix et d'implantation. La considération des besoins des utilisateurs a permis de remettre en cause la conception de certains produits, puisqu'ils ne correspondent pas à la cible demandée. La prise en compte des attentes et des besoins de l'utilisateur est intégrée dans la démarche de *Conception Centrée Utilisateur*.

2.4.2. Conception Centrée Utilisateur

La *Conception Centrée Utilisateur* ou *« User Centered Design »* (UCD) est une approche multidisciplinaire de conception basée sur l'implication active des utilisateurs. Cette approche permet d'améliorer la compréhension de la phase d'utilisation et des exigences liées à la tâche, en optimisant les phases itératives entre la conception et l'évaluation du produit. La démarche d'UCD est formalisée dans la norme internationale ISO 13407 **(ISO 13407, 1999)** et puis très récemment par la norme ISO 9241-210 **(ISO 9241-210, 2010)**. En termes pratiques, cette approche est destinée aux entreprises qui fabriquent des produits à destination du grand public dans laquelle on accorde une grande importance à l'utilisation du produit. Aujourd'hui, cette prise en compte de l'utilisateur est une réalité puisque la *Conception Centrée Utilisateur* est une méthode appliquée dans des firmes de toutes

dimensions, et qui stimule leur développement grâce à la prise en compte de l'utilisateur final **(Mao et al., 2005)**. La **Figure 22** présente les points clés dans une démarche de conception orientée utilisateur selon la norme ISO 13407 : 1999.

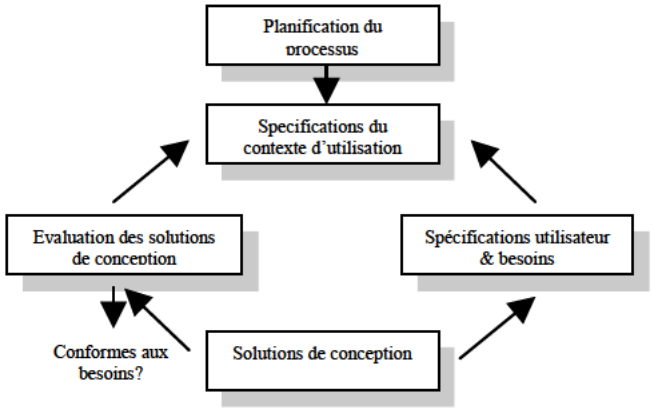


Figure 22. Points-clé des démarches de conception centrée sur l'utilisateur (ISO 13407 et ISO 9241)

L'intégration de l'utilisateur dans les processus de conception s'est faite par étapes **(M. Steen, Kuijt-Evers, & Klok, 2007)** à l'image des notions du courant de recherche « *Human-Centered Design* » pour la conception **(Maguire, 2001)**. Certains auteurs démontrent que cette pratique s'avère également être un facteur d'évolution important dans l'innovation **(Riaz & Talib, 2010)**. L'utilisateur en lui-même n'est pas la seule entité prépondérante dans la Conception Centrée Utilisateur. La prise en compte du contexte d'utilisation est aussi une étape cruciale dans l'analyse. Différents auteurs soulignent l'importance de cette vision **(Shackel, 1991; Wever et al., 2008)**.

La démarche de conception centrée utilisateur est un processus comprenant habituellement 3 phases itératives :

(1) une phase d'analyse pour recenser les besoins et les attentes des utilisateurs finaux,
(2) une phase de conception pour réaliser une première représentation,
(3) et puis une phase d'évaluation pour mesurer l'utilisabilité du produit.

Cependant, ces différentes phases peuvent être approfondies selon les objectifs de conception. Par exemple, le modèle ci-dessous en **Figure 23** représente un modèle de Conception Centrée Utilisateur avec intégration du contexte **(Roozenburg & Eekels, 1995; Wever et al., 2008)**

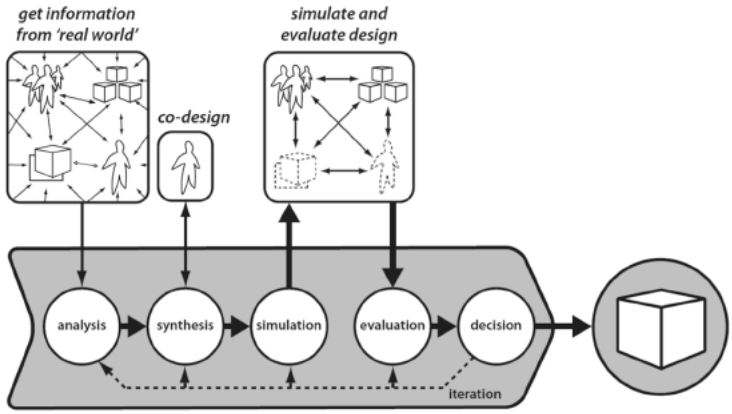


Figure 23. Modèle de Conception Centrée Utilisateur avec intégration du contexte (Roozenburg & Eekels, 1995; Wever et al., 2008)

2.4.3. Mesure d'utilisabilité en Conception Centrée Utilisateur

L'*utilisabilité* ou *usabilité* est définie comme « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des objectifs définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié ». En détail, l'*efficacité* est définie comme « l'exactitude et l'exhaustivité avec laquelle les utilisateurs sont capables d'atteindre des objectifs spécifiques », l'*efficience* comme étant « l'apport de ressources dépensées en rapport avec l'exactitude et l'exhaustivité avec laquelle les utilisateurs auront atteint les objectifs », et la *satisfaction* comme étant « le confort à l'utilisation, et une attitude subjective positive envers l'interaction avec le produit » **(ISO 9241-11, 1998).**

L'utilisabilité d'un produit est évaluée grâce à l'analyse des données recueillies. Dumas & Salzman **(Dumas & Salzman, 2006)** ont dressé une liste comparative des méthodes d'évaluation de l'utilisabilité en décrivant les bases des différentes techniques, leurs forces et leurs faiblesses, leurs caractéristiques de mesure, leur validité et leur fiabilité, et comment elles sont appliquées au développement et l'évaluation de produits. Les tests d'utilisabilité qui sont menés tout au long du développement du produit afin de guider la conception sont appelées *formatifs*. Ces tests se concentrent sur l'identification des forces et des faiblesses du produit et contribuent à leur amélioration itérative. Au contraire, les tests qui sont réalisés en fin de développement produit sont appelés *sommatives* **(Dumas & Salzman, 2006)**. Le **Tableau 3** propose un résume rapide de ces différentes méthodes présentés par Dumas & Salzman.

Tableau 3. Revue des méthodes de tests d'utilisabilité (Dumas & Salzman, 2006)

Catégories	Principes
Test d'utilisabilité ou *Usability Testing*	Evaluation d'un produit en le faisant tester par des utilisateurs
Inspections ou Usability Inspections	Evaluation par l'intermédiaire d'avis d'experts, puis séance de reconception dirigée par un spécialiste.
Enquêtes, interviews & focus group	Evaluations du produit par un échantillon d'utilisateurs, un panel important pour les enquêtes et plus restreint pour les interviews et le focus group
Méthodes ethnographiques	Observation des utilisateurs dans leur propre environnement

Le test d'utilisabilité est une méthode empirique utilisée pour identifier les forces et les faiblesses du mode d'utilisation d'un produit ou d'un système. Les tests d'utilisabilité permettent de valider le produit à l'aide de tests utilisateurs. Un test utilisateur consiste à placer l'utilisateur dans une situation d'interaction avec le produit la plus proche possible d'une utilisation réelle, et de faire suivre des scénario d'utilisation construits comprenant des tâches afin d'évaluer le produit.

Les méthodes d'inspection ont émergé dans les années 1990, elles ont évolué dans deux directions: d'abord comme étant des avis d'experts, dans lequel des spécialistes spécifiques évaluent une interface utilisateur, et puis en revues de conception, dans lesquelles de petites équipes de développeurs dirigées par un spécialiste travaillent de manière conviviale sur un processus d'utilisation afin d'explorer plus en détail la façon dont les tâches sont exécutées.

Les enquêtes sont utilisées pour atteindre un échantillon important d'utilisateurs, les entretiens pour travailler plus profondément sur un petit nombre d'utilisateurs, et les *focus group* sont des groupes de discussion utilisés pour stimuler les utilisateurs pour leur faire exprimer leurs idées **(Courage & Baxter, 2005)**.

Les méthodes ethnographiques constituent un ensemble de techniques destinées à étudier les utilisateurs dans leurs propre environnement, à analyser leurs activités et leur interaction avec les produits dans des contextes réels. Ces méthodes sont importantes pour l'évaluation car elles complètent les tests d'utilisabilité et les enquêtes.

Les dimensions affectives sont présentes dans les tests d'utilisabilité. **(Han, Hwan Yun, Kim, & Kwahk, 2000)** proposent de modéliser l'utilisabilité. Leur étude présente une approche systématique pour améliorer les réponses affectives (objectives et subjectives) de produits de consommation électroniques. Cette approche peut être utilisée dans la conception et la phase d'évaluation du processus de développement. Elle peut aider les concepteurs et les développeurs à identifier les éléments de conception importants, à diagnostiquer les problèmes d'utilisabilité, et à prédire le niveau d'utilisabilité des produits de consommation électroniques. L'approche développée dans cette étude est également applicable aux autres produits de consommation tels que les appareils électroménagers, l'automobile, les appareils de communication, etc.

En pratique, on retrouve des tests d'utilisabilité pour des produits électroniques **(Lin, Lai, & Yeh, 2007)**, des interfaces informatiques **(J. Kim & Moon, 1998)**, des produits agroalimentaires **(King & Meiselman, 2010)** car elles impactent directement les comportements associés à l'utilisateur. Il est également démontré que les erreurs ou faux pas lors de l'utilisation conduisent à des réponses affectives négatives et par conséquent, conduirait à une perte d'utilisabilité **(Tsao & Chan, 2011)**. Les méthodes d'analyse d'utilisabilité trouvent leur importance dans la conception par l'évaluation des produits **(Han et al., 2000).** D'où l'intérêt de pouvoir transcrire ces données d'utilisabilité en éléments utiles pour la phase conception afin de garantir une bonne acceptation du produit final par l'utilisateur.

2.4.4. Eléments de Design dans la Conception Centrée Utilisateur

L'aspect représentatif véhiculé par le design d'un produit est une dimension importante de l'utilisabilité. En effet, Han et al. **(Han et al., 2000)** présentent deux dimensions de l'utilisabilité d'un produit. La première dimension concerne les aspects *Performance* et la seconde dimension concerne la *Représentation et l'Aspect* (**Figure 24**).

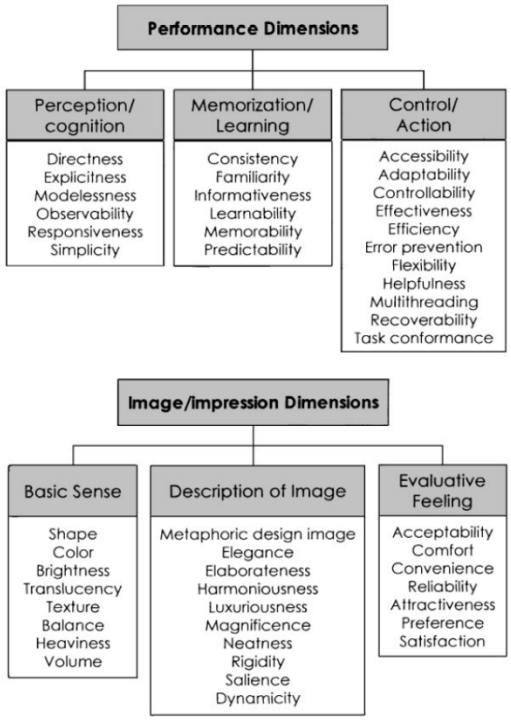


Figure 24. Dimensions de l'utilisabilité selon (Han et al., 2000)

On observe que la dimension Image/Impression recense des aspects subjectifs et descriptifs du produit. Le Design est donc un vecteur important qui oriente l'utilisabilité des produits de conception.

Les aspects émotionnels font partie des informations potentiellement vérifiées dans le cadre des tests d'utilisabilité. Il s'agit certes d'informations de satisfaction très génériques : comment l'utilisateur se sent après la réalisation de tâches ? Est-ce que l'utilisateur recommanderait ce produit à un ami ? Etc., mais qui constituent une brique qui permet de caractériser la relation entre les tests d'utilisabilité et les différents champs qui traitent de l'émotion des utilisateurs : *Design Emotionnel* **(Norman, 2002)** et *Kansei Engineering* **(Nagamachi, 1995a).**

2.4.5. Extension des outils issus de l'ergonomie et de l'analyse d'usage

Les notions d'analyse d'usage et d'ergonomie de produit ont une correspondance importante avec la *Conception Centrée Utilisateur*. Cette intégration s'est faite par étape, à l'image des travaux de Lim sur l'usage de la télévision interactive **(Lim, 2003)**. Lim a développé une méthodologie qui illustre l'intégration de l'ergonome en tant que porteur de projet dans la phase de développement de concept, et a contribué à apporter de nouvelles connaissances dans l'amélioration des processus de conception, constituant ainsi une des premières briques la *Conception Centrée Utilisateur*. La **Figure 25** illustre l'extension du champ d'action de l'ergonome vers les phases les plus amont dans la conception de produit.

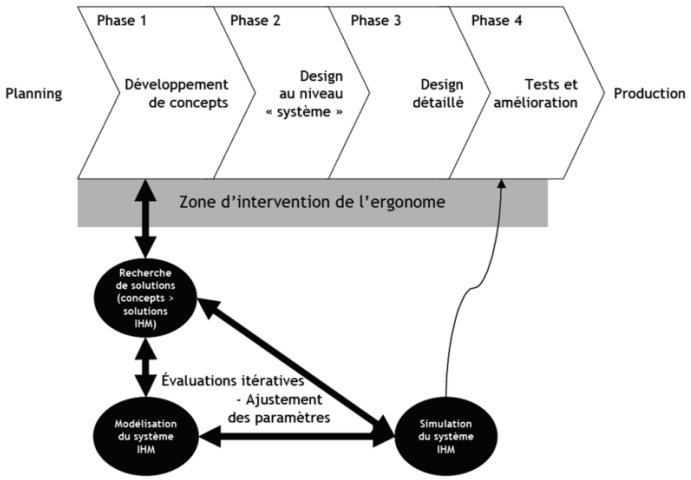


Figure 25. Intervention de l'ergonome dans la phase amont du processus de conception (Lim, 2003)

Dans l'étude de Lim **(Lim, 2003)**, la démarche méthodologique utilisée pour étendre l'implication de l'ergonome de son champ d'action initial (tests et validations) vers une phase plus en amont de la conception (développement de concept) peut être traduite à notre avantage afin d'intégrer l'utilisateur/utilisation dans la phase encore plus amont de la conception (la phase de planning/ analyse du besoin). Nous extrapolons la méthode par une prise en compte simplifiée. En effet, nous nous intéressons spécialement dans notre projet, non à l'implication de l'ergonome, mais plus à l'intégration des paramètres liés à l'ergonomie tels que les valeurs sociologiques et les valeurs d'usage dès la phase d'identification et d'analyse du besoin. A cela nous ajoutons les aspects environnementaux qui différencient notre étude de la *Conception Centrée Utilisateur* classique.

2.4.6. Produit - Services : une notion intégrant l'utilisateur

Au-delà du produit, on retrouve aussi ce que l'on appelle les Services. On a vu naitre depuis quelques temps ce que l'on appelle la *Conception de Services*. Le processus de *Conception de Services* est nettement différent de la *Conception de Produits*, malgré le fait que les grandes lignes des deux processus restent similaires. Elle répond parfaitement qui correspond parfaitement à une perspective d'économie de fonctionnalité. En effet, produit et service deviennent aujourd'hui un ensemble global de résultats **(Araujo & Spring, 2006)**, en d'autres termes, un système regroupé qu'on appelle communément PSS « Product Service System ». Le terme PSS a été défini comme «un ensemble de produits et de services commercialisables capables de combler les besoins d'un utilisateur ». **(Amaya, Lelah, & Zwolinski, 2013)** ont mis en évidence les avantages du PSS dans le cadre de la mise en place de services de partage de vélos en ville. Le ratio produit / service dans cet ensemble peut varier, soit en termes de respect de fonction ou de valeur économique **(Goedkoop, Van Halen, te Riele, & Rommens, 1999; Van Halen, Vezzoli, & Wimmer, 2005)** et qui a le potentiel de minimiser l'impact environnemental **(Mont, 2002)**. Par ailleurs, la *Conception de Produits* et la *Conception de Services* trouvent leur point commun dans la prise en compte de la phase d'usage. En effet, ces deux modes de conception sont essentiellement centrés sur l'utilisation comme le démontre la **Figure 26**.

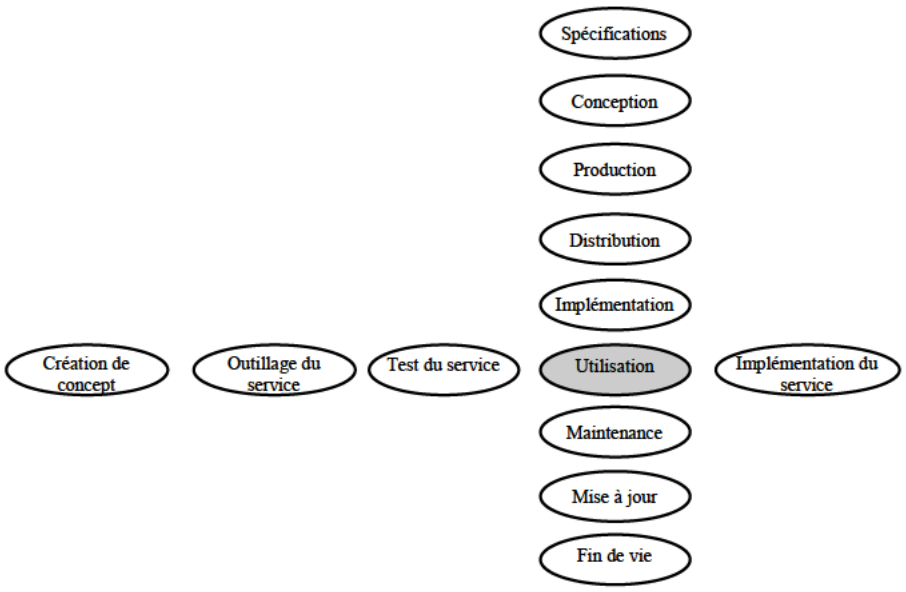


Figure 26. Phases de développement des activités de conception de PSS (Morelli, 2003)

La conception de PSS est un domaine étudié et débattu dans la littérature, une revue des dernières avancées en termes de PSS est présentée par Vasantha et al. **(Vasantha, Roy, Lelah, & Brissaud, 2012)**. L'approche Services est intéressante car l'extrapolation faite dans l'intégration de services dans le produit peut représenter une brique importante de l'inclusion de l'utilisateur dans la phase de conception de produits. Dans la *Conception de PSS*, nous retrouvons une interactivité avec l'utilisateur, et nous identifions les trames d'une méthode interdisciplinaire qui peut être intégrée en phase amont **(Maussang, Zwolinski, & Brissaud, 2008)**.

De plus, on démontre que dans la *Conception de PSS,* les valeurs culturelles, les valeurs sociales et les valeurs humaines de l'utilisateur ont un degré de pertinence non-négligeable et que leur prise en compte est aussi importante que la définition des valeurs technologiques initiales du produit **(Morelli, 2003)**.

2.4.7. Méthodes de recueil ethnographiques pour l'environnement

Le domaine des Sciences Humaines et Sociales disposent d'outils pour récupérer des informations sur l'usage. Nous avons déjà vu que les tests d'utilisabilité recèlent un certain nombre d'outils qui vont dans cet objectif. Ces méthodes de recueil de données sont issues du domaine des Sciences Sociales et nous semblent donc intéressantes. Le **Tableau 4** ci-après présente un aperçu des 5 différentes approches de recherche qualitatives avancées par Creswell **(Creswell, 2006)**, avec une brève définition de chaque méthode et de ses spécificités.

Tableau 4. Synthèse de cinq différentes méthodes de recherche qualitative (Creswell, 2006)

Méthode	Courte définition	Exemples
Recherche Narrative	"Un texte parlé ou écrit relatant d'un événement/action ou une série d'événements/actions, reliés chronologiquement "	Etude biographique, autobiographie, « Life History », narration d'une expérience personnelle, histoire orale
Recherche Phénoménologique	"Tandis que la recherché narrative rapport la vie d'un seul individu, la recherche phénoménologique considère l'interprétation d'une expérience vécue par plusieurs personnes…"	1 Phénoménologie Herméneutique: interprétation de son propre expérience comme un phénomène 2 Transcendantale ou Phénoménologie Psychologique: "quand les choses sont perçues de manière fraiche, comme pour la première fois
Recherche-Action Participative	"…de la recherche qui implique directement la fois le chercheur et les participants au projet de recherche"	Evaluation rurale, recherche participative pour une communauté, Recherche-Action, recherche pour l'enseignement, recherche pratique réflective, service communautaire d'apprentissage
Recherche « Grounded Theory »	"L'objectif du « grounded theory » est de générer ou découvrir une nouvelle théorie à partir des données, le résultat serait un schéma abstrait d'analyse d'un processus nouveau et spécifique aux données"	La théorie est « ancrée » dans les données de recherche La théorie n'est pas appliquée aux données, ce sont les données qui génèrent la théorie Le cadre théorique créé à partir des données s'applique plus particulièrement aux données Plus on a de données, plus la théorie est ancrée ou « grounded »
Recherche Ethnographique Et Observation Participative	"Une analyse des tendances de comportement, de croyance et de langue, partagées parmi les participants de l'étude par une observation des sujets évoluant au sein de leur propre groupe culturel, avec observation immersive	Ethnographies de confession , Histoire de vie, auto-ethnographie, ethnographie féministe, romans ethnographiques, ethnographie visuelle, ethnographie réaliste, ethnographie critique

Au-delà de l'aperçu global que nous offre Creswell avec ce tableau récapitulatif des différentes méthodes de recherche, il souligne dans son manuscrit l'importance de l'étape du recueil d'informations dans la recherche qualitative. En effet, les *données* représentent l'essence du travail à réaliser. Ce seront d'ailleurs ces données-là qui permettront de confirmer ou d'infirmer si les résultats avancés correspondent bien aux principaux objectifs de départ **(Creswell, 2006).** A ce titre, les méthodes de recueil de données existantes permettent de relever des informations dans le cadre de la modélisation utilisateur.

La littérature souligne que les *enquêtes par questionnaires* sont les méthodes les plus communément utilisés dans les recensements d'expériences d'analyse d'usage, suivi par les interviews, et ensuite par les méthodes psychophysiologiques **(Van Velsen, Van Der Geest, Klaassen, & Steehouder, 2008).**

Néanmoins, la qualité et la véracité de l'information, en ce qui concerne la phase d'utilisation est notamment d'autant plus pertinente que si elle est recueillie à partir de pratiques réelles d'utilisation. Les *méthodes ethnographiques* semblent donc plus appropriées. Par définition, l'ethnographie met en œuvre toutes sortes de moyens sur le terrain d'utilisation afin de recueillir les données nécessaires pour un produit **(Salvador & Howells, 1998) in (Lim, 2003)**. C'est une approche qui consiste à rechercher les données contextuelles d'utilisation dans des situations réelles, et non pas dans des situations contrôlées pour l'expérimentation dans un laboratoire. Cette approche inclue des méthodes telles que l'observation, les interviews, etc. **(Hammersley & Atkinson, 1983; Irons, 2003; Usabilityfirst.com, n.d.).** Des distinctions sur les valeurs sociologiques, démographique en

termes d'usage peuvent exister. L'évaluation de l'impact de ces distinctions pourrait être très enrichissante **(Clemmensen, 2011; Falzon, 2009)**.

En ce qui concerne l'adéquation avec les notions de prise en compte environnementales, il faut également souligner que les méthodes ethnographiques sont particulièrement adéquates lorsqu'il s'agit de faire des études qui prennent en compte les impacts environnementaux **(Dumas & Salzman, 2006; Tang & Bhamra, 2009).**

2.4.8. Synthèse de la troisième section

La *Conception Centrée Utilisateur* ou *« User Centered Design »* (UCD) est une approche multidisciplinaire de conception basée sur l'implication active des utilisateurs. La littérature souligne que les *enquêtes par questionnaires* sont les méthodes les plus communément utilisés dans les recensements d'expériences d'analyse d'usage, suivi par les interviews, et ensuite par les méthodes psychophysiologiques **(Van Velsen et al., 2008).** Parmi les notions avancées dans la littérature sur l'évaluation de l'utilisabilité et de l'affordance en conception **(Nielsen, 1994; Usabilityfirst.com, n.d.)**, il apparait que les méthodes ethnographiques sont particulièrement adaptées pour une prise en compte des impacts environnementaux, de par leurs caractéristiques d'immersion et d'observation de données réelles sur terrain **(Dumas & Salzman, 2006).**

Les aspects émotionnels sont des facteurs importants dans la conception centrée utilisateurs. Ceux-ci sont des informations vérifiées dans les tests d'utilisabilité. Les approches de Norman en design émotionnel **(Norman, 2004)** caractérisent cette relation. Néanmoins, ces aspects émotionnels sont plus approfondies dans les études Kansei **(Nagamachi, 1995a)** que nous détaillons dans le chapitre suivant.

2.5. L'APPORT DES DIMENSIONS KANSEI DANS LA CONCEPTION

La quatrième section présente les approches Kansei. Représenter l'utilisateur nous amène à considérer autant de facteurs complémentaires entrainant des différences perceptibles sur la qualité et le déroulement de l'interaction qu'il peut avoir avec un artefact. Le Kansei traite des informations subjectives telles que l'émotion, les valeurs, la sémantique, l'expérience afin d'en ressortir des correspondances avec des attributs de formes, de couleurs, de textures ou des fonctions spécifiques modélisables dans la conception de produit. Le Kansei est une dimension importante dans l'enrichissement de la définition de l'utilisateur et de son interaction avec un produit. L'introduction du Kansei dans notre réflexion peut être, selon nous, un apport considérable dans la prise en compte de l'utilisateur pour l'Eco-conception. Nous présentons ici comment les utilisateurs sont représentés dans ce champ de recherche spécifique, quelle est la place de la prise en compte environnementale dans ces représentations ? Est-ce que éléments actuels permettent de caractériser ces représentations ?

2.5.1. Les approches émotionnelles : Ingéniérie Kansei & Design Emotionnel

Les émotions sont des informations subjectives véhiculées dans les études Kansei. Historiquement, l'importance de la prise en compte des caractéristiques subjectives associées à l'émotion a été mise en avant par plusieurs scientifiques **(Green & Jordan, 2003; Norman, 1988, 2002, 2004).** Des techniques ont ainsi vu le jour sur l'intégration de ces caractéristiques dans la conception de produits. Schütte a énuméré les différentes appellations de ce champ de recherche. Ces différentes appellations ont aussi répertoriées dans le cadre du réseau ENGAGE. **(Schütte, 2005).** Ainsi, ce champ spécifique de recherche peut être selon différentes appellations :

- Emotional Engineering
- Affective Design
- Affective Engineering
- Affective Ergonomics
- Design for experience
- Pleasure with products
- Design of metaqualities
- Design for human senses
- Kansei Engineering
- Sensorial Engineering

Les deux principaux courants de recherche présentant des points de vue complémentaires concernant l'approche émotionnelle en conception sont **(Bouchard, Mantelet, et al., 2009) :**

- d'un côté, on distingue le courant d'idée qui vient du Japon et qui introduit les notions de « *Kansei »* pour traduire les valeurs subjectives associés aux produits **(Bouchard et al., 2003b; Dahlgaard, 2008; Mantelet, 2006; Nagamachi, 1995b, 2002; Schütte, Eklund, Axelsson, & Nagamachi, 2004; Schütte, 2005).** Le Kansei vise à traduire les besoins affectifs et les traduire en éléments de conception pour offrir aux utilisateurs finaux une expérience avec le produit. La transcription des caractères subjectifs ressentis par l'utilisateur (Kansei) en éléments compréhensibles pour la conception reste l'un des principaux défis en conception et innovation **(Nagamachi, 1995a, 2002, 2010)**

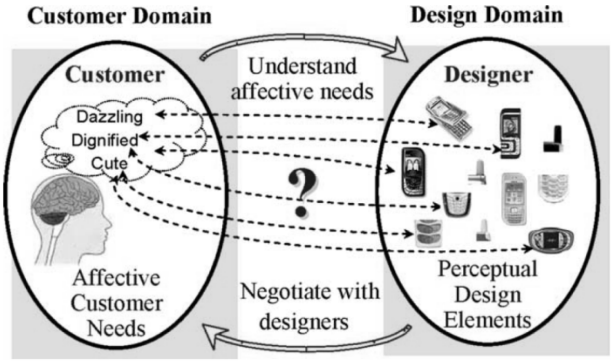


Figure 27. Dimensions affectives du Kansei (Jiao, Zhang, & Helander, 2006)

- d'un autre côté, on retrouve les approches européennes dénommées *« Emotional Design »* (**Norman, 2004; Overbeeke & Hekkert, 1999; Schifferstein, Mugge, & Hekkert, 2004)** qui seraient plutôt associés au Design d'expérience, et à la création de sentiments d'attachement au produit.

Les études Kansei ont fait l'objet de nombreuses réussites commerciales, notamment chez le constructeur japonais Mazda pour la conception de la Mazda MX-5 **(Nagamachi, 2011)**

Les études *Kansei* font référence globalement à la prise en compte des processus cognitifs et affectifs qui surviennent pendant l'expérience utilisateur. **(Bouchard et al., 2003b)**. Le *Kansei Engineering* (KE) fait partie des premières recherches qui ont érigé une base technique aux études Kansei. Le KE a été initié par Mitsuo Nagamachi, et c'est une discipline scientifique par laquelle on apporte des réponses technologiques au développement d'un produit qui plaît et qui satisfait les consommateurs **(Nagamachi, 1995c)**. A partir de l'identification du Kansei du consommateur, on cherche à comprendre comment on peut induire ce Kansei à partir d'un artefact, un produit ou une expérience. Un des objectifs de ce type d'approche serait d'améliorer le bien-être humain en examinant les aspects physiologiques et psychologiques **(Lokman, 2010).**

Les principes du KE reposent sur différentes étapes : *Domain Decision*, *Kansei Dimension*, *Product Design Dimension* et *Synthesis*, le but étant de développer un produit Kansei ou *Kansei Product*. Ces étapes sont résumées par **(Lokman, 2010)** en **Figure 28**.

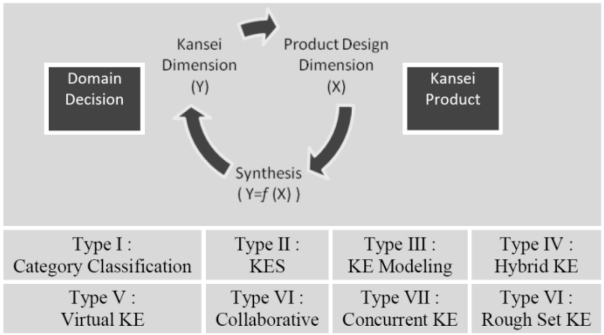


Figure 28. Implémentation du Kansei Engineering (Lokman, 2010)

Il existe 8 classifications du KE : du KE Type I jusqu'au KE Type VIII **(Lokman, 2010; Nagamachi & Lokman, 2011).** Les spécificités de chaque type de Kansei sont définies dans le **Tableau 5**.

Tableau 5. Les 8 types de Kansei Engineering (Lokman, 2010)

KE Type I	Category Classification	Association de paramètres subjectifs Kansei avec des attributs de conception
KE Type II	KES : KE System, Computer-Aided KE	Computerisation du processus d'évaluation et de translation des émotions, à l'aide d'une base de données
KE Type III	KE Modeling	Modélisation mathématique dans le processus d'évaluation et de translation du Kansei
KE Type IV	Hybrid KE : Forward and Backward KES	Procédure itérative entre évaluation et conception
KE Type V	Virtual KE	Utilisation des techniques de Réalité Virtuelle pour l'évaluation
KE Type VI	Collaborative	Collaboration entre les concepteurs et les utilisateurs autour d'une même base de données Kansei, pour la conception d'un produit
KE Type VII	Concurrent KE	Collaboration de plusieurs acteurs d'autres disciplines autour de l'évaluation et de la translation des attributs Kansei, pour la conception d'un produit
KE Type VIII	Rough Set KE	KE décentralisé pour être traité à part

Nous pouvons situer l'approche que nous abordons danc cette thèse dans trois catégories de Kansei : il s'agit d'une prémisce à l'impléméntation du *Concurrent KE* (KE Type VII) et du *Collaborative KE* (KE Type VI), avec des outils issus du *Category Classification* (KE TypeI)

La mise en place du processus Kansei fait appel à des outils d'identification et de mesure que nous détaillons dans le paragraphe suivant.

2.5.2. Définition et dimensions du Kansei : une culture japonaise

Kansei est un terme japonais utilisé pour exprimer l'impression d'une personne au contact d'un artefact, face à une situation ou à un environnement particulier **(Nagamachi, 2002)**. Il n'existe pas précisément de traduction directe du terme Kansei dans la langue française **(Lokman, 2010)**. Largement traitée dans la littérature, la dimension Kansei est généralement interprétée comme une référence à la sensibilité, au sentiment et l'émotion **(Harada, 1998; Ishihara, 2010; Nagamachi, 1995a, 2010)**.

Historiquement, la première tentative pour trouver une définition exhaustive du terme Kansei a été celle réalisée par Akira Harada en 1998. En effet, **(Harada, 1998)** a recueilli un ensemble de définitions du terme Kansei auprès d'une soixantaine de chercheurs déjà impliqués dans les études Kansei à l'époque. A partir de l'analyse statistique des réponses, il en a ressorti les cinq orientations suivantes autour du Kansei :

1. Kansei is a subjective effect which cannot be described by words alone.
2. Kansei is a cognitive concept, influenced by a person's knowledge, experience, and character.
3. Kansei is a mutual interaction between the intuition and intellectual activity.
4. Kansei entails a sensitivity to aspects such as beauty or pleasure.
5. Kansei is an effect for creating the images often accompanied by the human mind.

Figure 29. Les cinq caractéristiques du Kansei selon Akira Harada (Harada, 1998)

(Lee, Harada, & Stappers, 2002) a dressé la **Figure 30** dans laquelle est représenté sous sa forme initiale le terme Kansei, et un autre terme Chisei. Le terme Chisei est ici présenté en référence dans le but unique de faciliter la compréhension de Kansei au sens étymologique.

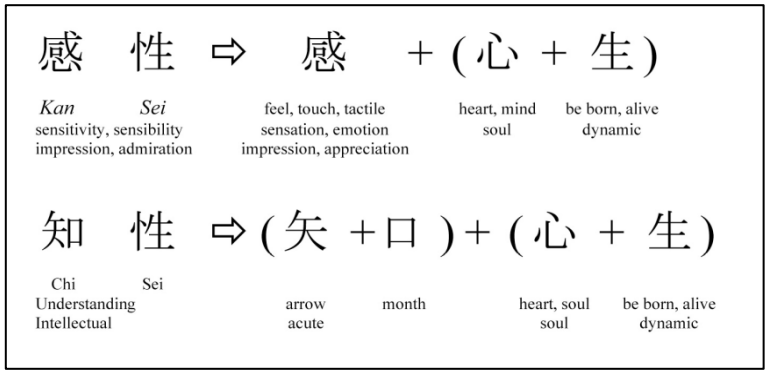


Figure 30. Etymologie du terme Kansei (Lee et al., 2002)

Les deux termes Kansei et Chisei ne sont pas en opposition, et désignent tous les deux des modifications mentales de l'individu lorsque celui-ci reçoit des informations du monde extérieur **(Lee et al., 2002)**. On observe dans la **Figure 31** que ce sont deux concepts complémentaires, le Kansei serait la partie plus subjective, émotive, tandis que le Chisei représente une dimension plus rigide et pragmatique. Cette complémentarité entre Subjectivité et Objectivité est d'ailleurs un constat important qui viendra alimenter les réflexions tout au long de notre étude.

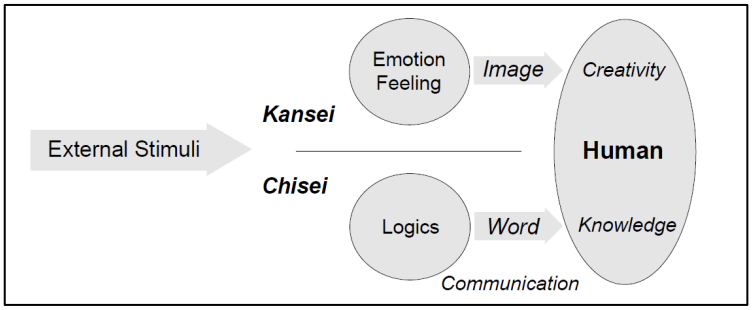


Figure 31. Complémentarité du Kansei et du Chisei (Lee et al., 2002)

Les études associées à la compréhension du Kansei se sont multipliés au fil des années, et différents auteurs ont apporté des éclaircissements et des mises à jour dans sa définition **(Levy, Lee, & Yamanaka, 2007; Levy & Yamanaka, 2006; Schütte et al., 2004; Schütte, 2005).** Ainsi, affect, émotion, sentiment, impression sont autant de termes qui s'associent autour du terme fédérateur *Kansei*. Le **Tableau 6** résume quelques définitions du terme *Kansei* proposées par divers auteurs.

Tableau 6. Quelques définitions du terme Kansei

(Harada, 1998)	Kansei is the global feeling that one has perceived once interacting on an object or environment through his sensory system
(Schütte, 2005)	Kansei is the sensory and cognitive effect of an object, environment or situation on a person.
(Harada, 1998) in (Rieuf, 2013)	Kansei is a global and immediate perception of a person and its psycho-physiological impact (emotion, sensation...)
(Nagamachi, 2002)	Kansei is sensibility, signification, feelings, aesthetics, emotion, affect and intuition
(Harada, 1998) in (Levy et al., 2007)	Kansei is an internal process (a high function) of the brain, involved in the construction of intuitive reaction to external stimuli.

Par son caractère implicite, le processus Kansei ne peut pas être observé directement. Ce que l'on peut observer aujourd'hui correspondent aux causes ou aux résultats de ce processus **(Nagasawa, 2004).** La prise en compte de la dimension Kansei dans son implémentation passe par 3 étapes : (1) l'identification, (2) la mesure, et (3) l'analyse. Le **Tableau 7** résume les outils et les méthodes implémentées dans chacune des 3 étapes de la dimension Kansei.

Tableau 7. Les 3 étapes de la dimension Kansei (Lee et al., 2002)

Identification du Kansei	Mesure du Kansei	Analyse du Kansei
Kansei Words Base de données	Mesure psychologique : Questionnaires avec : Différentiel sémantique Echelles de Likert Self Assessment Manikin (SAM) Mesures physiologiques : EEG EMG Eye-tracking Face Expression Paroles Attitude / action Video recording Autres	Corrélation des variables Analyse en Composantes Principales (ACP) Analyse factorielle Analyse de chainage cognitif Mapping

L'étape d'**identification du Kansei (1)** est une étape préliminaire dans laquelle une base de données de mots ou d'adjectifs sont regroupés pour être utilisés dans les étapes suivantes. Cette base de données constitue les Kansei Words (KW).

Les **mesures du Kansei (2)** sont classifiées en 2 catégories : des mesures psychologiques pour mesurer la cognition, les comportements et les impressions, et des mesures physiologiques pour mesurer les réactions physiques, les expressions corporelles. Les mesures psychologiques peuvent être réalisées par des questionnaires à Différentiel sémantique **(Osgood, Suci, & Tannenbaum, 1967; Osgood, 1952)**. Les mesures émotionnelles peuvent être appuyées par des échelles d'attitude (Likert) **(Likert, 1932)**. Les émotions peuvent être évaluées sous 2 aspects : valence et intensité. Les mesures d'intensité émotionnelle font appel à l'outil *Self Assessment Manikin* ou SAM **(Bradley & Lang, 1994).**

Dans l'**analyse du Kansei (3)** on essaie de comprendre le sens des mesures et trouver le lien entre les valeurs mesurées et attributs recherchées. Les méthodes d'analyse peuvent être des analyses simples ou encore des analyses plus poussées avec des outils statistiques.

(Lokman, 2010) présente dans le modèle de la **Figure 32** l'existence des différents canaux de mesure du Kansei par rapport à son processus.

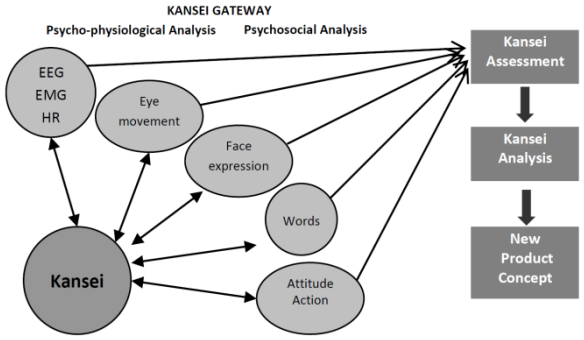


Figure 32. Les canaux de mesure Kansei (Lokman, 2010; Nagamachi & Lokman, 2011)

Les différentes recherches entrepris au cours des dernières décennies ont permis de formaliser le Kansei. Nous voyons dans le paragraphe que cette volonté de formalisation a permis de dresser les fondements du Kansei Design.

2.5.3. Formaliser le Kansei : Kansei Design et Kansei Information

Le Kansei Design est le principe d'ingénierie qui vise à intégrer le processus de Kansei Engineering dans une méthode de conception de produits. Dans le Kansei Design, on vient orienter la conception du produit autour des paramètres associés au Kansei. Le Kansei Design vient donc appuyer les démarches classiques de conception et vient enrichir les paramètres pris en compte dans le développement de produit. Le Kansei Design vient se positionner en phase amont de la conception.

La **Figure 33** positionne la phase amont de la conception de produit autour du modèle de processus de conception d'Ulrich & Eppinger **(Ulrich & Eppinger, 2008)**. La phase amont de la conception de produit correspond aux étapes de Planning et de Développement de Concept.

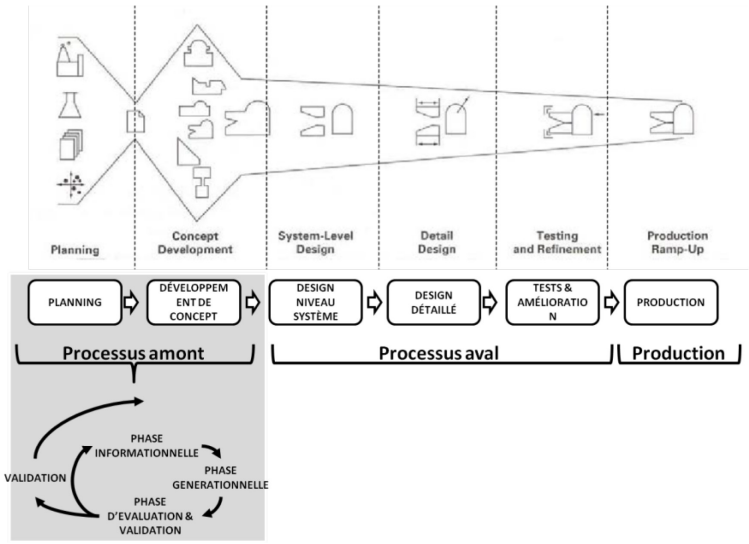


Figure 33. Positionnement de la phase amont dans le processus de conception d'Ulrich & Eppinger (Ulrich & Eppinger, 2008)

Le processus amont représente les étapes préliminaires à la conception de produit. Nous savons que les orientations prises lors de la conception amont ont un impact conséquent sur le déroulement des autres phases du processus. Les décisions doivent donc être prises le plus en amont possible, non seulement d'un point de vue stratégique pour assurer l'atteinte de l'objectif du projet de conception concerné, mais aussi d'un point de vue économique afin d'éviter des couts supplémentaires engagées en revue de conception. L'optimisation du processus de conception passe inexorablement par la maitrise du processus amont.

En Sciences de la conception, le processus amont se décompose en plusieurs phases séquentielles : une phase informationnelle dans laquelle les informations préliminaires sont assimilées par le concepteur, une phase générationnelle dans laquelle les solutions potentielles sont générées sous forme d'idées ou de concepts, et puis une phase d'évaluation & décision correspondant à la démarche de vérification et de validation du choix final **(Bouchard et al., 2003b; Bouchard, Mantelet, et al., 2009).**

Les différentes études qui sont menées depuis une dizaine d'années autour du Kansei Design ont permis de formaliser et structurer les informations cognitives qui orientent le Designer autour de cette phase amont de la conception. **(Bouchard et al., 2003b; Bouchard, Mougenot, Omhover, Setchi, & Aoussat, 2007; Bouchard, 1997; Kim, Bouchard, Omhover, & Aoussat, 2010).**

(Bouchard, Kim, et al., 2009) ont constaté que les informations mis en œuvre par les concepteurs lors du processus de conception diffèrent selon 3 niveaux bien définis :

(1) des informations de haut niveau d'abstraction ou *High Level* (valeurs, mots sémantiques, analogie, et style),
(2) des informations de niveau intermédiaire d'abstraction ou *Middle Level* (secteur, contexte et fonction)
(3) et des informations de bas niveau d'abstraction ou *Low Level* (couleur, forme et texture).

Les niveaux d'information peuvent être considérés comme allant du plus abstrait (Haut Niveau) vers le plus concret (Bas Niveaux).

Tableau 8. Informations de conception dans le Kansei Design (Bouchard, Kim, Omhover, & Aoussat, 2010; Bouchard, Kim, et al., 2009) in (Kim et al., 2010)

Level	Type	Description	Examples
High Level (H)	Values (Hv)	These words represent final or behavioral values	Security, Well-being
	Emotions (He)	Effect of a design stimuli	Amused, Curious, Enthusiast
	Semantic words (Hs)	Adjectives related to color, form, or texture, but also impressive words in the field of Kansei Engineering	Playful, Romantic, Aggressive
	Analogy (Ha)	Objects in other sectors with features to integrate in the reference sector	Rabbit > Speed
	Style (Hy)	Characterization of all levels together through a specific style	Edge Design, Classic
Middle Level (M)	Sector Name (Ms)	Object names describing one sector or sub sector being representative for expressing a particular trend	Sports
	Context (Mc)	User social context	Leisure with Family
	Function (Mf)	Function, usage, component, operation	Modularity
Low Level (L)	Color (Lc)	Chromatic properties using qualitative or quantitative	Yellow, Light blue
	Form (Lf)	Overall shape or component shape, size	Square, Wavy
	Texture (Lt)	Patterns (abstract or figurative) and texture	Plastic, metallic

Dans notre objectif de mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception, nous suggérons que ces différentes informations véhiculées par le Kansei soient adaptées à la conscience environnementale. L'atteinte de cet objectif passe donc par la considération des aspects environnementaux relatifs à ces différentes catégories d'information Kansei.

2.5.4. Le Kansei dans la Conception Centrée Utilisateur : Expérience Utilisateur

Les informations subjectives sont prises en compte dans la Conception Centrée Utilisateur. En effet, une partie des informations vérifiées lors des tests d'utilisabilité relèvent de cet aspect subjectif. La **Figure 24** du paragraphe § 2.4.3 présente les dimensions de l'utilisabilité proposée par **(Han et al., 2000).** On observe que la dimension Image/Impression recense des aspects subjectifs et descriptifs du produit. C'est dans ce cadre-là que nous pouvons proposer l'intégration des caractéristiques subjectives associées au Kansei (valeurs, émotions, esthétique, expérience) dans les perspectives d'utilisabilité des produits. L'utilisabilité des produits conditionne la phase d'évaluation d'une démarche de Conception Centrée Utilisateurs.

On associe souvent l'*expérience utilisateur* et l'*utilisabilité*, bien qu'elles soient concrètement différentes. Initialement, l'expérience utilisateur est une notion très globale qui traite des subjectivités de l'interaction et du plaisir d'usage, donc aux aspects Kansei (environnement d'interaction, émotions, sentiments), tandis que l'utilisabilité est déjà plus rattachée à un produit, c'est-à-dire à la simplicité d'usage (ergonomie, fonctions, affordance, prise en main). Par la suite, les deux aspects peuvent converger dans le cadre de la conception. Schifferstein **(Schifferstein & Hekkert, 2007)** propose une variante plus spécifique de l'expérience utilisateur associée à des produits physiques. Il traite de l'analyse de l'expérience produit comme des facteurs subjectifs résultants de l'interaction d'un utilisateur avec un produit.

La notion d'*expérience utilisateur* est donc tout naturellement omniprésente dans la *Conception Centrée Utilisateur*. Une association d'experts se sont concertés pour donner une définition de ce que l'on entend par « *User Experience* ». L'*expérience utilisateur* est une manière globale de représenter l'interaction ou la rencontre de l'utilisateur avec un système à une période spécifique **(Bevan, 2011).** Ils démontrent également qu'un large éventail de facteurs peuvent influencer l'expérience d'une personne avec un système. Ces facteurs sont classés en trois catégories principales: le contexte autour de l'utilisateur et du système, l'état de l'utilisateur, et les propriétés du système **(Bevan, 2001, 2011).**

Le *Design d'expérience utilisateur* et la *Conception Centrée Utilisateur* présentent des bases similaires. Ces deux approches mettent en valeur l'utilisateur dans le processus de conception **(Mao et al., 2005)**. Parmi les méthodologies de *Conception Centrée Utilisateur* destinées à accroitre l'*utilisabilité* nous pouvons relever celle de l'UPA « Usability Professional Associations » qui peut intégrer cet aspect d'expérience. En effet, il apparait que la plupart de ces méthodologies de conception centrées sur l'utilisateur sont difficilement standardisables car elles sont orientées sur des activités spécifiques **(Upassoc.org, n.d.)**. En effet, l'orientation sur les individus est évidente mais les spécificités varient suivant l'approche et le produit d'application (IHM, conception de produit, conception de site web,etc.). Cette même association d'experts en utilisabilité a publié une affiche synthétique montrant un processus type de *design d'expérience utilisateur*. Cette méthode exhaustive déclinée en tâches regroupe les grandes phases de la conception de l'expérience depuis l'analyse jusqu'au déploiement. Dans la version de l'UPA, les activités de conception d'expérience sont décomposées en quatre phases: analyse, conception, implémentation et déploiement, avec des sous-activités proposées pour chaque phase. Le modèle est itératif et

on y retrouve toujours les grandes lignes de la Conception Centrée Utilisateur telle qu'elle a été initialement proposée par la norme ISO **(ISO 13407, 1999)**.

Les évaluations d'une expérience dans une démarche Design d'expérience de type UPA tiennent compte de la mesure de facteurs subjectifs. Ces derniers sont associés aux Informations Kansei que nous avons relatés dans le **Tableau 8**. L'aspect *Expérience* offre donc une jonction intéressante entre la *Conception Centrée Utilisateurs* et le *Kansei Design*.

D'un point de vue conceptuel, les notions d'expérience utilisateur viennent se rattacher aux principes d'utilisabilité d'un système, pour former un ensemble d'outils pour la Conception Centrée Utilisateur. Le *Design d'expérience* permet de mieux maitriser la création de l'*expérience utilisateur*. Son intégration dans la phase de conception de produit est aujourd'hui le défi qui devrait orienter les nouvelles méthodes de *Conception Centrée Utilisateur*. Le processus type de *design d'expérience utilisateur* que propose l'Usability Professionals Association (UPA) nous semble intéressant pour introduire l'aspect *expérience* dans une méthodologie de conception.

2.5.5. Concevoir avec le Kansei : théorie du Chainage Cognitif

Dans la lignée des méthodes issues de la Science du Marketing, on peut considérer la *théorie du chainage cognitif* ou *Means-end chain Theory* (MEC). Le chainage cognitif est un principe issu du domaine du Marketing. Les premiers travaux sur ce chainage concernent initialement le domaine de la publicité **(T. J. Reynolds & Gutman, 1984)**. On recherche à associer des caractères plus abstraites dans la représentation des produits, à l'aide d'une chaine cognitive : Valeurs-Conséquences-Attributs **(T. J. Reynolds & Gutman, 1988; T. Reynolds & Olson, 2001; Valette-Florence, 1994)**. Cette théorie permet une mise en évidence des liens entre les valeurs identifiées associées à un produit et les attributs de ce produit. Ce n'est que depuis une dizaine d'années que l'intégration de ce principe dans la conception de produit a été initié **(Bouchard, 1997)**. En effet, la translation des informations abstraites en données concrètes et physiques compréhensibles en conception est un besoin pour la science du design. L'outil de chainage cognitif a un intérêt réel car elle englobe ces deux dimensions d'abstraction. Dans la science du Design, le chainage cognitif est sous la forme VFS « Valeurs-Fonctions-Solutions » et permet, en passant par des niveaux d'abstraction successives de partir des valeurs jusqu'aux concepts du produit, et inversement **(Bouchard et al., 2003b; Lim, 2003).** Cette liaison est possible grâce à une chaîne de représentation en *Valeurs*, *Fonctions* et *Solutions* (VFS). Ces *solutions* sont représentées par les attributs du produit, les *fonctions* par des conséquences et les valeurs par les valeurs instrumentales et terminales de l'individu. Par définition, cette chaine cognitive est perçue comme une structure simple de connaissance qui contient les interprétations d'une sémantique autour d'un produit à travers lequel les attributs des produits pourraient être traduites afin d'être considérés comme des valeurs personnelles **(Baker, Knox, & Chernatony, 1992)**. Finalement, c'est surtout l'association subjective établie par le consommateur pour faire le lien entre *attributs* et *valeurs* et inversement, qui représente l'essence de la théorie du chaînage cognitif **(Costa, Dekker, & Jongen, 2004)**.

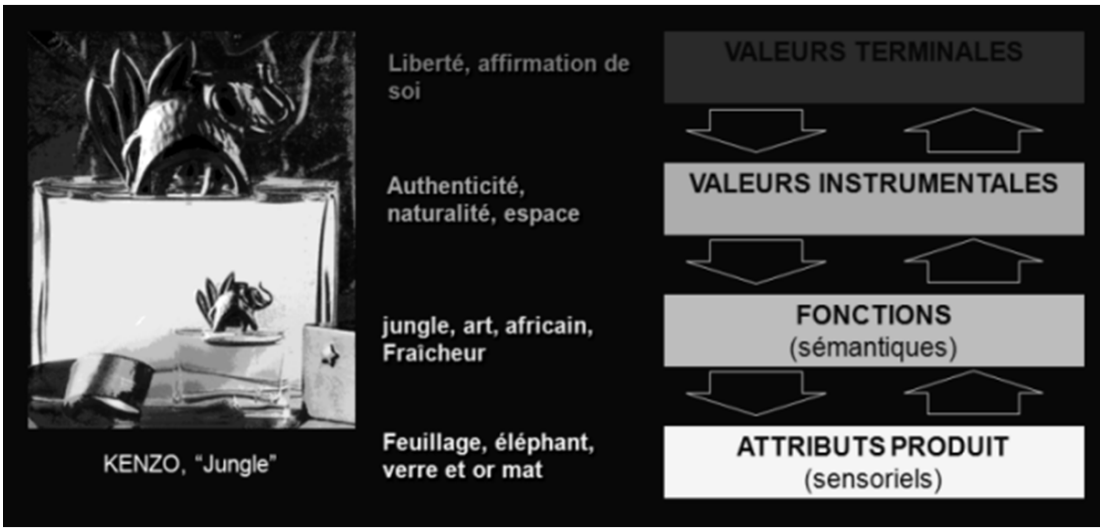


Figure 34. Exemple de représentation de l'outil de chaînage cognitif (Bouchard, Mantelet, et al., 2007)

Nous considérons dans notre approche la *théorie du Chaînage Cognitif* ou *Means-end Chain Theory »* (MEC) inspirée du marketing, et traduite en conception de produits sous l'appelation Chainage VFS « Valeurs-Fonctions-Solutions » pour partir de l'abstrait vers le concret.

2.5.6. Aspects subjectifs du développement durable pour la conception de produits

Le développement durable comprend non seulement des couches *objectives* (impliquant, par exemple, l'écologie / les impacts environnementaux, les technologies éco-efficients, les ressources énergétiques et naturelles) mais également des couches *subjectives* telles que le style de vie, l'environnement social, les spécificités culturelles, éthiques et comportementales **(Becker & Jahn, 1999).** Nous nous intéresserons aux aspects de Kansei qui pourraient être associés à la sensibilité environnementale. La sensibilité environnementale est une composante importante du développement durable. Nous allons de ce fait rechercher des informations sur l'association du *Kansei* et de l'*Eco-conception* et illustrer le point commun qui pourrait lier ces différentes études.

La prise en compte de valeurs subjectives liées au développement durable et à la sensibilité environnementale ne date pas d'hier. **(Lofthouse, 2006)** a déjà émis l'idée d'intégrer des nouvelles catégories d'informations, notamment inspirationnelles à l'encontre des designers industriels pour les tâches d'Eco-conception. Le cadre comprend sept catégories combinées : conseil, information, inspiration, éducation, langage non scientifique, visuel, et accès dynamique.

Les critères d'aspects véhiculés par le Kansei prennent une place importante dans les valeurs des produits aux yeux des consommateurs, et de ce fait agissent indirectement sur leur durabilité ou non-durabilité **(Zafarmand, Sugiyama, & Watanabe, 2003)**. Le **Tableau 9** liste quelques publications qui traitent de l'importance de ces aspects esthétiques.

Tableau 9. Résumé des publications qui traitent des valeurs esthétiques des produits en termes de durabilité et/ou respect environnemental (Zafarmand et al., 2003)

Aesthetics in general	Special aesthetics	Aesthetic criteria
Addressing aesthetics (UN 1992) Symbolic loading (James 1997) Image making (Bragd 1997) Cultural & aesthetic needs (Vezzoli 1999) Aesthetic sustainability (Leist and Hollond 2000) The aesthetics that support long term use (Rams 2001;Lewis et al 2001)	New styles based on environment considerations (Mackenzie 1991) Green aesthetic (Whiteley 1993) New aesthetics considering sustainability (Papanek 1995) Sustainable aesthetic (Walker 1997) Total beauty of Sustainable products (Datschefski 2001)	Aesthetic values as a safeguard subject (EPS 1990s) Cultural & recreational values (Steen 1999) Aesthetic aspect as a traditional criterion (McDonough 1997) Simplicity; local aesthetics & cultural identity; aesthetic considerations in 4 principles of SPD (Walker 1998) Appearance/aesthetics as a dimension of quality (Garvin 1998) Image & design, including aesthetics, as the third element of EV Wheel (Vogtlander et al 2001) Classic design (van Hemel 2001) Classis design & aesthetic modularity (Lewis et al 2001) Timeless design & fashionable design (Tischner 2001)

La durabilité du produit est corrélée avec une baisse de consommation, qui est à son tour moins impactante pour l'environnement, ce qui vaut par la suite que le respect de l'environnement est communément associé au développement durable. Dans ce sens, le principal attribut du produit qui agit sur leur non-durabilité est l'obsolescence **(Cooper, 1999)**. En effet, lorsque le produit est hors d'usage avant la fin de la durée de vie prévue, son rejet affecte l'environnement en augmentant les déchets et les ressources énergétiques. D'autres facteurs induisent indirectement une perte de durabilité, ce sont les valeurs socioculturelles, et elles peuvent modifier le comportement des utilisateurs, leur style de vie et leur mode de consommation et par conséquent, influencer leur attitude envers l'environnement. Néanmoins, la forme, l'esthétique et la fonction des produits restent toujours très importants, et ne devraient pas être dissociées de l'ensemble. Les valeurs respectives liées à ces différents facteurs doivent être mises à égale importance pour éviter une perte de la durabilité du produit **(Norman, 1988; Papanek, 1995)**. Les facteurs d'aspect/forme/esthétique qui sont associées au Kansei renvoient à une incitation d'achat et d'attachement pour les produits éco-efficients, et que par conséquent, elles devraient donc être considérés dans l'Eco-conception **(Tischner et al., 2000)**.

2.5.7. Psychologie environnementale : émotions et comportements pro-environnementaux

Les comportements sont largement étudiés et considérés dans la recherche, en particulier dans le domaine de la psychologie. Les théories du comportement dans le domaine de la psychologie font l'objet de nombreuses recherches **(Ajzen & Fishbein, 1980; Triandis, 2000)**. Une tendance spécifique qui nous intéresse dans ce chapitre concerne l'évaluation du mécanisme des comportements liés à la sensibilité de l'environnement **(Blake, 1999; Kollmuss & Agyeman, 2002)**. Les études démontrent ainsi que parmi les éléments qui pourraient avoir une influence envers ces comportements, certains paramètres subjectifs ont une contribution importante, tels que les valeurs, les cultures, les connaissances, les comportements du passé ou de l'expérience et aussi des émotions **(Kollmuss & Agyeman, 2002)**. La **Figure 35** et la **Figure 36** illustrent cette approche.

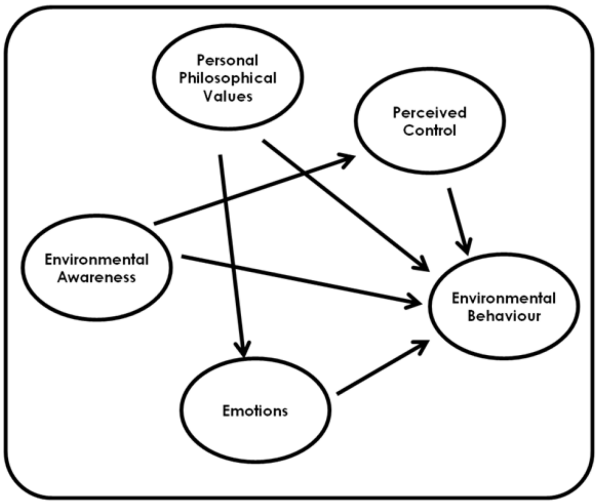


Figure 35. Modèle de comportement environnemental de Grob (Grob, 1995)

Le modèle de Grob de la **Figure 35** présente différentes catégories d'informations qui convergent tous vers un même objectif qui est le comportement environnemental. Nous retrouvons dans ces catégories proposées par Grob des correspondances avec les paramètres Kansei : les émotions, les valeurs, l'affordance et la sensibilité environnementale. Grob met en évidence l'importance de ces informations subjectives dans l'atteinte de cet objectif.

(Kollmuss & Agyeman, 2002) en **Figure 36** proposent une vision plus détaillée de la vision de Grob en insistant sur le mécanisme qui engendre une action pro-environnementale. Dans leur modèle, ils font intervenir deux catégories de facteurs interne et externe pour arriver à un comportement pro-environnemental. Les facteurs internes représentent les traits personnels, le système de valeurs, la connaissance, les émotions, l'attitude qui orientent la conscience environnementale. Les facteurs externes représentent le contexte ou l'environnement externe de l'individu.

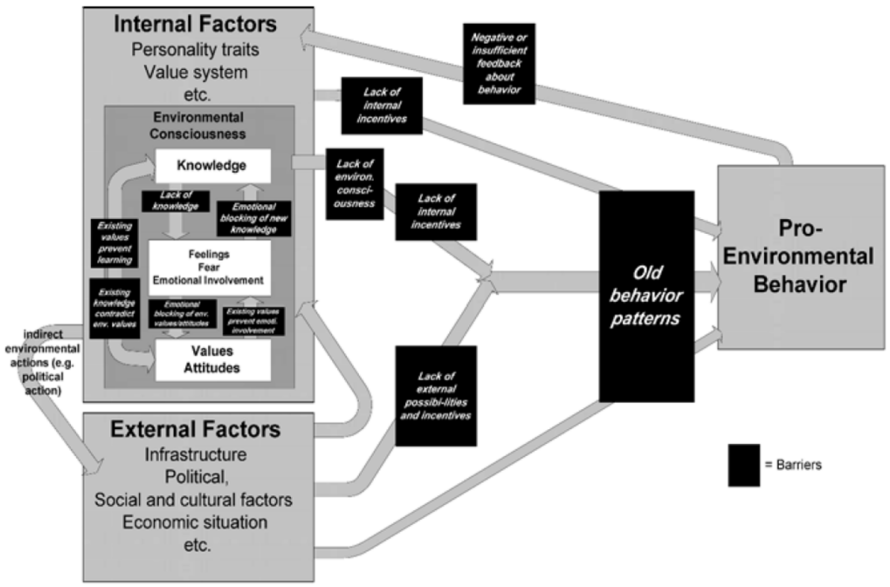


Figure 36. Modèle de comportement pro-environnemental de Kollmuss & Agyeman (Kollmuss & Agyeman, 2002)

Ainsi, il a été souligné qu'il existe une relation importante entre certaines émotions et des comportements jugés pro-environnementaux. On démontre que des émotions comme la *peur*, la *tristesse*, la *douleur*, la *colère* et la *culpabilité* ont des caractéristiques qui les rendent compatibles avec les aspects environnementaux. Les auteurs soulignent que ces émotions peuvent être considérés comme déclencheurs des comportements pro-environnementaux **(Kollmuss & Agyeman, 2002)**. Néanmoins, les comportements pro-environnementaux que l'on traite dans ces différentes études sont orientés autour du comportement social du quotidien, des habitudes envers l'environnement, et seraient plutôt associé à une finalité éducative environnementale.

La mise en relation des résultats de ces études avec la conception de produit n'est pas abordée dans ces études. Les premières études qui développent l'analyse de ces différents comportements autour du thème de l'interaction avec un artefact datent encore de quelques années, à l'image des travaux de Sacharin **(Sacharin, Gonzalez, & Andersen, 2009)**. Ces travaux permettraient à terme de dresser un support qui permet de générer le lien avec la conception de produits et les comportements émotionnels envers l'environnement. On se rend compte aujourd'hui qu'il devient alors intéressant de proposer une nouvelle interprétation des ces démarches et de pousser en quelque sorte les travaux en faveur du développement du produit, comme cela a déjà été suggéré par certaines études récentes **(Sacharin et al., 2009)**.

Par ailleurs, les comportements envers l'environnement sont abordés dans les notions du *Design For Sustainable Behaviour* (DfSB), mais du point de vue produit. Comme nous l'avons observé dans le chapitre **§ 2.3.4**, les notions de DfSB offrent un cadre intéressant pour la conception de produits durable. Plusieurs travaux traitent du DfSB dans lequel l'angle environnemental y est abordé comme étant une sous-catégorie du développement durable.

2.5.8. Synthèse de la quatrième section

Le développement durable contient des couches objectives et subjectives **(Becker & Jahn, 1999)**. Une approche comme le Kansei Engineering proposant une mesure d'une partie des couches subjectives a un intérêt majeur pour tendre vers un développement durable **(Zafarmand et al., 2009).**

Les études de psychologie environnementale proposent des théories et des modèles intéressants pour comprendre le mécanisme comportemental envers l'environnement **(Grob, 1995; Kollmuss & Agyeman, 2002).** Bien que les comportements envers l'environnement soient abordés dans les notions du *Design for Sustainable Behaviour* (DfSB), celles-ci sont orientées du point de vue produit.

Le comportement envers l'environnement n'est pas encore assez exploré sous l'angle Kansei, dans une finalité de conception de produits. Néanmoins les études Kansei disposent des outils adéquats pour permettre d'enrichir ce lien entre les études comportementales envers l'environnement et la conception de produits. En effet, le Kansei traite des informations subjectifs tel que l'émotion, les valeurs, la sémantique afin d'en ressortir des correspondances avec des attributs de formes, de couleurs, de textures ou des fonctions spécifiques modélisables dans la conception de produit.

L'aspect design d'expérience et les nouvelles approches orientées conception du chainage cognitif viennent compléter les outils de mise en œuvre du Kansei dans la conception de produit. Notre ambition est de proposer différentes réflexions qui permettent de définir et de comprendre le mécanisme du comportement qui induit des actions pro-environnementales du point de vue du Kansei. Il s'agit ensuite de proposer dans ce contexte un support adéquat de type Kansei associé aux études du comportement pro-environnementale.

2.6. SYNTHESE ET MODELISATION UTILISATEUR

Nous apportons dans cette cinquième et dernière section de l'Etat de l'Art des informations de base afin de mieux comprendre ce que l'on attend dans le cadre d'une modélisation utilisateur. Nous abordons quelques définitions autour de *modèle utilisateur,* puis nous distinguons l'*utilisation* du *contexte*. Nous présentons enfin différents aspects de la *modélisation utilisateur* pour la mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception en se basant sur les synthèses des différents chapitres de l'état de l'art que nous avons vus précédemment.

2.6.1. Modèle, modéliser, modélisation, modèle utilisateur

2.6.1.1. Modèle

Au sens étymologique, le mot *modèle* vient de l'Italien modello, et du latin modulus, qui veut dire mesure. Au sens de la langue française, on retrouve différentes interprétations du mot *modèle* selon différents contextes (voir **Tableau 10**).

Tableau 10. Quelques définitions de modèle.

Source	Qu'est-ce qu'un modèle ?
Larousse	Ce qui est donné pour servir de référence, de type : un modèle de conjugaison.
	Personne ou objet possédant certaines qualités ou caractéristiques propres à en faire le type d'une catégorie : C'est un modèle de patience.
	Ce qui est donné pour être reproduit : Copier un modèle.
	Personne citée ou choisie à titre d'exemple pour qu'on s'inspire de sa conduite.
	Objet type à partir duquel on reproduit des objets de même sorte à de multiples exemplaires ; objet fait selon ce prototype : Nos derniers modèles sont en vitrine.
	Représentation schématique d'un processus, d'une démarche raisonnée : Modèle linguistique.
	Personne qui pose pour un photographe, un peintre, un sculpteur, etc.
	Personne sur laquelle un coiffeur, un couturier, une modiste, etc., essaie ses créations.
	En apposition après certains noms, avec ou sans trait d'union, désigne quelque chose que l'on propose comme référence : Visiter l'appartement modèle.
Le Trésor de la Langue Française Informatisé	Chose ou personne qui, grâce à ses caractéristiques, à ses qualités, peut servir de référence à l'imitation ou à la reproduction.

Dans notre cas de figure, la définition qui nous intéresse pour le modèle sera celle qui est associée au champ des Sciences et techniques. Nous proposons donc de définir le modèle comme la représentation schématique de phénomènes, de visions, de processus, ou d'une démarche raisonnée en vue de les comprendre, et d'identifier les relations qui peuvent exister.

2.6.1.2. Modéliser

Modéliser revient donc à comprendre et à définir le processus qui aura pour résultat la réalisation du modèle défini ci-dessus. Le **Tableau 11** reprend quelques définitions du terme modéliser à partir de différentes sources en ligne de la langue française.

Tableau 11. Quelques définitions du terme « modéliser » issus des dictionnaires de la langue française.

Source	Qu'est-ce que : modéliser ?
Le Trésor de la Langue Française Informatisé	Modéliser = Elaborer un modèle, représenter un phénomène à l'aide d'un système qui possède des propriétés analogues à ce phénomène.
Dictionnaire de la Langue française	Modéliser = Fabriquer un modèle ou une maquette, généralement dans un but précis comme mieux appréhender un projet de construction ou se rendre compte de l'ampleur d'un sujet à partir d'une échelle réduite. Synonyme = représenter
Larousse	Modéliser = Procéder à une modélisation. Modélisation = établissement de modèles, notamment des modèles utilisés en automatique, en informatique, en recherche opérationnelle et en économie

2.6.1.3. Modélisation

La modélisation est la conception d'un modèle. On retrouve différentes formes de modélisation, selon le contexte choisi :

Tableau 12. Types de modélisation

Domaine concerné	Type de modélisation	définition
Sciences (mathématique, physique, chimique, informatique, météorologique)	Modélisation scientifique	Conception d'une représentation qui permet d'analyser des phénomènes réels et de prévoir des résultats à partir de l'application d'une ou plusieurs théories à un niveau d'approximation donné
Ingénierie	Modélisation 3D	Produire des images d'objet réel à l'aide d'un logiciel informatique
Informatique	Modélisation de données	Construction d'un système d'information qui permet de structurer les informations et activités d'une organisation : données, traitements, et flux d'informations entre entités
Pédagogie	Modélisation de la discipline	Conception d'une représentation simplifiée des objets d'enseignement sous une forme plus ou moins abstraite que les apprenants auront à s'approprier
Conseil	Modélisation d'entreprise	Modélisation des différents concepts de l'Entreprise tout en les associant les uns aux autres pour offrir une vue globale, multidimensionnelle et cohérente
Entreprise	Modélisation de processus	Conception d'une représentation qu permet de structurer et de représenter visuellement les activités de l'entreprise
Economie	Modélisation économique	Création d'une représentation simplifiée de la réalité économique ou d'une partie de l'économie
Comportement humain	Modélisation comportementale	Démarche au sein de la Programmation Neurolinguistique
Autres : musique	Modélisation musicale	Reproduction des sons et des effets produits originellement par un instrument différent

En Sciences de la Décision, **(Le Moigne, 1990)** propose de définir la modélisation dans son approche sur la modélisation des systèmes complexes. Il propose deux aspects de la modélisation : systémique et analytique. La modélisation analytique est associée aux méthodes de résolutions de problèmes, aux mathématiques et aux statistiques. La modélisation systémique est une approche plus ouverte relative à la science de l'ingénierie : projets, système, organisation, conception. Si nous nous positionnons sur les travaux de **(Le Moigne, 1990)**. Notre approche de la modélisation est systémique.

2.6.1.4. Synthèse

Pour résumer, il existe donc plusieurs définitions de ce que l'on entend par *modèle*. Selon nous, un *modèle* est une représentation simplifiée d'un processus, plus précisément, on définit un *modèle* comme étant une représentation schématique d'un processus ou d'une démarche raisonnée. Par analogie, un *modèle de conception* est donc une représentation du processus de conception. De ce fait, un *modèle utilisateur* dans notre vision est alors une représentation simplifiée du processus d'interaction avec un produit, ce modèle doit intégrer toutes les caractéristiques spécifiques liés à l'utilisation, tels que les profils d'utilisateurs, son environnement d'utilisation et le contexte d'utilisation. Par ailleurs, il existe une distinction importante qu'il convient de souligner selon le domaine d'étude choisi. En effet, dans la conception de logiciels, on parle plutôt de profil utilisateur pour représenter une certaine catégorie d'utilisateurs, il convient cependant de distinguer cette appellation par rapport au modèle utilisateur tel que nous avons voulu le définir. Le modèle d'utilisateur tel qu'il est défini dans la conception de logiciels est plutôt associé au profil d'utilisateur dans la conception de produits, ou encore associé aux *personas* dans les analyses d'usage **(Kobsa, 2001)**. Le *modèle utilisateur* est le résultat du processus de modélisation de l'utilisateur. Ce *modèle* contient des informations sur les buts, les besoins, les préférences ou les intentions des utilisateurs. Les modèles utilisateur plus avancés peuvent contenir des informations liées à l'état psychique, émotionnel, physique, etc. **(Razmerita, 2003).** Nous proposons de résumer ces définitions dans le **Tableau 13**.

Tableau 13. Définitions proposées de modèle, modélisation, modèle utilisateur et modélisation utilisateur

Modèle	Représentation schématique de phénomènes, de visions, de processus, ou d'une démarche raisonnée en vue de les comprendre, et d'identifier les relations qui peuvent exister.
Modélisation	Conception d'un modèle
Modèle Utilisateur	Représentation schématique et simplifiée du processus d'interaction de l'utilisateur avec un produit, intégrant toutes les caractéristiques spécifiques liés à cette interaction, tels que les profils d'utilisateurs, son environnement d'utilisation et le contexte d'utilisation, en vue de les intégrer dans les choix de conception.
Modélisation Utilisateur	L'ensemble des actions visant à concevoir un modèle utilisateur

2.6.2. Modéliser l'utilisateur et son contexte d'utilisation

L'implication de l'utilisateur dans un processus de conception nécessite de comprendre clairement ce qu'on entend par utilisateur. Globalement, les utilisateurs sont d'abord les personnes qui utiliseront le produit final ou l'artefact pour accomplir une tâche. Puis il existe aussi bien d'autres utilisateurs qui ont aussi ont des besoins et des attentes et qui seront affectées d'une manière ou d'une autre par l'utilisation des produits et / ou des services offerts **(Abras, Maloney-Krichmar, & Preece, 2004).** On identifie trois types d'utilisateurs: primaire, secondaire et tertiaire. Les utilisateurs primaires sont les personnes qui utilisent réellement le produit; les utilisateurs secondaires sont ceux qui l'utilisent occasionnellement ou ceux qui l'utilisent via un intermédiaire, et les utilisateurs tertiaires sont les personnes qui seront affectées par l'utilisation du produit ou par la prise de décision d'achat **(Eason, 2005).** En conception par exemple, Preece et al. estiment que même s'il ne serait pas nécessairement utile de prendre en compte le large éventail d'utilisateurs d'un produit, il faudrait néanmoins en considérer l'effet dès la conception **(Preece & Rogers, 2007).**

Le terme *utilisateur* englobe une dimension plus élevée qui dépasse la simple notion de consommateur, et qui prend en compte des éléments extérieurs. En effet, quand un système ou un produit est développé, il sera utilisé dans un certain contexte, par une population d'utilisateurs avec des caractéristiques spécifiques. Ils auront peut-être des besoins précis lors de l'accomplissement de leurs tâches. Le système sera alors utilisé dans une certaine gamme

de conditions techniques, physiques, organisationnelles ou sociales qui peuvent affecter son utilisation **(Maguire, 2001).**

La phase d'utilisation comprend plusieurs dimensions autres que le simple utilisateur : l'environnement d'utilisation et le contexte d'utilisation. A cela doit également s'associer une dimension temporelle supplémentaire, pour souligner la notion de mouvement et de modification des modalités d'utilisation en fonction du temps. Cela est d'autant plus utile lors qu'il faudra travailler sur des scénarios d'utilisation **(Bødker, 2000; Carroll, 2000; Liu & Yu, 2004; Navarro, Forest, Lavoisy, & Chanal, 2009)**.

Nous introduisons ici la notion de contexte d'utilisation. Dans les études IHM, les notions d'utilisation, de contexte d'utilisation ou d'expérience d'utilisation sont argumentées. On souligne l'importance de l'intégration des ces éléments dans les réflexions afin d'enrichir la notion d'utilisateur **(Champin & Prié, 2002; Laflaquière, Champin, Prié, & Mille, 2005)** . Le **Tableau 14** présente différentes facteurs de prise en compte du contexte d'utilisation.

Tableau 14. Facteurs de prise en compte du contexte d'utilisation (Maguire, 2001)

Groupe d'utilisateurs	Tâches	Environnement Technique	Environnement Physique	Environnement Organisationnel
Compétences et expérience Connaissances des tâches Formation Qualifications Compétences linguistiques Âge et sexe Capacités physiques et cognitives Attitudes et motivations	Liste de tâches Objectifs Résultats Etapes Fréquence Importance Durée Dépendances	Equipement matériel Logiciels Réseau Références matériels Autres équipements	Environnement auditif Environnement thermique Environnement visuel Vibrations Espace et mobilier Posture Risques sanitaires Vêtements et équipements de protection	Pratiques de travail Assistance Interruptions Structure managériale Communications Politique d'utilisation Objectifs organisationnels Relations industrielles Caractéristiques d'emploi

2.6.3. Les origines de la modélisation utilisateur : les systèmes orientés utilisateur en Computer science et Web design, IHM

La conception de logiciels est un thème de recherche majeur depuis une quarantaine d'années, depuis les premières évolutions de l'informatique. On parle ainsi communément de modélisation utilisateur dans la conception de services informatiques. Celle-ci est connue plus exactement dans la conception de logiciels et l'Intelligence Artificielle (IA), mais l'intérêt qu'elle suscite a conduit à un élargissement du domaine d'application de cette méthode.

De nombreux auteurs ont tenté d'associer la modélisation utilisateur à leurs domaines d'études respectifs. Le nombre de sujets traitant de la conception de services informatiques est important, depuis la naissance de l'informatique, du web et des systèmes interactifs dans les années 90 **(Sosnovsky & Dicheva, 2010).** La modélisation utilisateur en Informatique est souvent définie en considérant principalement son champ d'application. En IA par exemple, on trouve communément des systèmes de modélisation d'utilisateur et des variantes d'utilisation dans les systèmes de récupération et de filtrage d'information, d'aide dans les applications, de recommandations de produits, d'évaluation ou d'éducation intelligente **(Froschl, 2005).**

La littérature recense une grande variété de systèmes de modélisation utilisateur. Depuis les premières notions sur le sujet, introduites pour la Conception d'instructions intelligentes en

laboratoire pour le système éducatif **(Carbonell, 1970)**, en passant par la modélisation de serveurs commerciaux dédiés aux applications de masse soutenant des millions d'utilisateurs proposés par **(Fink & Kobsa, 2000)**, jusqu'aux utilisations avancées actuelles sur la personnalisation du Web Social **(Abel, Herder, Houben, Henze, & Krause, 2011)**, on a toujours fait appel aux thématiques de la modélisation utilisateur dans la définition et dans la conception de systèmes orientés utilisateurs, qu'ils soient *adaptés, adaptables* ou *adaptatifs* **(Brusilovsky & Millán, 2007).** Parmi les précurseurs des études sur la modélisation utilisateur, on peut citer le domaine de l'ICAI « Intelligent Computer Aided Instruction » **(Carbonell, 1970)**, le domaine du HCI « Human Computer Interaction » **(Fischer, 2001)**, les Systèmes Experts **(Clancey & Letsinger, 1982)**, les jeux video **(Burton & Brown, 1976)** et les systèmes d'apprentissage en langue naturelle ou NL **(Perrault, Allen, & Cohen, 1978).**

En termes de définition, la modélisation utilisateur en IA est définie comme le domaine de la science de l'information qui traite de la représentation et de l'utilisation des modèles utilisateur **(Sosnovsky & Dicheva, 2010).** D'autres auteurs ont défini la modélisation utilisateur en la représentant sous forme de systèmes d'ontologie **(Yudelson, Gavrilova, & Brusilovsky, 2005)** notamment dans le domaine de la gestion de connaissance **(Razmerita, 2003).**

(Wahlster & Kobsa, 1989) définissent la modélisation utilisateur comme étant une méthode qui consiste à adapter l'information pour une large catégorie d'utilisateurs dans les systèmes adaptatifs. Par conséquent, le modèle utilisateur est une base de données dans un système intelligent contenant des hypothèses sur les différents aspects de l'utilisateur qui permettent d'associer un comportement adaptatif pertinent au système.

Pour les sciences de l'IA, un modèle utilisateur est une description d'un utilisateur, résultat d'une création ou d'une sélection effectuée par un système, et qui permet de faciliter l'interaction entre les deux **(Allen, 1979).** Les systèmes qui intègrent des modèles utilisateurs ont été traditionnellement appelées *«systèmes intelligents»*. En effet, une représentation de l'utilisateur est créée par le système et est utilisée pour orienter l'information donnée en fonction du besoin et des préférences de ce dernier. Le système utilise alors les informations qui ont été recueillies sur l'utilisateur pour personnaliser l'interaction **(Kelly, 2004)**. Ce sont des auteurs comme **(Rich, 1979)** qui ont commencé à introduire les techniques de modélisation d'utilisateur avec une prise en compte de plusieurs critères additionnels. Le **Tableau 15** regroupe quelques caractéristiques générales associées aux modèles utilisateur pour l'IA.

Tableau 15. Caractéristiques de profils utilisateur dans la science d'IA.

Caractéristiques	Description
Statique / dynamique	Unique ou adaptatif
Cognitif / pragmatique	Pensée humaine ou analyse des données
Implicite / Explicite	Démarche de l'utilisateur ou surveillance de comportement
Impersonnel / Personnel	Moyenne des comportements ou catégorisation
Individuel / communautaire	1 utilisateur ou un stéréotype
A court terme / à long terme	Temporalité des modèles

Pour recueillir les informations dans le domaine de la conception de logiciels, le système adaptatif se base sur deux principes : demander directement à l'utilisateur, ou passer par un système de monitoring de l'activité de l'utilisateur. Un des objectifs d'adaptation est d'aider un utilisateur humain dans l'accomplissement de sa tâche de la manière la plus efficace possible. Cela implique que le système adaptatif ne devrait pas interférer avec la principale tâche de l'utilisateur et ne devrait en aucun cas, exiger qu'il fasse des efforts supplémentaires

pour maintenir les propriétés d'adaptation du système. L'approche discrète permet dans ce cas de réduire la charge cognitive de l'utilisateur et de minimiser toute autre activité hors-tâche. Par ailleurs, des travaux ont également démontré que les utilisateurs n'ont pas forcément une volonté de fournir un retour d'expérience pour alimenter le système. Par exemple, **(Carroll & Rosson, 1987)** ont observé que la plupart du temps, les utilisateurs de logiciels sont peu susceptibles d'entreprendre toute activité supplémentaire, autre que celle qui leur était affublée au départ. Ainsi, l'un des défis de modélisation d'utilisateur est aussi de récupérer les données caractéristiques des modèles utilisateur d'une manière discrète, sans nécessité d'un utilisateur supplémentaire pour effectuer les activités non liées à la tâche principale.

L'approche de modélisation utilisateur dans les sciences de l'IA offrent des aspects que nous pouvons adapter en Sciences de Conception. Nous retrouvons des caractéristiques intéressantes comme la temporalité des modèles, la catégorisation des utilisateurs, ou la définition d'un stéréotype d'utilisateur. Par la suite, l'approche implicite est également intéressante car elle permet de recueillir les informations d'utilisation sans action directe de l'utilisateur, en évitant ainsi de surcharger cognitivement l'utilisateur. Une approche implicite peut être représentée par des méthodes ethnographiques ou d'observation participative, et une approche explicite par des questionnaires ou des interviews. Les caractéristiques de l'utilisateur qui nous intéressent étant liées à la sensibilité aux impacts environnementaux.

2.6.4. Modèles de valeurs : Rokeach Value System (RVS)

Nous avons mentionné tout au long de l'Etat de l'Art que les informations subjectives peuvent véhiculer des informations sur l'utilisateur. Les informations subjectives à haut niveau d'abstraction ou *High-Level* comprennent les valeurs personnelles.

Les valeurs personnelles représentent les besoins innés des individus, ceux à quoi ils aspirent dans leur existence. Les valeurs ont une correspondance forte sur les caractéristiques des personnes, et un impact sur leurs habitudes et leur style de vie, et par conséquent sur leurs comportements au quotidien.

L'approche RVS de Rokeach a été utilisée dans la recherche en marketing pour identifier les valeurs des consommateurs et développer des produits qui répondent à ces valeurs **(Rokeach, 1973).** Les valeurs ont toujours été un sujet de prédilection dans le marketing, à l'image des travaux de Valette-Florence **(Valette-Florence, 1994)** mais ce n'est que depuis peu de temps que l'approche des valeurs est introduite en conception de produits comme étant un facteur de choix important dans le processus de design automobile **(Bouchard, 1997)**. En effet, ce n'est que depuis une dizaine d'années que l'intégration de ce principe dans la conception de produit a été initié **(Bouchard, 1997)**. Cette théorie permet une mise en évidence des liens entre les valeurs identifiées associées à un produit et les attributs de ce produit, et d'enrichir les nouvelles méthodes de chainage cognitif pour la conception de type VFS « Valeurs-Fonctions-Solutions » **(Bouchard et al., 2003b; Lim, 2003).**

Rokeach présente les valeurs sous forme de Système de valeurs. Il en a retenu 36 qu'il a divisés en 2 catégories de valeurs (**Tableau 16**):

(1) Les valeurs terminales qui représentent les buts de l'existence.
(2) Les valeurs instrumentales qui sont les modes de comportement pour atteindre les buts de l'existence.

Tableau 16. Les 36 valeurs initales de Rokeach (Rokeach, 1973)

VALEURS TERMINALES	VALEURS INSTRUMENTALES
A Comfortable Life	Ambitious
An Exciting Life	Independent
A Sense of Accomplishment	Broad-minded
A World at Peace	Intellectual
A World of Beauty	Capable
Equality	Logical
Family Security	Clean
Freedom	Loving
Health	Courageous
Inner Harmony	Loyal
Mature Love	Forgiving
National Security	Obedient
Pleasure	Helpful
Salvation	Polite
Self-Respect	Honest
Social Recognition	Responsible
True Friendship	Imaginative
Wisdom	Self-controlled

D'autres auteurs ont par la suite travaillé sur les valeurs de Rokeach afin d'en ressortir de nouvelles catégories. Kahle **(Kahle, 1983)** a proposé une liste de 9 valeurs terminales qu'il a intitulé LOV *List of values.* Schwartz **(Schwartz & Bilsky, 1990)** propose une représentation des valeurs en 10 catégories qu'il a appelées : domaines motivationnels. Les travaux de ces auteurs sont très intéressants et s'appuient sur les travaux de Rokeach. Etant donné que certaines valeurs ne sont pas modélisables, la liste des valeurs de Rokeach a été traduite et adaptée pour être utilisées en conception **(Lim, 2003).** Pour le besoin de notre étude, nous avons recensé dans le **Tableau 17** les différentes catégories de valeurs terminales de Rokeach qui nous intéressent en sciences de la conception.

Tableau 17. Synthèse des valeurs terminales (Rokeach, 1973; Valette-Florence, 1994) in TVi (Bouchard et al., 2003a)

Valeurs génériques	Valeurs associées		
La sécurité	La sécurité familiale La sécurité nationale La sécurité matérielle	La sécurité de l'emploi La sécurité physique La santé	
L'honnêteté	La sincérité L'authenticité La pureté		
Sens de l'appartenance (identité)	La famille La tribu Reconnaissance sociale		
La politesse	Le salut L'obéissance Le patriotisme	L'honneur	
La tradition	Conformité		
L'ordre	La discipline		
Relation autrui	Plénitude amoureuse L'amitié authentique Relations chaleureuses avec les autres		
Le dynamisme	Performance Besoin d'excitation (adrénaline) Stimulation	Courage L'optimisme Vie passionnante, excitante	
Le respect de soi	Harmonie intérieure La maîtrise de soi La sagesse	La spiritualité La sérénité	
Le risque	La transgression		
Le rêve	L'émotion L'imagination		
La personnalisation	L'auto-expression La différentiation L'embellissement esthétique		
La générosité	La solidarité		
L'ouverture d'esprit	La tolérance L'indulgence		
L'éthique	Le respect de l'environnement Le respect des autres Les droits de l'Homme	L'égalité La paix	
La liberté	L'autonomie L'indépendance La responsabilité		
Le plaisir	Bonheur La gaieté Joie de vivre	Amusement Sensualité Hédonisme	L'humour
Développement personnel	Epanouissement personnel Accomplissement		
Vie confortable	Vie aisée Ambition La réussite matérielle		

2.6.5. Modèles de différentiation culturelle : Hofstede

La notion de culture est un facteur de distinction entre les individus. A ce titre, la modélisation d'une culture est un élément à prendre en compte dans une modélisation utilisateur, les cultures et valeurs relatives ne sont effectivement pas identiques dans chaque pays **(Hofstede & Bond, 1984; Hofstede, Hofstede, & Minkov, 2010; Nakata, 2009).** Des outils sont proposés pour appuyer l'importance de ces facteurs **(Reinecke, Bernstein, & Schenkel, 2010; Reinecke & Bernstein, 2009)**. Dans ses travaux, Geert Hofstede explore les différences de mentalité (comportements individuels, institutions et autres organismes) existant dans plus de 50 nations modernes. Il démontre le fait que nous véhiculons des spécificités développées dans la cellule familiale, et renforcées à l'école et dans les autres institutions. Il différencie les cultures nationales selon cinq axes *: la distance hiérarchique* (PDI),

l'individualisme/collectivisme (IDV), *la masculinité/féminité* (MAS)*, l'aversion pour le risque* (UAI) et *l'orientation à long-terme* (LTO).

Tableau 18. Les cinq dimensions culturelles d'Hofstede (Hofstede & Bond, 1984; Hofstede et al., 2010)

PDI	Power Distance Index (PDI)	Distance hiérarchique
IDV	Individualism (IDV)	Degré d'individualisme ou de collectivisme
MAS	Masculinity (MAS)	Distribution des roles Homme/Femme
UAI	Uncertainty Avoidance Index (UAI)	Tolérance ou aversion pour le risque
LTO	Long-Term Orientation (LTO)	Orientation à long-terme ou projection

On retrouve dans les recherches de Hofstede des données en rapport à ces dimensions et qui sont spécifiques à chaque pays. Par exemple, on retrouve dans la **Figure 37** deux extraits de résultat de ces recherches dans deux pays: France et Brésil **(Geert-Hofstede.com, n.d.).** Les informations recueillies peuvent sembler très marginales, mais elles pourraient néanmoins constituer une base d'orientation pour un apport et définir une segmentation des individus en regard de leur culture.

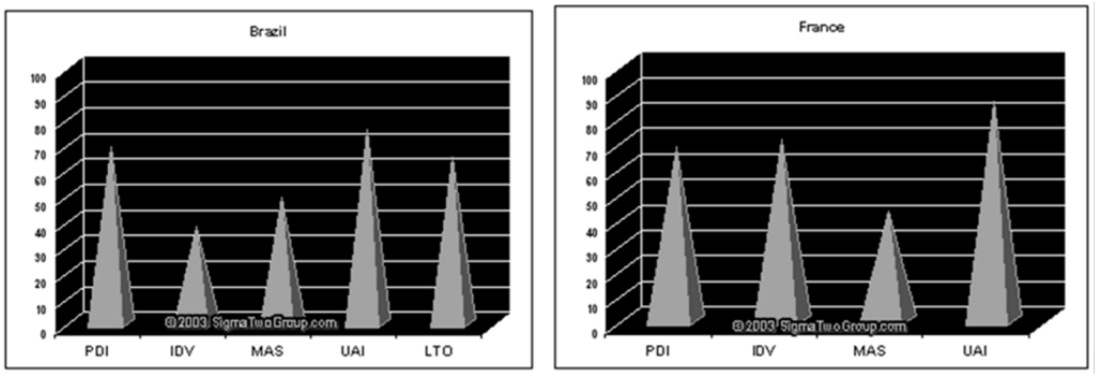


Figure 37. **Les dimensions culturelles de Hofstede sur deux pays : Brésil et France** (Geert-Hofstede.com, n.d.)

On observe que la dimension Hofstede la plus élevée au Brésil est *Uncertainty Avoidance* (AUI), elle est de 76, ce qui indique un niveau bas de la société à tolérer l'incertitude. En effet, dans le but de minimiser ou de réduire ce niveau d'incertitude, des règles strictes, des lois, des stratégies politiques et des règles sont adoptés et mis en œuvre dans le pays. D'après ces analyses, le but ultime de cette population est de tout contrôler afin d'éliminer ou d'éviter les imprévus. Pour Hofstede, en raison de cette particularité élevée du rapport avec l'incertitude, la société n'accepte pas facilement le changement et est par conséquent très hostile au risque.

2.6.6. Modèles de segmentation : de la Sociologie aux politiques environnementales

La segmentation est une technique que l'on retrouve initialement en sociologie. Elle permet de représenter une population d'individus en groupes homogènes et distincts. Ces groupes que l'on appelle segments permettent de représenter le modèle de la population afin de

pouvoir analyser et permettre des actions précises à l'encontre de l'un ou l'autre segment. Les individus appartenant à un groupe ou segment ont des caractéristiques similaires.

En sociologie, les segments de population désignent la classification, la typologie, la partition d'un ensemble de population en sous-ensembles en se référant à une sélection obtenue par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs critères :

- critères de statut : sexe, âge, profession...
- critères d'appartenance : croyances, idéologies, culture, mode de pensée...
- critères de comportement : habitudes, notamment de consommation...

Les études en sociologie ont longtemps mis en avant l'importance de la culture dans cette différentiation des individus. A ce titre, Douglas a proposé une classification du raisonnement de la population en 4 groupes : *isolationist*, *hierarchist*, *égalitarian* et *individualist* **(Douglas, 1999).**

La segmentation est appliquée dans plusieurs domaines qui requièrent une étude de la population, notamment en stratégie marketing, en management, en finance, en sociologie, en analyse démographique, en anthropologie, etc. Dans l'histoire du Marketing, les entreprises ont eu l'idée de « segmenter » leur marché en fonction des caractéristiques sociographiques des populations, c'est-à-dire d'inventer une pluralité de clients et de marquer un changement dans la représentation homogène du marché. Ceci leur a permis de diversifier leurs productions et les ont aidés à trouver de nouveaux créneaux **(Cochoy, 2002).**

Le Marketing est un domaine qui trouve un grand intérêt à travailler sur des systèmes qui prennent en compte l'utilisateur, compte-tenu des enjeux économiques qui en découlent **(Cochoy, 2010; Smith, 1956)**. Les consommateurs n'ont pas toujours des envies identiques, et cette différence constitue l'essence de la segmentation **(Bock & Uncles, 2002)**. Les experts en Marketing s'accordent ainsi à dire que la diversification des produits est primordiale pour permettre d'atteindre un maximum de clients potentiels **(Dillon & Mukherjee, 2006).** La segmentation de marché est une réponse adéquate à ce besoin. Elle permet aux marketeurs de cibler un marché précis, et de définir un couple produit-marché efficace associé au produit qu'ils veulent commercialiser.

A l'image de la globalisation du marché, la segmentation est également internationalisée, les consommateurs potentiels des produits ne sont plus confinés au sein d'un espace géographique spécifique, cela a forcé les entreprises à considérer une extension plus large de la segmentation dans leur stratégie Marketing **(Steenkamp & Ter Hofstede, 2002).**

Si la segmentation permet ainsi de définir la cible de consommateurs ou le marché adéquat pour un type de produit, inversement, les produits peuvent être adaptés pour les faire correspondre aux besoins réels des consommateurs. Ce qui leur permet de toucher un plus grand nombre de personnes, d'étendre les parts de marché et de faire une différenciation par rapport aux concurrents. La segmentation est un outil qui permet de modéliser l'utilisateur, afin de l'intégrer dans une logique stratégique de l'entreprise. Un exemple intéressant est la *Stratégie Océan Bleu*, dans laquelle une étude a été réalisée sur le vin « *Yellow Tail* » **(W. C. Kim & Mauborgne, 2005).** La **Figure 38** montre l'impact financier et les avantages commerciaux qui pourraient être déduites de la prise en compte des besoins de l'utilisateur et de l'utilisabilité des produits afin de créer de nouveaux marchés.

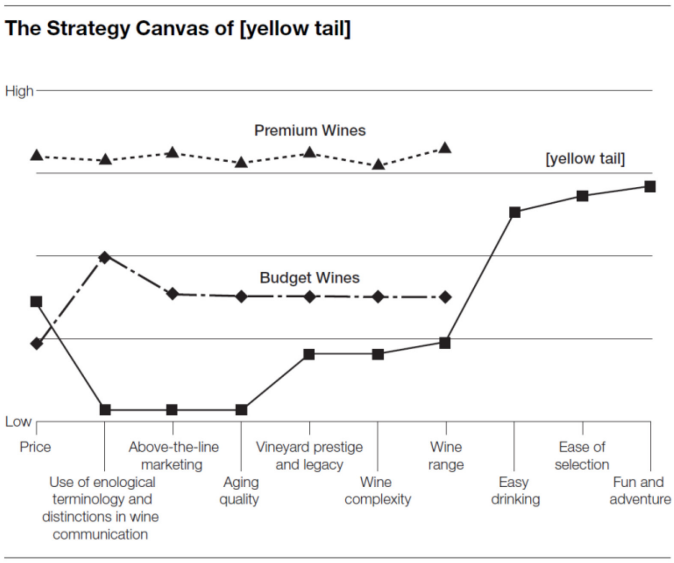


Figure 38. Stratégie Océan Bleue appliquée sur un produit de grande distribution (vin) (W. C. Kim & Mauborgne, 2005)

Les approches de Segmentation initiées par le domaine de la sociologie et le marketing ont inspiré d'autres domaines. En particulier, les modèles de segmentation qui définissent la population en fonction de leur sensibilité environnementale existent. Ainsi on retrouve des aspects de la segmentation dans la psychologie environnementale **(Stern, 1992)**, dans les institutions publiques qui œuvrent pour le développement durable. Par exemple, DEFRA *Department for Environment, Foods and Rural Affairs*, ou Département de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales réalisent périodiquement des études sur la segmentation de la population britannique en raison de leur sensibilité environnementale **(DEFRA, 2008)**. En France, plusieurs instituts de sondage traitent de la sensibilité environnementale des consommateurs et de leurs rapports avec le développement, il en ressort que les français sont de plus en plus sensibles aux informations environnementales lors du processus d'achat **(ETHICITY, 2013).**

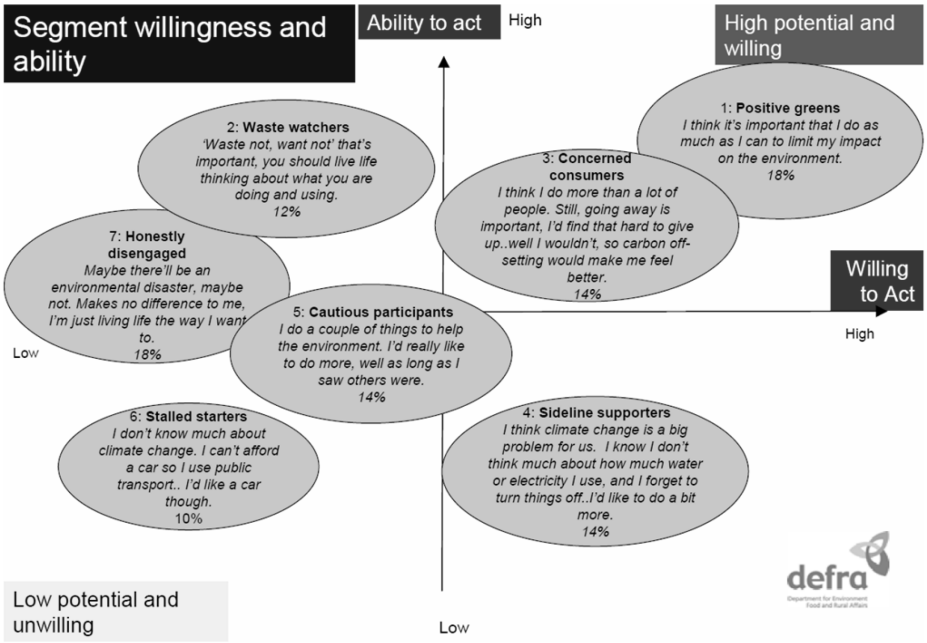


Figure 39. Les sept segments de DEFRA pour la sensibilité environnementale (DEFRA, 2008)

En ce qui concerne DEFRA, l'administration publique britannique, par le biais d'un de ses ministères, a entrepris dès 2008 une recherche sur les comportements de la population envers l'environnement. Cette branche du ministère, responsable de la politique gouvernementale travaille sur les questions liées à l'environnement. DEFRA a ainsi proposé une étude très détaillée qui permet de regrouper les citoyens en fonction de leurs comportements et de leurs attitudes à l'égard des questions de l'environnement **(DEFRA, 2008)**. DEFRA a défini 7 segments de la population (**Figure 39**) distribuées autour de deux axes qui représentent la conscience envers l'environnement.

(1) la volonté d'action ou Willingness to Act (WA) et
(2) la capacité d'action ou Ability to Act (AA).

Cette représentation proposée par le DEFRA **(DEFRA, 2008)** identifie des segments d'utilisateurs associés à leur comportement envers l'environnement. Les 7 segments sont :

(1) Positive Green
(2) Waste Watchers
(3) Concerned Consumers
(4) Sideline Supporters
(5) Cautious Participants
(6) Stalled Staters
(7) Honestly Disengaged

La segmentation est un outil performant qui permet l'identification et la représentation d'un type d'utilisateur standard à partir du regroupement d'une population donnée.

2.6.7. Modèles de l'ergonomie : les personas

Un *persona* est un profil utilisateur qui permet de mettre en valeur les objectifs de l'individu lors de l'utilisation d'un artefact. Il s'agit d'une représentation archétypale des utilisateurs réels ou potentiels du produit, dont le but est de mettre en exergue les modes de comportement des utilisateurs, leurs buts et motivations, à l'aide d'une description d'un seul individu fictif **(Blomkvist, 2002a, 2002b)**. Les *personas* permettent de se focaliser sur l'utilisateur et le contexte d'utilisation grâce à leurs caractéristiques fictives **(Grudin & Pruitt, 2002; Holtzblatt, 2009).** L'intégration des *personas* présente des avantages certains dans la conception de produits, **(Miaskiewicz & Kozar, 2011)**, notamment sur la compréhension des besoins de l'utilisateur mais également sur la communication entre les concepteurs **(Tableau 19)**.

Tableau 19. Bénéfices d'utilisation des personas dans la littérature (Miaskiewicz & Kozar, 2011)

Source	Avantages spécifiques de l'étude des personas
(Cooper, 1999)	Met l'accent sur les utilisateurs et leurs objectifs Facilite la discussion et l'échange au sujet des utilisateurs Réduit les modifications potentielles en fin de processus de développement
(Cooper, Reimann, & Cronin, 2003)	Permet de parvenir à un consensus et un engagement de conception Aide à mesurer l'efficacité d'une solution de conception Contribue à définir le jeu de fonctionnalités du produit Favorise la communication au sein de l'équipe projet Participe à l'appui des services connexes (plans marketings)
(Grudin & Pruitt, 2002)	Concentre l'étude sur l'utilisateur et le contexte d'usage Permet l'extrapolation des connaissances partielles des utilisateurs vers d'autres contextes Permet de formuler des hypothèses sur les utilisateurs Facilite la discussion et l'échange au sujet des utilisateurs Renforce l'identification des utilisateurs ciblés
(Long, 2009)	Met l'accent sur les utilisateurs pendant le développement de produit Conduit à la génération des solutions de conception plus conviviales Rend les besoins des utilisateurs plus explicites Guide le concepteur dans sa prise de décision
(Ma & LeRouge, 2007)	Facilite l'échange au sujet des utilisateurs Améliore l'identification des utilisateurs-cible Se concentre sur les besoins des utilisateurs
(Pruitt & Adlin, 2006)	Permet de formuler des hypothèses sur les utilisateurs Cible les utilisateurs spécifiques d'un produit Conduit à de meilleures solutions de conception Accroît l'engagement et la motivation au sein de l'équipe de conception Construit une empathie autour de l'utilisateur

Plusieurs caractéristiques doivent être prises en compte pour l'identification des profils utilisateurs représentés par un *persona* **(Kujala & Kauppinen, 2004)** (**Tableau 20**).

Tableau 20. Caractéristiques des profils utilisateurs dans la littérature (Kujala & Kauppinen, 2004)

Catégories	Caractéristiques
Caractéristiques personnelles	Age, sexe, éducation, travail, statut socio-économique, rôle dans la société Style de vie, personnalité, attitudes et émotions (par ex lors de l'utilisation de produits) Expérience/Savoir-faire Capacités/contraintes physiques (par ex vue faible, daltonisme, etc)
Caractéristiques liées à la tâche	But et motivations Tâches Usage (lourd vs léger, fréquence, indirectement or télécommandé) Formations et expérience (de novice à expert)
Caractéristiques sociodémographiques	Location: régions, pays, continents, zone de commercialisation Cultures et autres circonstances Réseaux sociaux, société, organisation

Il est intéressant de se concentrer sur des scénarios. En effet, les techniques de prise en compte des scénarios peuvent être couplées avec des *personas*. Les scénarios sont des histoires sur les gens et leurs activités **(Carroll, 2000)**. La littérature souligne que l'association des scenarios et des *personas* est plus convaincante car les scénarios sont moins efficaces lorsque leur construction n'est pas associée avec des *personas* **(Grudin & Pruitt, 2002; Navarro et al., 2009; Pruitt & Grudin, 2003)**.

L'étape de création de profils utilisateurs est primordiale dans une étude de Conception Centrée Utilisateur. A ce titre, les *personas* sont nécessaires pour représenter ces profils d'utilisateur. Chaque *persona* serait un utilisateur fictif qui représente un groupe d'utilisateurs. Et en principe, tous les *personas* réunis nous permettraient d'avoir une représentation de l'ensemble de la population, ou du moins s'en rapprocher le plus possible.

2.6.8. Modèles cognitifs et psychologiques : *Kansei Information*

Les informations Kansei apportent des enrichissements importants dans la modélisation utilisateur. Nous rappelons que les informations mises en œuvre par les concepteurs lors du processus de conception diffèrent selon 3 niveaux bien définis : des informations de haut niveau d'abstraction ou *High Level* (valeurs, mots sémantiques, analogie, et style), des informations de niveau d'abstraction intermédiaire ou *Middle Level* (secteur, contexte et fonction) et des informations de bas niveau d'abstraction ou *Low Level* (couleur, forme et texture) **(Bouchard, Kim, et al., 2009).** Les niveaux d'information peuvent être considérés comme allant du plus abstrait (Haut Niveau) vers le plus concret (Bas Niveaux).

A ce titre, les valeurs sont des informations véhiculées par des modèles de Rokeach, et constituent une forme de modélisation. Les émotions peuvent également contribuer dans cette modélisation puisqu'elles apportent une dimension complémentaire dans la différentiation de l'individu. Un groupe de recherche sur les émotions de l'université de Genève *« Geneva Emotion Research Group »*, a dressé une liste exhaustive de tous les termes associés à l'affect et l'émotion traduite en 5 langues **(Geneva Emotion Research Group, 1988)**. Cette liste est détaillée dans le **Tableau 21**.

Tableau 21. Liste des 130 émotions (Geneva Emotion Research Group, 1988)

(Se sentir) seul	Consterné	Excité	Intéressé	Ravi
(Se sentir) à l'aise	Content	Extatique	Intimidé	Reconnaissant
Abandonné	Contrarié	Exubérant	Intolérant	Répugné
Abattu	Coupable	Faible	Jaloux	Résigné
Accablé	Courageux	Fasciné	Joyeux	Respectueux
Affectueux	Curieux	Fatigué	Jubilant	Sans espoir
Affligé	Découragé	Fier	Lâche	Satisfait
Affolé	Déçu	Folâtre	Langoureux	Sensuel
Agacé	Dédaigneux	Furieux	Mal à l'aise	Serein
Agité	Dégoûté	Gai	Malheureux	Sérieux
Ahuri	Dépité	Hésitant	Mécontent	Sombre
Aigri	Déprimé	Heureux	Méfiant	Somnolent
Allègre	Désespéré	Honteux	Mélancolique	Soucieux
Amoureux	Désireux	Horrifié	Nerveux	Soulagé
Amusé	Désolé	Hostile	Nostalgique	Stimulé
Anxieux	Détendu	Humble	Offensé	Stupéfait
Apathique	Effrayé	Impatient	Outragé	Surexcité
Apeuré	Embarrassé	Impressionné	Passionné	Surpris
Avoir le mal du pays	Empressé	Impuissant	Perplexe	Tendre
Buté	En colère	Indécis	Plein de doute	Tendu
Calme	Ennuyé	Indécis	Plein de haine	Timide
Chagriné	Enthousiaste	Indifférent	Plein de mépris	Touché
Chaleureux	Envieux	Indigné	Plein de regrets	Tourmenté
Compatissant	Etonné	Inquiet	Plein de révérence	Triomphant
Confiant	Exalté	Insouciant	Plein d'entrain	Triste
Confus	Exaspéré	Inspiré	Plein d'espoir	Vindicatif

Les émotions sont catégorisées en émotions primaires et émotions secondaires. Les émotions primaires sont plus intenses, et à mesure qu'on s'approches des secondaires, l'intensité baisse **(Scherer, 2005).** Plutchik **(Plutchik, 1980)** a représenté les émotions sous la forme d'une rosace. La **Figure 40** représente la roue de Plutchik, on y voit clairement les différents niveaux d'intensité des émotions primaires et secondaires.

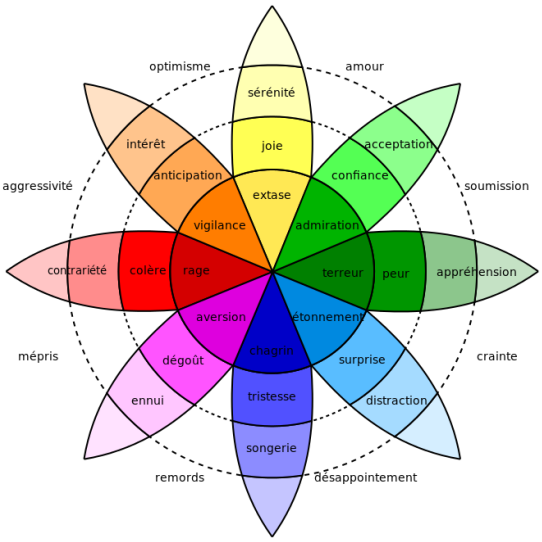


Figure 40. Roue des émotions de Plutchik (Plutchik, 1980)

Les émotions primaires sont très intenses et relèvent d'un état statique à l'instant. Ce sont des émotions difficilement modélisables et reproductibles sur un produit, car elles dépendent de beaucoup de facteurs aléatoires et difficilement contrôlables.

2.6.9. Synthèse de la cinquième section

Nous retrouvons différentes manières de représenter les utilisateurs dans différents domaines. La modélisation utilisateur tient des origines des études en Intelligence Artificelle (IA). Le système RVS permettent de catégoriser la population selon leur valeurs personnelles **(Rokeach, 1973)**. La culture peut constituer un apport pour une analyse supplémentaire de différentiation **(Hofstede et al., 2010)**. La segmentation est un outil intéressant pour la prise en compte environnementale. Nous considérons que l'intégration du Kansei dans la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception peut se faire via un modèle de type segmentation. Les émotions peuvent appuyer une modélisation utilisateur en proposant un état dynamique de l'utilisateur. Elles sont catégorisées en émotions primaires et secondaires **(Plutchik, 1980; Scherer, 2005)**. Les *personas* sont des profils fictifs d'utilisateurs **(Miaskiewicz & Kozar, 2011)**. L'étude des *personas* permettrait de comprendre l'utilisateur. A l'aide de scénarios potentiels d'utilisation, identifiés à la suite d'une analyse de tâche, nous rajouterions la dimension contextuelle dans l'analyse et serions en mesure d'enrichir la compréhension de l'utilisateur.

La modélisation doit permettre de fournir des recommandations en amont de la conception. Les recommandations qui découlent de ces études seront par la suite reprises par le concepteur. Ces recommandations seront des données d'entrées qui permettront d'adapter la conception du produit en fonction des besoins et caractéristiques de l'utilisateur.

Par ailleurs, notre constat est qu'il existe des modèles de représentation des utilisateurs issus de différents domaines qui ne sont pas interconnectés. Nous résumons dans le **Tableau 22** les différentes formes de modélisation retenues dans la littérature qui permettent de définir une distinction de l'utilisateur.

Tableau 22. Résumé des différentes formes de modélisation utilisateur

Domaine	Forme de modélisation	Référence
IHM	Systèmes Intelligents Intelligence Artificielle (IA) Systèmes Adaptés/Adaptables/Adaptatifs Profils d'utilisateur (Tableau 15)	(Brusilovsky & Millán, 2007; Wahlster & Kobsa, 1989)
Marketing	Segmentation de consommateurs Segmentation de marché Sondages sur les tendances et styles de vie Chainage Cognitif	(T. J. Reynolds & Gutman, 1984; Valette-Florence, 1994)
Sociologie / Psychologie	Groupes de raisonnement Typologie/Statut/Comportement Analyse démographique Dimensions culturelles de Hofstedte Rokeach Value System (RVS) List of Values (LOV)	(Douglas, 1999; Hofstede & Bond, 1984) (Kahle, 1983; Rokeach, 1973; Schwartz & Bilsky, 1990)
Conception Centrée Utilisateur / Ergonomie	Persona / Scénario Profils d'utilisateurs	(Blomkvist, 2002a; Grudin & Pruitt, 2002; Miaskiewicz & Kozar, 2011)
DfSB	Modèles de comportements soutenables	(Lilley, 2009; Tang & Bhamra, 2008)
Politique environnementale	Segmentation environnementale DEFRA, Ethicity	(DEFRA, 2008; ETHICITY, 2013)
Education & psychologie environnementale	Modèles psychologiques de comportement environnemental	(Blake, 1999; Grob, 1995; Kollmuss & Agyeman, 2002)
Ingénierie Emotionnelle	Catégorisations émotionnelles Kansei Information	(Bouchard, Kim, et al., 2009; Geneva Emotion Research Group, 1988; Plutchik, 1980)

2.7. CONSTATS D'ETAT DE L'ART

A partir de cet Etat de l'Art, nous avons relevé des informations intéressantes mais également des manques dans la littérature au regard de notre objectif de mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception. Nous proposons les 3 constats suivants à l'issue de l'Etat de l'Art :

(1) **Constat 1 :** Peu de références existent lors de la mise en relation des trois disciplines : Ingénierie Kansei, Conception Centrée Utilisateur et Eco-conception.
(2) **Constat 2 :** Il existe des modèles de représentation des utilisateurs issus de différents domaines qui ne sont pas interconnectés.
(3) **Constat 3 :** Le comportement environnemental n'est pas assez exploré sous l'angle Kansei (valeurs, émotions, expérience).

Les informations qui nous ont permis de justifier ces constats sont résumés dans le **Tableau 23**.

Tableau 23. Résumé des constats de l'Etat d'Art et justifications

N	Enoncé du constat	Chapitre justificatif
(1)	*Peu de références existent lors de la mise en relation des trois disciplines : Ingénierie Kansei, Conception Centrée Utilisateur et Eco-conception.*	**§ 2.2** : LES COMPOSANTES TRANSVERSES DE LA CONCEPTION DE PRODUITS
(2)	*Il existe des modèles de représentation des utilisateurs issus de différents domaines qui ne sont pas interconnectés*	**§ 2.3** : L'EVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE ENVIRONNENEMENTALE EN CONCEPTION
		§ 2.4 : L'INTEGRATION DE L'HUMAIN DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS
		§ 2.5 : L'APPORT DES DIMENSIONS KANSEI
		§ 2 6 : SYNTHESE ET MODELISATION UTILISATEUR
(3)	*Le comportement environnemental n'est pas assez exploré sous l'angle Kansei (valeurs, émotions, expérience)*	**§ 2.3.4** : La place de l'utilisateur dans la prise en compte environnementale
		§ 2.5.7 : Psychologie environnementale : émotions et comportements pro-environnementaux

(1) Constat 1

En effet, dans la première section de l'Etat de l'Art **(§ 2.2)** : *les composantes transverses de la conception de produit***,** nous avons mis en avant les différents champs thématiques qui permettent d'associer l'utilisateur et l'environnement autour de la conception de produit. Nous avons identifié 3 champs thématiques principaux qui permettent cette association et observé qu'il existe aujourd'hui peu de corrélations entre ces trois champs.

(2) Constat 2

Nous avons observé qu'il existe différentes formes de représentation ou de catégorisation des utilisateurs en se positionnant sur différents points de vue : les études de prise en compte environnementales en conception **(§ 2.3)**, le point de vue de la conception centrée sur l'humain **(§ 2.4)**, le point de vue des approches subjectives au sens du Kansei **(§ 2.5).** La section **(§ 2**.6**)** synthétise et présente un résumé des différentes formes de modélisation utilisateur issus de ces différents points de vue. La diversité des modèles présentés vient ainsi en appui pour justifier ce second constat.

(3) Constat 3

Nous avons vu en **(§ 2.5.7)** que les études de psychologie environnementale proposent des théories et des modèles intéressants pour comprendre le mécanisme comportemental envers l'environnement **(Grob, 1995; Kollmuss & Agyeman, 2002).** Nous avons également observé en **(§ 2.3.4)** que les comportements envers l'environnement soient abordés à deux niveaux : au niveau produit par les notions du *Design for Sustainable Behaviour* (DfSB), et au niveau de la politique environnementale par la segmentation proposée par des organismes comme DEFRA. Par ailleurs, cet aspect comportement envers l'environnement n'est pas assez exploré du point de vue Kansei, dans une finalité de conception de produits. Nous souhaitons intégrer dans notre approche la compréhension du mécanisme qui induit des comportements pro-environnementaux du point de vue du Kansei.

Ces trois constats d'Etat de l'Art viennent justifier la pertinence de notre recherche. Ils permettent de formuler une problématique qui est présentée dans le chapitre suivant.

Partie 3
Question de recherche et hypothèses

3. PARTIE 3 : QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHESES 101

3.1. QUESTION DE RECHERCHE 101
3.2. HYPOTHESES DE MODELISATION 101
3.2.1. HYPOTHESE GENERALE 102
3.2.2. HYPOTHESE H1 : ASPECT SUBJECTIF DES PROFILS UTILISATEURS 103
3.2.3. HYPOTHESE H2 : ASPECT SUBJECTIF DES COMPORTEMENTS PRO-ENVIRONNEMENTAUX 104

3. PARTIE 3 : QUESTION DE RECHERCHE ET HYPOTHESES

Nous présentons dans cette partie notre question de recherche. Les constats énumérés à l'issue de l'Etat de l'Art nous amènent à proposer une problématique. Cette problématique prend la forme d'une Question de Recherche dont la résolution aura pour avantage d'enrichir des connaissances et des méthodologies déjà existantes. En effet, nous réfléchissons sur une possibilité d'expansion de diverses thématiques, les études *Kansei* et *Emotional Engineering*, vers d'autres thématiques qui sont l'*Eco-conception* et la *Conception Centrée Utilisateur*, de façon à engendrer un enrichissement mutuel. Dans notre approche, les travaux associés à cette thèse répondent à cette recherche d'enrichissement.

3.1. Question de recherche

Sur la base des trois constats qui ont été présentés dans la section précédente, nous proposons de définir une question de recherche. On retrouve dans cette question de recherche les différents mots-clés qui permettent de justifier notre approche en remontant vers ces trois constats.

(1) Dans le premier constat, nous avons conclu qu'il y avait **peu de références existantes lors de la mise en relation des trois disciplines** : *Kansei Design*, *User-Centered Design* et *Ecodesign*. Nous avons donc retenu l'importance des notions de Kansei, d'utilisateur et d'Eco-conception dans notre question de recherche.
(2) Dans le second constat, nous avons démontré qu'il existe des **modèles de représentation des utilisateurs issus de différents domaines qui ne sont pas interconnectés**. Nous reprenons dans notre question de recherche les notions de modélisation utilisateur.
(3) Dans le troisième constat, nous avons stipulé que **le comportement environnemental n'est pas assez exploré sous l'angle Kansei (valeurs, émotions, expérience)**. Nous proposons dans notre question de recherche de nous concentrer autour du Kansei pour la Conception.

Notre question de recherche est donc formulée comme-suit :

« Comment intégrer les approches subjectives associées au « Kansei » dans la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception ? »

3.2. Hypothèses de modélisation

Pour répondre à cette question de recherche, nous formulerons des hypothèses qui permettront de valider ou d'invalider cette question. La **Figure 41** représente la structure des hypothèses proposées.

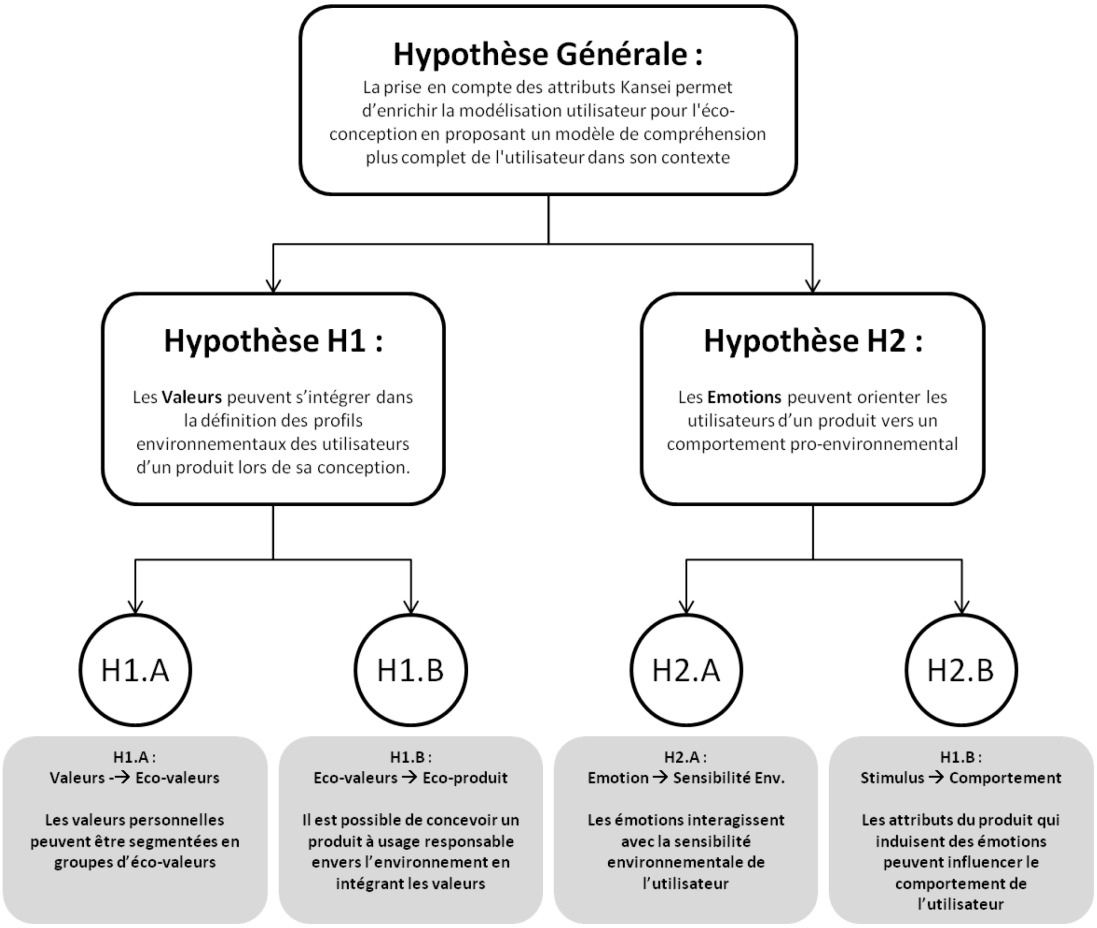


Figure 41. Structure des Hypothèses

Nous retrouvons ainsi : l'hypothèse générale H, les deux hypothèses principales H1, H2, ainsi que les sous-hypothèses qui en découlent H1.A, H1.B, H2.A et H2.B.

L'hypothèse générale H est formalisée pour répondre à la problématique. Etant donné la complexité de cette hypothèse générale, nous ne pourrons procéder directement à sa validation, compte-tenu du nombre important de variables qui seraient mises en jeu. Nous procédons donc à une validation par sections. L'hypothèse principale est divisée en deux hypothèses principales H1 et H2. La validation de ces deux hypothèses principales H1 et H2 permet de valider l'hypothèse générale H. La validation des deux hypothèses principales est conditionnée par les résultats des expérimentations. Afin de faciliter la mise en application des hypothèses principales H1 et H2 dans le cadre d'expérimentations, nous les avons également subdivisés en sous-hypothèses H1.A, H1.B, H2.A et H2.B. Ces quatre sous-hypothèses sont mises en œuvre dans le cadre de deux expérimentations EXP1 et EXP2. Nous allons détailler les hypothèses dans les prochains sous-paragraphes.

3.2.1. Hypothèse générale

L'hypothèse générale est la réponse directe à notre question de recherche: « Comment intégrer les approches subjectives associées au « Kansei » dans la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception ? ».

Hypothèse Générale :

« La prise en compte des attributs Kansei permet d'enrichir la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception en proposant un modèle de compréhension plus complet de l'utilisateur dans son contexte »

Comme nous l'avons précisé dans notre Etat de l'Art, il existe un certain nombre d'attributs Kansei associés à l'utilisateur. Pour les besoins relatifs aux expérimentations, nous n'allons pas mettre en œuvre tous les attributs Kansei existants. La **Figure 42** reprend les différentes informations de conception associée au Kansei. Une description plus détaillée des autres attributs Kansei est repris dans notre Etat de l'Art. Dans notre cas d'étude, nous nous intéressons principalement aux attributs Kansei de haut niveau d'abstraction.

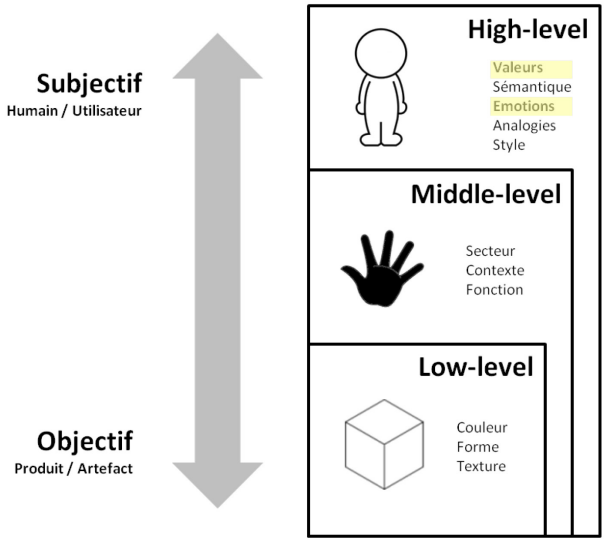


Figure 42. Informations Kansei dans la conception. Adapté de (Bouchard, Kim, et al., 2009; Kim, 2011)

L'hypothèse générale H est divisée en deux sous-hypothèses H1 et H2. Ainsi, dans l'hypothèse H1, et par conséquent les sous hypothèses H1.A et H1.B, nous utilisons les attributs Kansei associés aux *Valeurs*. Tandis que dans l'hypothèse H2, ainsi que ses sous-hypothèses H2.A et H2.B, les attributs Kansei mis en œuvre sont les *Emotions*.

3.2.2. Hypothèse H1 : Aspect subjectif des profils utilisateurs

La première hypothèse H1 met en avant les aspects subjectifs des profils environnementaux. Dans cette option, nous mettons en avant le fait que les attributs Kansei *Emotions* et *Valeurs* doivent faire partie intégrante des caractéristiques de l'utilisateur. Nous abordons une manière de définir au mieux les utilisateurs en mettant en avant des aspects qui ne sont pas modélisables dans les représentations classiques, qui sont plus subjectifs qu'objectifs. Les études Kansei traitent abondamment de ces aspects subjectifs.

Hypothèse H1 :

« Les Valeurs peuvent s'intégrer dans la définition des profils environnementaux des utilisateurs d'un produit lors de sa conception »

L'hypothèse H1 est subdivisée en deux sous-hypothèses H1.A et H1.B afin de faciliter la mise en œuvre de sa validation.

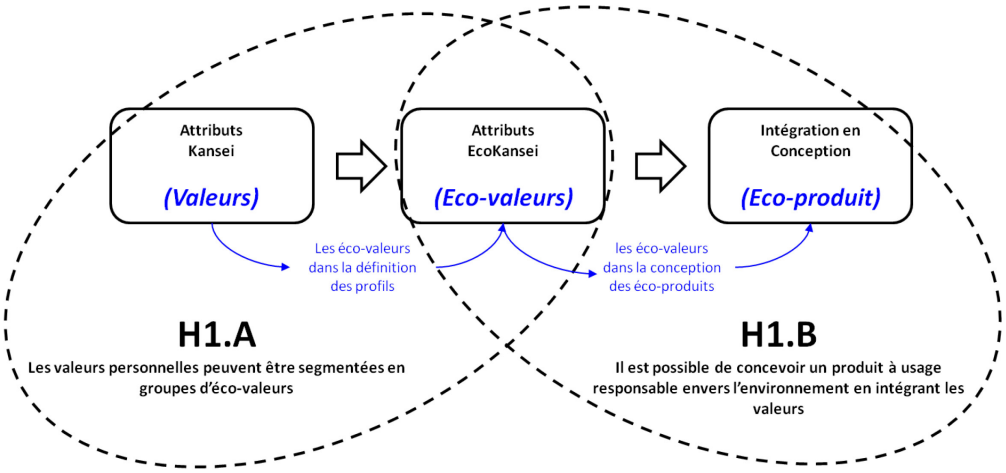


Figure 43. Modèle de compréhension des sous-hypothèses H1.A et H1.B

Les attributs Kansei mis en évidence dans cette première hypothèse sont les *Valeurs Personnelles.*

La **Figure 43** décrit les sous-hypothèses H1.A et H1.B autour d'un modèle. La première sous-hypothèse H1.A traite de la manière de définir les attributs EcoKansei dans la définition de l'utilisateur à partir des attributs Kansei. Tandis que la seconde sous-hypothèse H1.B traite de la possibilité d'intégration de ces attributs EcoKansei dans la conception de produits.

Ainsi, en démontrant l'hypothèse *H1.A : les valeurs personnelles peuvent être segmentées en groupes d'éco-valeurs*, nous allons pouvoir présenter une interprétation des éco-valeurs dans la définition des utilisateurs, et ainsi mettre en évidence la modélisation de l'EcoKansei de l'utilisateur en passant par la compréhension de l'utilisateur. Tandis qu'en démontrant l'hypothèse *H1.B : Eco-produit : il est possible de concevoir un produit à usage responsable envers l'environnement en intégrant les valeurs personnelles*, nous allons par analogie traiter de l'intégration des éco-valeurs dans la conception de produits, et ainsi mettre en avant la possibilité d'intégrer des éléments EcoKansei dans la conception de produits.

3.2.3. Hypothèse H2 : Aspect subjectif des comportements pro-environnementaux

La seconde hypothèse H2 met en avant les aspects subjectifs des comportements environnementaux. Si dans la première hypothèse H1 nous travaillons sur des définitions de profils statiques, dans cette deuxième hypothèse H2, nous introduisons les aspects comportementaux, qui sont des aspects plus dynamiques. Nous voulons ainsi observer que les attributs Kansei sont des éléments qui influent sur la sensibilité envers l'environnement. Par conséquent, ils déclenchent des comportements dans le sens de cette sensibilité envers l'environnement lors de l'interaction avec un produit.

Hypothèse H2 :

« Les Emotions peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental »

L'hypothèse H2 est subdivisée en deux sous-hypothèses H2.A et H2.B afin de faciliter la mise en œuvre de sa validation.

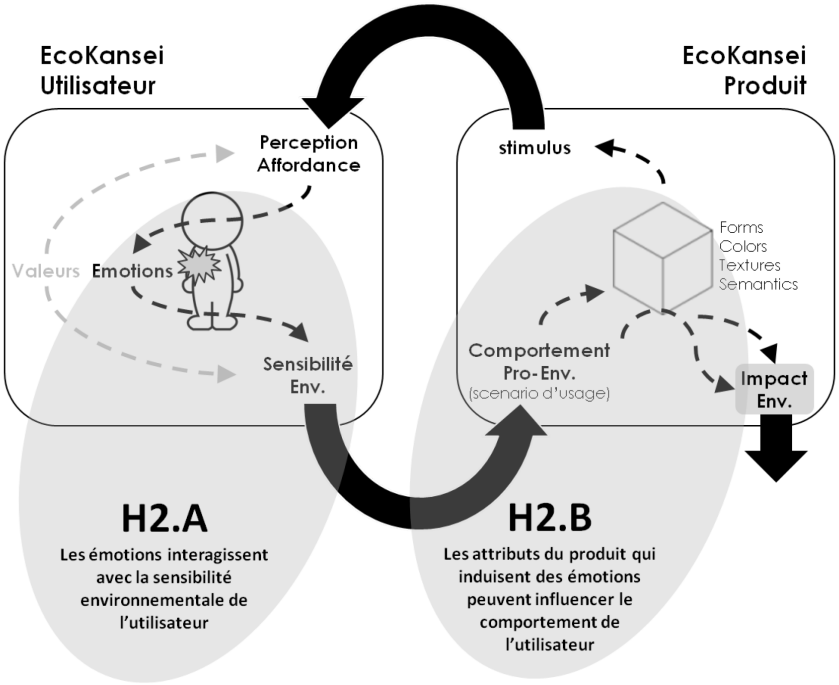


Figure 44. Modèle de compréhension des sous-hypothèses H2.A et H2.B

Les attributs Kansei mis en évidence dans l'hypothèse H2 sont les *Emotions.*

Comme nous l'avons souligné dans l'Etat de l'art, il existe un certain nombre d'émotions qui orientent la conscience des individus envers l'environnement **(Kollmuss & Agyeman, 2002)**. Notre apport vise à mettre en lumière de ces émotions qui orientent la sensibilité des individus. Ces émotions ne sont pas nécessairement des émotions typiquement associées aux problèmes environnementaux. Une fois associées à un contexte d'interaction avec un produit, elles peuvent évoquer une correspondance avec la sensibilité environnementale.

Ainsi, en démontrant l'hypothèse *H2.A : les émotions interagissent avec la sensibilité environnementale des utilisateurs,* nous formalisons le lien qui existe entre une émotion particulière et la sensibilité environnementale de l'utilisateur lors de l'interaction avec un produit. Cela permet de souligner le fait que les attributs Kansei peuvent avoir un impact sur la sensibilité environnementale de l'utilisateur.

Tandis qu'en démontrant l'hypothèse *H2.B : les attributs du produit qui induisent des émotions peuvent influencer le comportement de l'utilisateur*, nous évoquons la possibilité de ces émotions à engendrer des comportements pro-environnementaux grâce à un stimulus émotionnel associé à un attribut spécifique d'un produit. On démontre ainsi que les attributs Kansei orientées autour de la sensibilité environnementale, ou attributs EcoKansei, peuvent guident les utilisateurs à exécuter des actions pro-environnementales lors de l'interaction avec un produit.

Partie 4
Expérimentations

4. PARTIE 4 : EXPERIMENTATIONS 109

4.1. INTRODUCTION 109
4.1.1. ARTICULATION DES EXPERIMENTATIONS AUTOUR D'UN MODELE D'INTERACTION 109
4.1.2. POSITIONNEMENT DES EXPERIMENTATIONS EN PHASE AMONT DE LA CONCEPTION 111
4.1.3. CHOIX DU TYPE DE PRODUIT POUR L'APPLICATION 111
4.1.4. SELECTION D'OUTILS POUR LES EXPERIMENTATIONS 113
4.2. EXPERIMENTATION EXP1 : VALIDER LA PERTINENCE DES VALEURS PERSONNELLES DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS A FORTE ORIENTATION ENVIRONNEMENTALE 114
4.2.1. OBJECTIF DE L'EXPERIMENTATION EXP1 114
4.2.2. METHODE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 115
4.2.3. RESULTAT 1-1 : RECUEIL DE DONNEES 116
4.2.4. RESULTAT 1-2 : MODELE DE SEGMENTATION D'UTILISATEURS EN ECO-VALEURS 121
4.2.5. RESULTAT 1-3 : ANALYSE DE TACHE ET SCENARIO D'UTILISATION 127
4.2.6. RESULTAT 1-4 : GENERATION DE CONCEPT PAR UNE SEANCE DE CREATIVITE 134
4.2.7. RESULTAT 1-5 : CARACTERISATION DU CHAINAGE VALEURS-FONCTIONS-SOLUTIONS 142
4.2.8. SYNTHESE DE L'EXPERIMENTATION EXP1 143
4.2.9. LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EXP1 144
4.2.10. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION EXP1 AU REGARD DE L'HYPOTHESE H1 145
4.3. EXPERIMENTATION EXP2 : CONCEPTUALISER LES EMOTIONS STIMULATRICES DE COMPORTEMENTS PRO-ENVIRONNEMENTAUX DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS 147
4.3.1. OBJECTIF DE L'EXPERIMENTATION EXP2 147
4.3.2. METHODE DE L'EXPERIMENTATION EXP2 148
4.3.3. RESULTAT 2-1 : MAPPING DES EMOTIONS (130 EMOTIONS) 150
4.3.4. RESULTAT 2-2 : CONCEPTUALISATION DE L'EMOTION « CULPABILITE » ENVERS L'ENVIRONNEMENT EN CONCEPTION DE PRODUIT 156
4.3.5. SYNTHESE DE L'EXPERIMENTATION EXP2 172
4.3.6. LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EXP2 173
4.3.7. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION EXP2 AU REGARD DE L'HYPOTHESE H2 174
4.4. EXPERIMENTATION EXP3 : INTEGRER LES INFORMATIONS KANSEI DANS L'ECO-CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR ECOUSE 177
4.4.1. INTRODUCTION DE L'EXPERIMENTATION EXP3 177
4.4.2. CONTEXTE DU PROJET ECOUSE 177
4.4.3. RESULTATS DU PROJET ECOUSE ET APPORT DES EXPERIMENTATIONS PRECEDENTES 178
4.4.4. OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION EXP3 180
4.4.5. METHODE DE L'EXPERIMENTATION EXP3 180
4.4.6. RESULTATS 3 : CONCEPTION D'UNE MACHINE A CAFE PAR LA METHODE ECOUSE 182
4.4.7. RESUME ET LIMITES DE L'EXPERIMENTATION EXP3 186
4.5. BILAN DES EXPERIMENTATIONS 188

4. PARTIE 4 : EXPERIMENTATIONS

4.1. INTRODUCTION

4.1.1. Articulation des expérimentations autour d'un modèle d'interaction

Nous proposons de conduire 2 expérimentations EXP1 et EXP2 afin de valider nos hypothèses. La **Figure 45** représente la structure des hypothèses, ainsi que le positionnement des expérimentations qui sont mises en œuvre dans le cadre de leur validation.

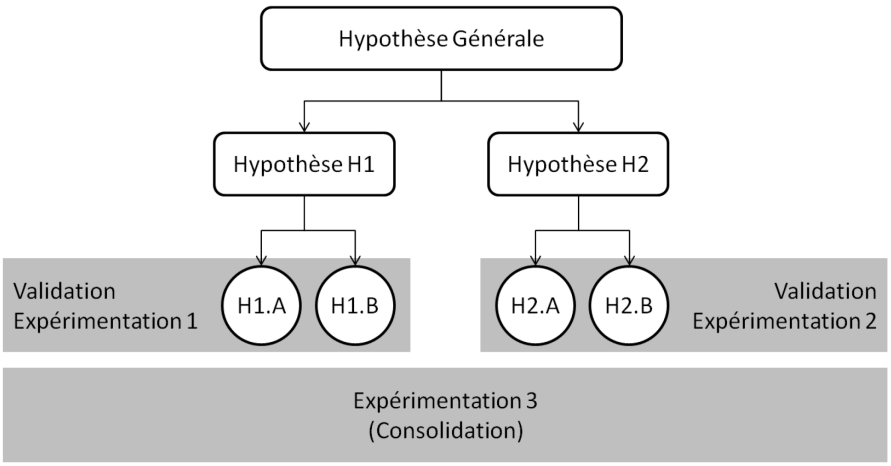


Figure 45. Positionnement des expérimentations sur la structure des hypothèses

Nous observons que :

- L'expérimentation EXP1 valide les deux sous-hypothèses H1.A et H1.B
- L'expérimentation EXP2 valide les deux sous-hypothèses H2.A et H2.B

La validation des sous-hypothèses respectives permet de valider chacune des deux hypothèses principales. Par conséquent, les deux sous-hypothèses H1.A et H1.B valident H1. Les deux sous-hypothèses H2.A et H2.B valident H2.

L'hypothèse H1 {.A ; .B} est validée par la première expérimentation EXP1, et l'hypothèse H2 {.A ; .B} par l'expérimentation EXP2. Par conséquent, à l'issue de ces expérimentations, nous pouvons conclure sur les réponses apportées à la question de recherche initiale et valider l'hypothèse générale H.

Par ailleurs, les outils et les méthodologies que nous mettons en œuvre lors des expérimentations viennent enrichir les résultats du projet support multipartenaire EcoUse. Une dernière expérimentation EXP3 est ainsi réalisée en collaboration avec le consortium de ce projet. Nous présentons le contexte du projet EcoUse dans le paragraphe **§ 4.4.2**, et nous voyons comment nos outils s'intègrent dans les objectifs de ce projet dans le cadre de la dernière expérimentation EXP3.

Une représentation synthétique des expérimentations est décrite en **Figure 46**. Cette représentation permet d'articuler les différents objectifs des expérimentations sur un même modèle.

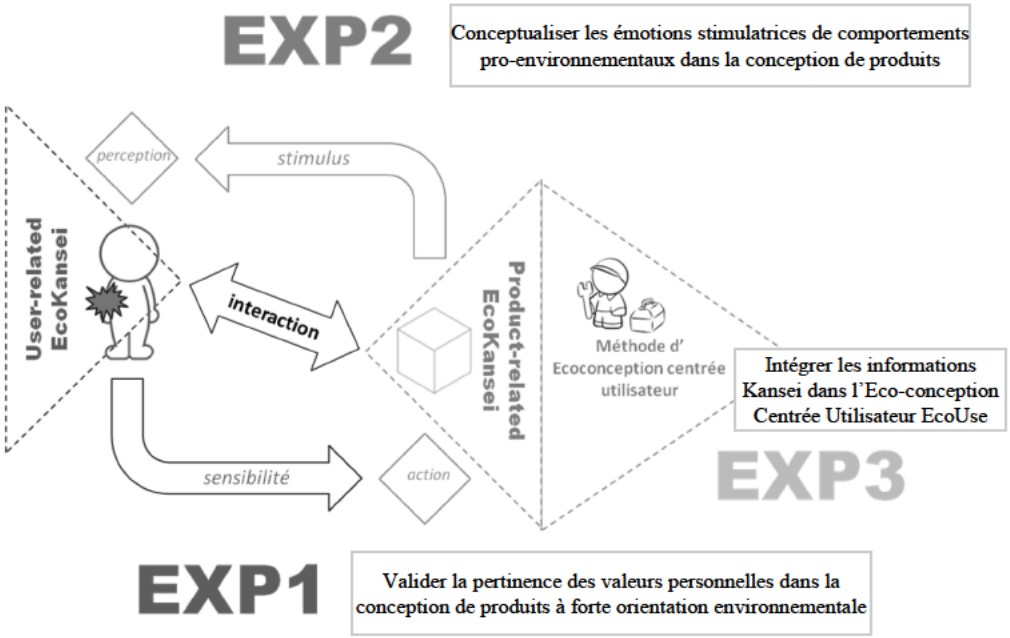


Figure 46. Modèle de représentation des expérimentations autour de l'interaction Homme-Produit

La question de recherche fait appel à 2 notions importantes qui sont récurrentes tout au long de cette étude : celle d'*individu* et celle d'*artefact*.

D'un côté, l'*individu* est représenté par un utilisateur. Il est défini par ses caractéristiques basiques que l'on retrouve communément dans les descriptions classiques d'individus (âge, sexe, taille, poids, etc.). Mais il est également représenté par d'autres attributs plus abstraits, plus subjectifs (culture, valeurs, style de vie, sensibilité etc.). Ces attributs de représentation subjectifs de l'utilisateur sont des informations Kansei transposables en conception. On peut les regrouper dans les catégories d'information à haut niveau d'abstraction. Le **Tableau 8** en page 74 de notre Etat de l'Art résume les différentes informations de conception dans le Kansei Design.

D'un autre côté, l'*artefact* est défini par un produit, un système ou un service sur lequel l'individu interagit. Les informations Kansei qui composent la description du produit sont dans une catégorie à bas niveau d'abstraction. Ce seront par exemple la forme, la couleur, la texture ou le matériau du produit.

L'interaction entre ces 2 aspects : l'*individu* et l'*artefact* constitue notre principal sujet d'observation. On considère que l'être humain induit par nature une part importante de subjectivité dans l'interaction. L'observation de cette part de subjectivité qui impacte l'interaction constitue l'essence de notre analyse. Cette analyse contribue à enrichir la compréhension objective de l'interaction en vue de la rendre plus modélisable.

Nous retrouvons dans ce modèle de la **Figure 46** les attributs EcoKansei internes à l'utilisateur ou *User-Related*, et les attributs Kansei présents sur un artefact ou *Product-Related*. L'interaction Utilisateur/Artefact est représentée sous forme de boucles d'interaction. Ce modèle est la représentation du cycle de cette interaction subjective. Nos expérimentations vont donc s'arrimer autour de ce modèle de représentation. Chaque partie de l'expérimentation va contribuer à valider une ou plusieurs parties de ce modèle. Et l'ensemble des expérimentations permet d'englober tout le modèle d'interaction. Le **Tableau 24** présente l'intitulé des expérimentations ainsi que les mots-clés correspondants.

Tableau 24. Intitulé des expérimentations

N°	Titre	H correspondante	Mots-clés
EXP1	Valider la pertinence des valeurs personnelles dans la conception de produits à forte orientation environnementale	H1	Valeurs, sensibilité environnementale, conception
EXP2	Conceptualiser les émotions stimulatrices de comportements pro-environnementaux dans la conception de produits	H2	Emotions, comportements, conception
EXP3	Intégrer les informations Kansei dans l'Eco-conception Centrée Utilisateur EcoUse	H	EcoUse, Eco-conception Centrée Utilisateurs

(1) La première expérimentation EXP1 vérifie qu'il est tout à fait possible de générer des concepts de produits à forte orientation environnementale en prenant en compte des informations subjectives dans la définition de son utilisateur, telles que les valeurs personnelles.
(2) La deuxième expérimentation EXP2 formalise un lien spécifique entre une information subjective caractérisée par une émotion et la sensibilité environnementale de l'utilisateur dans le cadre de la conception d'un produit.
(3) La troisième expérimentation EXP3 consolide le principe général en proposant de dérouler une partie du principe d'intégration dans une méthodologie d'Eco-conception Centrée Utilisateur.

4.1.2. Positionnement des expérimentations en phase amont de la conception

Notre champ d'action se positionne en phase amont de la conception de produit. Nous avons défini dans notre Etat de l'Art les caractéristiques de cette phase amont de la conception, voir paragraphe **§ 2.5.3**, ainsi que la **Figure 33** qui présente le positionnement de la phase amont dans le processus de conception d'Ulrich & Eppinger. Nous positionnons nos trois expérimentations autour de ce modèle de processus. Chaque étape de ce processus est alors illustrée dans les expérimentations à l'aide d'outils spécifiques. Les détails de ces outils sont présentés dans les paragraphes de présentation des expérimentations.

4.1.3. Choix du type de produit pour l'application

Les 3 expérimentations menées dans cette thèse comportent des étapes de génération de concept afin de reprendre une étape du processus de conception de produit. Pour garder une cohérence linéaire entre les expérimentations, nous garderons le même type de produit tout au long des trois expérimentations. Notre cas d'application porte sur la consommation de café et l'artefact qui permet cette consommation.

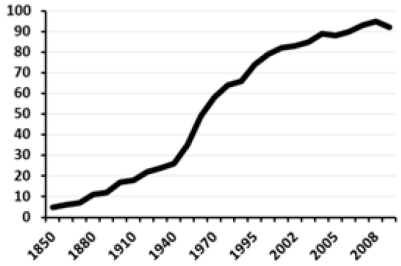


Figure 47. Evolution annuelle de la consommation de café dans le monde, en millions de sacs de 60kg (Source 1 : UNCTAD)[2]

Le café est produit dans plus de 70 pays, et est consommé partout dans le monde. La consommation mondiale de café avoisine les 93 millions de sacs de 60kg en 2010. UNCTAD[3] en est venue à cette conclusion en compilant les données de la publication de **(Bacha, Greenhill, & (Firm), 1992)** et la revue annuelle de l'ICO (International Coffee Organization) **(ICO, 2012)**. La première place des plus gros consommateurs de café revient aux Néerlandais dont la consommation par personne avoisine les 2,4 tasses par jour [4]. Pour la France en particulier, la consommation journalière moyenne de café est de 0,7 tasses par jour ramenée au nombre de personnes.

Ces informations sont suffisantes pour affirmer que le café est une denrée dont la consommation reste importante au regard de la densité de la population dans le monde. La consommation de café est une pratique courante, à laquelle toute personne est confrontée à un moment ou à un autre. L'utilisation d'une machine à café est ainsi à la portée de tous. Notre choix de produit se porte donc sur la conception de machine à café. Son utilisation dans le cadre de notre étude permettra la recherche de participants, et faciliter leurs intégration pour le besoin de nos expérimentations, et de maximiser ainsi la pertinence des informations.

De plus, notre champs d'étude est orienté autour de la phase d'utilisation. Il est donc primordial que le produit sur lequel nous allons effectuer notre mission ait une part élevée concernant la phase d'utilisation au regard de sa durée de vie. La machine à café est un produit de consommation qui est destinée à l'usage. Les données confirment qu'elle fait partie des produits de catégorie D **(Wimmer & Züst, 2003)**, dont la phase d'utilisation est la plus impactante en termes environnementales sur l'ensemble de son cycle de vie.

Et enfin, en termes de technicité, une machine à café classique embarque une technologie accessible, avec des composants fonctionnels simples. Certes les dernières avancées en termes de machines à café embarquent aujourd'hui des composantes plus évoluées, mais cette complexité reste néanmoins accessible, les fonctions basiques restant intactes. Par exemple, une machine à café à filtre classique comporte une plaque chauffante alimentée par un circuit électrique, un ensemble de réservoirs relié par un circuit d'eau et un réceptacle. Un système de chauffage chauffe l'eau stockée dans un réservoir. L'eau bouillante est entraînée par la vapeur d'eau et circule à travers un tuyau jusqu'au filtre rempli de café moulu. Les gouttes d'eau chaude tombent sur le café moulu. Le café est lentement filtré jusqu'au réceptacle. Le système est donc suffisamment simple pour permettre une marge de manœuvre dans le cadre d'une personnalisation. Le potentiel d'évolution du concept est donc

[2] Source photo : nih.gov | coffeeinated.com
[3] Source 1 : http://www.unctad.info/en/Infocomm/Beverages/Coffee-French-version-only/Market/
[4] Source 2 : http://www.theatlantic.com/business/archive/2014/01/here-are-the-countries-that-drink-the-most-coffee-the-us-isnt-in-the-top-10/283100/

important. On dispose d'une grande liberté en travaillant sur des concepts de machine à café. Cela laisse place à plusieurs possibilités lors des séances de créativité.

Compte tenu de ces différentes raisons, notre choix de produit se porte donc sur la conception de machine à café. Nous organisons les expérimentations autour de la conception d'une machine à café.

4.1.4. Sélection d'outils pour les expérimentations

Le **Tableau 25** présente un aperçu des outils que nous mettons en œuvre dans le cadre de ces expérimentations. Nous avons 3 catégories d'étapes qui correspondent aux étapes de la phase amont de la conception. Le positionnement de notre approche autour de la phase amont de la conception est illustré dans la **Figure 33** en page 73.

Tableau 25. Aperçu des outils utilisés dans les expérimentations

	Questionnaire	Interview	Observation	Brainstorming	Persona + Scenario
Recueil d'information	X		X		
Production Créative				X	
Evaluation	X	X	X		X

Pour recueillir l'information, nous utilisons le Questionnaire que nous complétons par une séance d'observation. Pour réaliser la production créative, nous utiliserons un brainstorming dans le cadre de séances de créativité. Pour réaliser l'évaluation, nous optons pour une mise en situation de l'utilisateur sous forme de questionnaire avec scénario d'utilisation, éventuellement appuyées par une interview à postériori. Ces différents outils sont donc mis en œuvre tout au long des trois expérimentations.

4.2. EXPERIMENTATION EXP1 : Valider la pertinence des valeurs personnelles dans la conception de produits à forte orientation environnementale

4.2.1. Objectif de l'expérimentation EXP1

Cette première expérimentation a deux objectifs. Dans un premier temps, la phase de recueil de données qui la compose constitue une étape préambule à la réalisation de futures expérimentations. Il s'agit donc d'une pré-expérimentation. Dans un second temps, l'objectif est la recherche d'une réponse pour la validation de la première hypothèse H1 : **« Les Valeurs peuvent s'intégrer dans la définition des profils environnementaux des utilisateurs d'un produit lors de sa conception ».** Cela suppose qu'il est possible de concevoir des produits à faible impact environnemental avec une prise en compte des dimensions subjectives associées au Kansei dans la définition de l'utilisateur. A l'issue de cette première expérimentation, on s'attend donc à valider ou à invalider cette première hypothèse.

L'expérimentation s'inscrit dans le cadre de l'interaction d'un utilisateur avec un artefact. Elle s'articule autour du modèle d'interaction Homme-Produit que nous avons précédemment introduit dans le paragraphe **§ 4.1.1**. La **Figure 48** reprend ce modèle d'interaction et précise l'enchainement correspondant à la première expérimentation.

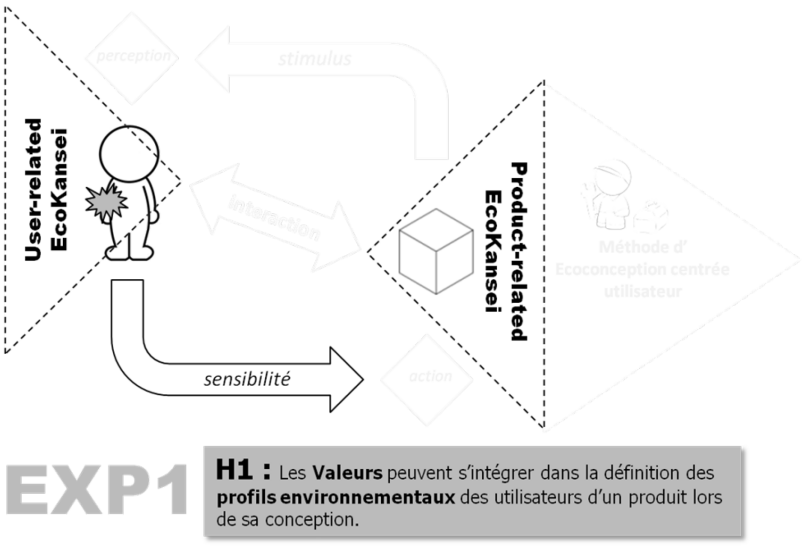


Figure 48. Positionnement de l'expérimentation 1

Nous nous intéressons aux attributs EcoKansei. Pour rappel, nous appelons par Attributs EcoKansei les attributs Kansei qui se rapportent à la sensibilité environnementale. Comme nous l'avons défini dans le paragraphe **§ 4.1.1**, nous retrouvons dans cette représentation les attributs EcoKansei internes à l'utilisateur ou *User-Related*, et les attributs Kansei présents sur un artefact ou *Product-Related*. L'interaction Utilisateur/Artefact est représentée sous forme de boucles d'interaction. Une boucle d'interaction relate l'enchainement qui entraine un utilisateur à effectuer une action spécifique en adéquation avec le sens de ces Attributs EcoKansei. Cette action est le résultat de la présence d'Attributs EcoKansei inhérents à l'utilisateur, ou *User-related EcoKansei* qu'on retrouve sur cette figure.

Dans cette expérimentation EXP1, on cherche à montrer que les attributs EcoKansei internes à l'utilisateur sont modélisables. Nous considérons ces attributs EcoKansei jusqu'à leur transcription et leur intégration dans les caractéristiques de conception. Par la suite dans l'expérimentation suivante, nous verrons que ces attributs EcoKansei jouent un rôle essentiel dans les comportements de l'utilisateur puisqu'ils sont en accord avec leur sensibilité environnementale. Nous réservons la transcription de ces comportements de l'utilisateur pour l'expérimentation EXP2.

Il existe un certain nombre d'attributs Kansei associés à l'utilisateur. L'attribut Kansei que nous proposons de tester dans le cadre de cette expérimentation rentre dans la catégorie des *Valeurs personnelles*. Le **Tableau 26** résume l'hypothèse H1 et les deux sous-hypothèses H1.A et H1.B.

Tableau 26. Résumé de l'hypothèse H1 et des sous-hypothèses H1.A et H1 B

Hypothèse H1 : Les Valeurs peuvent s'intégrer dans la définition des profils environnementaux des utilisateurs	
H1.A : *Valeurs → Eco-valeurs* Les valeurs personnelles peuvent être segmentées en groupes d'éco-valeurs	**H1.B : *Valeurs → Eco-produit*** Il est possible de concevoir un produit à usage responsable envers l'environnement en intégrant les valeurs personnelles

4.2.2. Méthode de l'expérimentation EXP1

Cette première expérimentation comporte deux composantes : une composante pré-expérimentale constituée par une phase de recueil de données *(data gathering)*, complétée par une analyse de tâche *(task analysis)*, et ensuite une composante de génération de concepts *(concept generation)*. La mise en œuvre de l'expérimentation est appuyée par différents outils utilisés dans chacune de ces composantes. La **Figure 49** représente le synoptique de l'expérimentation EXP1, avec les 5 grandes étapes correspondantes.

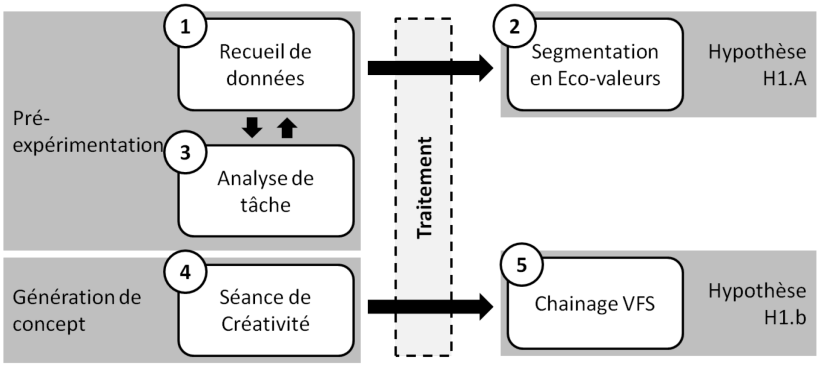


Figure 49. Synoptique de l'expérimentation EXP1

Chaque étape correspond à une démarche qui a conduit à un résultat :

(1) Recueil de données **(§ 4.2.3)** → *Résultat 1-1*
(2) Segmentation en éco-valeurs **(§ 4.2.4)** → *Résultat 1-2*
(3) Analyse de tâche **(§ 4.2.5)** → *Résultat 1-3*
(4) Séance de créativité **(§ 4.2.6)** → *Résultat 1-4*
(5) Chainage V-F-S **(§ 4.2.7)** → *Résultat 1-5*

La première étape de cette première expérimentation vise à mieux comprendre les dimensions de l'EcoKansei de l'utilisateur. Nous avons donc initié dans cette étape un

recueil d'informations sur l'utilisateur. L'outil que nous avons utilisé pour collecter des données sur les utilisateurs est un questionnaire web. Le questionnaire en ligne a été conçu à l'aide d'un logiciel libre qui s'appelle LimeSurvey. Il a été réalisé de Février à Mars 2012 et diffusé à travers un panel d'utilisateurs répartis sur 2 zones géographiques : France et Brésil. Le questionnaire est composé de 98 questions réparties sur 7 sections. Ce questionnaire permet de récolter des informations importantes sur l'utilisateur, qui partent des informations plus basiques aux plus précises : catégorie socioprofessionnelles, habitudes de consommation, styles de vie, valeurs personnelles, connaissances et comportements envers l'environnement, et comportement envers un type de tâches et de produits spécifiques.

Le traitement de ces informations permet de dresser un profil utilisateur type. En recoupant ces différentes informations avec des données d'études empiriques sur le comportement environnemental de l'utilisateur, nous dressons une correspondance des profils environnementaux de l'utilisateur avec les caractéristiques Kansei. Plus que le résultat lui-même, nous pourrons ainsi démontrer la possibilité de modéliser l'utilisateur en fonction de la dimension EcoKansei. Le contenu des différentes sections du questionnaire est disponible en annexe.

Une séance d'analyse de tâche permet de compléter les informations recueillies dans le questionnaire. La tâche observée concerne la consommation de café. L'analyse de la tâche observée permet de constater la différence qui existe entre ce qui est généralement exprimé par l'utilisateur dans les réponses aux questionnaires et ce qui est vraiment réalisé. L'analyse de la tâche permet également de mettre en lumière l'importance de la prise en compte d'autres facteurs qui interagissent dans la conscience environnementale comme la culture, les valeurs personnelles ou l'expérience.

Une séance de créativité vient compléter la démarche de l'expérimentation EXP1, en recentrant les résultats dans une démarche de conception de produits. L'étape de conception ciblée est la phase de génération d'idées (voir **Figure 33** en page 73). L'outil de créativité qui est utilisé dans le cadre de cette génération d'idées est le brainstorming. Cette étape permet de démontrer la possibilité de générer des concepts de produit qui tiennent compte des caractéristiques de l'utilisateur, en particulier de ses valeurs personnelles vis-à-vis de la dimension EcoKansei. Ce résultat met en avant la relation entre les valeurs subjectives et un concept de produit, et caractérise ainsi ce lien spécifique par l'intermédiaire du chainage cognitif Valeurs-Fonctions-Solutions (voir chapitre **§ 2.5.5** sur la théorie du chainage cognnitif).

4.2.3. Résultat 1-1 : recueil de données

4.2.3.1. Introduction

La première étape de l'expérimentation est le recueil de données. Elle est représentée sur le synoptique de l'expérimentation EXP1 de la **Figure 49** en page 115.

Le questionnaire comporte un nombre important de questions (98 questions). Le temps nécessaire à sa finalisation (approximativement 45mn) est susceptible de rebuter les répondants et de les freiner dans la réalisation du questionnaire. Une structure du questionnaire, divisée en sections permet de compenser cet inconvénient car elle limite l'impression de volume. Le nombre de questions par sections est considérablement réduit par rapport à l'ensemble du questionnaire. Nous avons donc défini 7 sections pour partager les questions de telle manière que les réponses peuvent se faire de manière distincte entre les sections. Les utilisateurs répondent à chaque section du questionnaire à leur rythme. Si le temps imparti ne leur a pas permis pas de terminer le questionnaire en une seule fois, ils ont été libres de s'arrêter à chaque fin de section pour reprendre plus tard. Le contenu du

questionnaire est disponible en annexe. Le **Tableau 27** résume les différentes sections du questionnaire.

Tableau 27. Répartition des sections du Questionnaire

		Nb Questions	Description
Section 1	Informations basiques, CSP	16 questions	Une partie de base avec des informations générales, telles que l'âge, le sexe, la situation professionnelle, niveau d'éducation, etc,
Section 2	Style de vie en général	10 questions	Une série de questions sur leur mode de vie en général, comme leur régime alimentaire, s'ils pratiquent un sport ou non, etc,
Section 3	Valeurs personnelles	02 questions	Leurs valeurs personnelles, et comment ces valeurs peuvent influencer plus ou moins important, le comportement quotidien,
Section 4	Rapport avec l'environnement	17 questions	Attitudes générales au sujet de leur relation avec l'environnement
Section 5	Habitudes comportementales	23 questions	Consommation de café
Section 6	Habitudes comportementales	20 questions	Utilisation du réfrigérateur
Section 7	Habitudes comportementales	10 questions	Utilisation de la salle de bain

Nous nous sommes inspirés de données existantes pour réaliser une partie questionnaire : le questionnaire de segmentation de DEFRA pour la sensibilité environnementale **(DEFRA, 2008)**, le questionnaire de style de vie du projet Tvi pour les sections sur les valeurs et le style de vie **(Lim, 2003).** Le **Tableau 28** résume les différentes études sources d'inspiration du questionnaire.

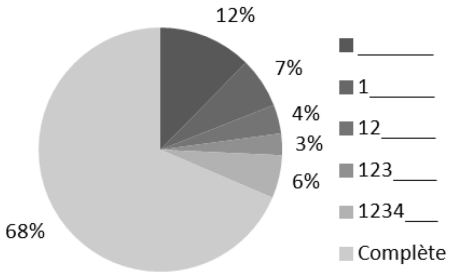
Tableau 28. Sources d'inspiration pour la réalisation du questionnaire de l'expérimentation EXP1

		DEFRA (DEFRA, 2008)	TVI (Lim, 2003)	Réalisations personnelles
Section 1	Informations basiques, CSP	(X)	(X)	(X)
Section 2	Style de vie en général		(X)	(X)
Section 3	Valeurs personnelles		(X)	
Section 4	Rapport avec l'environnement	(X)		
Section 5	Habitudes comportementales (café)			(X)
Section 6	Habitudes comportementales (réfrigérateur)			(X)
Section 7	Habitudes comportementales (savon)			(X)

Compte-tenu des différences des participants en termes de nationalité, le questionnaire donc a été traduit en 3 langues : française, portugaise et anglaise pour la population brésilienne.

4.2.3.2. Résultat du recueil de données

De manière quantitative, pour la période de Février à Mars 2012, la campagne d'enquête par internet a permis de récolter 105 réponses, dont certaines ne sont pas complètes sur toutes les sections. Parmi les répondants, nous avons dénombré 72 personnes qui ont rempli totalement les 7 sections du questionnaire : 72 réponses complètes dont 45 issues de la population brésilienne et 27 issues de la population française.



Légende	Description	Nombre
_____	Commencée, sans aucune section complétée	13
1_____	Complétée uniquement pour la section 1	7
12_____	Complétée jusqu'à la section 2	4
123____	Complétée jusqu'à la section 3	3
1234___	Complétée jusqu'à la section 4	6
1234567	Complétée sur toutes les sections	72
Total général		105

Figure 50. Distribution des réponses complètes

4.2.3.3. Distribution des résultats

Nous présentons ici des critères de distribution des résultats. Voici quelques informations intéressantes au regard des données recueillies lors de cette enquête :

- *Distribution Homme-Femme* : l'échantillon des répondants est décrit ci-dessous en termes de disparité Homme-Femme. Bien que le sexe ne constitue pas un paramètre de distinction en ce qui concerne la conscience environnementale, nous avons tout de même relevé une bonne équitabilité entre les deux sexes parmi les 72 réponses complètes obtenus : 47% de femme et 53% d'homme.

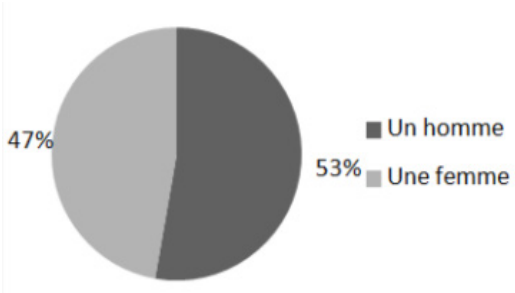


Figure 51. Distribution de répondants masculins et féminins.

- *Distribution de l'âge* : la moyenne d'âge se situe entre 21 et 40 ans, avec un pourcentage important entre 26 et 30 ans. Ceci peut d'expliquer par le canal d'envoi du questionnaire (web). La couche de population qui est la plus à l'aise avec les technologies numériques se trouve justement dans cette tranche d'âge 21-40 ans.

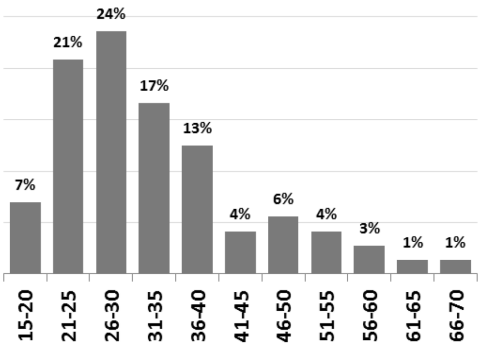


Figure 52. Distribution de l'âge

- *Distribution Géographique* : On a recensé un pourcentage un peu plus important de brésiliens, par rapport aux français, sur l'ensemble des répondants.

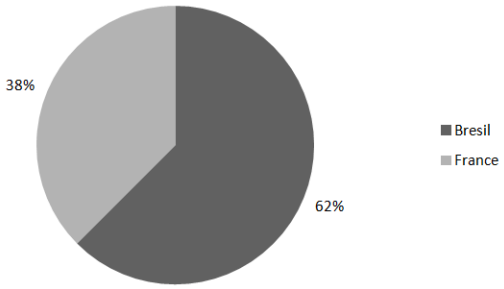


Figure 53. Distribution Géographique

- *Catégorie Socioprofessionnelle* : Parmi les 72 répondants, nous avons recensé pour près de la moitié (51%) des personnes ayant un travail stable à temps plein. L'autre moitié concerne les travailleurs temporaires, à durée déterminée, ou étudiants. Parmi les personnes ayant un travail stable à temps plein, on retrouve une majorité de cadres ou ayant une profession appelant un niveau intellectuel supérieur pour près de 64%.

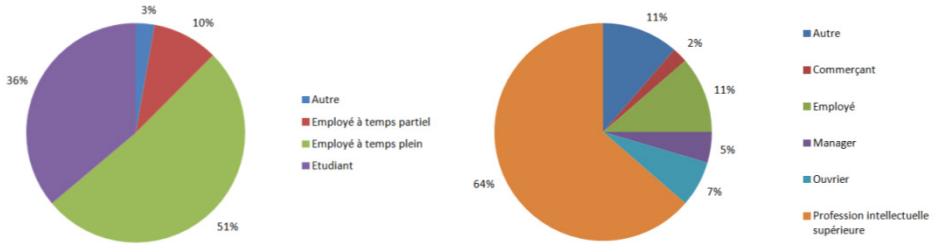


Figure 54. Catégories Socioprofessionnelles

- *Sur la consommation de café* : parmi les 72 personnes de notre panel, 58 % possèdent une machine à café, dont la majorité possède un appareil classique à filtre. Les 76 % du panel qui consomme du café, le font plus fréquemment dans la semaine dans le but de rester réveillé pour se consacrer davantage à leur travail ou à leurs études. Les

moments de la journée où le café est le plus fréquemment consommé sont le petit déjeuner, puis le déjeuner et l'après-midi, rarement le soir.

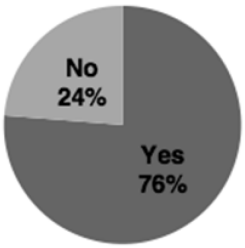


Figure 55. Distribution des consommateurs de café : « Consommez-vous du café ? »

- *Motif de consommation* : Pour une majorité, la consommation de café est associée à une période de conversation avec une autre personne, que ce soit au travail ou chez eux. L'entretien des relations sociales est donc une valeur importante associée à la consommation de café. On retrouve aussi dans les lignes plus bas que les relations sociales font partie des valeurs les plus importantes aux yeux des répondants, déduits des enquêtes réalisées. On peut ainsi dire que les deux motifs principaux pour lesquels les répondants consomment du café sont le maintien des contacts sociaux (amis, famille, proches) et la volonté d'obtenir de l'énergie. La famille s'associe à la tradition. On peut donc déduire que la tradition qui est une valeur considérée importante par les répondants est associée à la consommation de café.

- *Connaissance des avantages et méfaits da la consommation de café* : 67 % des répondants ignorent qu'il existe des bénéfices pour la santé associés à la consommation de café. En revanche 50 % affirment savoir quels sont les dangers de sa consommation. Seulement 22 % de ces derniers citent les inconvénients associés à la consommation de café. Nous pouvons ainsi en conclure plus d'information est nécessaire au sujet de l'identification de ces avantages pour favoriser la consommation du café.

- *Connaissance du cycle de vie du produit* : 24 % des personnes interrogéers disent ne pas savoir quelle est la phase du cycle de vie d'une machine à café la plus polluante. 13 % pensent que c'est l'extraction de matériaux et seulement 11 % pensent que c'est la phase d'usage. L'impact de la phase d'usage sur l'environnement est mal perçu par l'utilisateur. L'influence du comportement d'utilisation sur l'efficience environnementale du produit n'est pas considérée. En revanche, 46 % des individus ont une bonne opinion d'eux-mêmes sur l'utilisation de leur machine à café et ils pensent en effet qu'ils l'utilisent de manière efficiente. Néanmoins, on relève que 6 % affirment ne pas éteindre leur machine à café après utilisation. Ceci révèle que malgré une conscience environnementale correcte, le manque d'information sur le sujet peut conduire à faire des actions ou des non-actions involontaires qui peuvent souvent être aussi impactantes pour l'environnement. Informer l'utilisateur est donc une piste potentielle pour garantir un usage correct d'un produit.

- *Valeurs personnelles* : La **Figure 56** suivante présente la classification des valeurs personnelles que l'ensemble des répondants jugent les plus importantes lorsqu'ils les

associent à la consommation de café. La question posée a été : *Do you associate some of the following values with coffee drinking? If so, please select them*. Leur choix se porte sur une liste de valeurs de référence choisies en fonction de l'objectif de consommation de café. Les quatre premières valeurs que l'on retrouve sont les valeurs de *Coexistence*, de *Stimulation*, de *Liberté* et de *Tradition*. Cette classification concerne l'ensemble des 72 répondants. Elle est intéressante du point de vue global car elle donne une idée des valeurs les plus importantes pour cet échantillon.

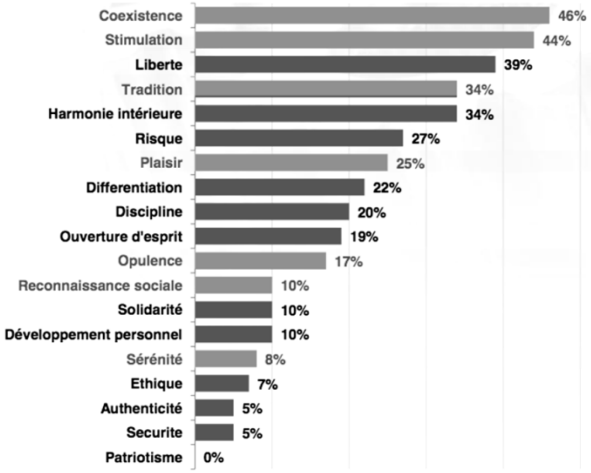


Figure 56. Valeurs personnelles les plus citées associées à la consommation de café

4.2.3.4. Conclusion du recueil de données

En conclusion, on peut noter la richesse des informations obtenues (par le nombre important de questions et la diversité des réponses proposées), et également noter le fait que les répondants sont répartis sur 2 positionnements géographiques différents. Les données recueillies offrent une large possibilité de traitement, qu'elles soient complètes ou incomplètes. En effet, les parties incomplètes sont également utilisables et peuvent faire l'objet d'un traitement à part ultérieurement. Chaque section pouvant être traitée séparément selon l'objectif de l'analyse. De manière plus directe, les données recueillies nous ont permis de nous positionner sur le choix de nos participants et aussi générer les autres résultats de l'expérimentation EXP1. Avec cet ensemble de données, une multitude d'exploitation est envisageable, ne serait-ce que de pouvoir procéder à des affinements ou des recoupements par rapport aux autres informations obtenues, selon le type de conclusion que l'on souhaite obtenir.

4.2.4. Résultat 1-2 : Modèle de Segmentation d'utilisateurs en éco-valeurs

4.2.4.1. Introduction

La première étape de l'expérimentation est le recueil de données. Elle est représentée sur le synoptique de l'expérimentation EXP1 de la **Figure 49** en page 115. Le traitement des informations issues du questionnaire a permis de dégager un second résultat intéressant avec l'élaboration d'un modèle de segmentation d'utilisateurs en éco-valeurs. Le croisement des informations obtenues avec des résultats d'études existantes sur la sensibilité environnementale a permis de valider l'hypothèse H1.A.

Dans le but de proposer une modélisation de l'utilisateur, nous nous sommes orientés sur une méthode de segmentation. En effet, le fait de segmenter par profils d'utilisateur est un moyen de cartographier les différences interindividuelles. Cette cartographie est une forme de

modélisation. Elle contient les informations sur l'utilisateur qui permettent d'orienter les choix de conception.

Pour atteindre notre objectif de modélisation par segmentation, nous avons appliqué deux approches existantes de la segmentation des individus:

- Le comportement environnemental **(DEFRA, 2008)**, et
- Les valeurs personnelles des individus **(Rokeach, 1973)**.

D'une part, DEFRA a proposé une étude très détaillée qui permet de regrouper les citoyens en fonction de leurs comportements et de leurs attitudes à l'égard des questions de l'environnement **(DEFRA, 2008).** Nous reprenons les résultats de cette étude afin d'enrichir notre modèle (voir dans l'Etat de l'Art, paragraphe **§ 2.6.6**).

D'autre part, l'approche des valeurs est une démarche intéressante. L'approche RVS de Rokeach a été utilisée dans la recherche en marketing pour identifier les valeurs des consommateurs **(Rokeach, 1973).** Celles-ci sont utilisés dans la publicité **(Valette-Florence, 1994)** puis introduites en conception afin de développer des produits qui répondent à ces valeurs **(Bouchard, 1997)**.

Nous proposons dans notre étude de fusionner ces deux approches de segmentation afin d'enrichir la segmentation proposée par DEFRA en intégrant les valeurs humaines proposées par Rokeach. Nous pouvons ainsi identifier des groupes de valeurs potentiels **(Kamakura, 1992)** qui peuvent être associés à la sensibilité environnementale.

Les données recueillies lors du Questionnaire permettent de constituer une base de données pour mettre en œuvre la démarche de segmentation. Nous pouvons ainsi proposer une segmentation des utilisateurs de produits orientée autour de leurs valeurs personnelles et leur sensibilité environnementale.

En identifiant les deux types de jeu de données extraites du questionnaire : le comportement environnemental d'un côté (attitude, habitudes ou comportements de tous les jours de la vie à l'égard de l'environnement), et les valeurs personnelles de l'autre côté, nous sommes en mesure de définir un profil.

Afin de définir une segmentation des profils utilisateurs, une étape importante est l'identification des critères. Il est tout d'abord nécessaire d'identifier ces critères, puis d'extraire l'information qui permet la mesure de ces critères en analysant les réponses des utilisateurs à partir des données recueillies. Nous utilisons les données du questionnaire pour extraire les critères. Selon les principes du DEFRA, les critères, pour la conscience environnementale sont :

- la volonté d'action ou *Willingness to Act* (WA) et
- la capacité d'action ou *Ability to Act* (AA).

En d'autres termes, la conscience de l'environnement peut être modélisée par des informations liées à la capacité d'action et la volonté d'action des individus. La segmentation représentant la sensibilité environnementale est illustrée par une cartographie sous deux axes (voir **Figure 57**). Les deux axes représentent les critères : capacité d'agir – Ability to Act – et volonté d'agir –Willingness to Act – **(DEFRA, 2008).** Cette représentation proposée par le DEFRA **(DEFRA, 2008)** identifie des segments d'utilisateurs associés à leur comportement envers l'environnement. Nous utilisons cette représentation comme modèle afin d'intégrer des informations associées aux valeurs personnelles.

Sur la base des réponses relevées dans le questionnaire, nous avons sélectionné 5 questions influentes qui correspondent à ces critères (Voir **Tableau 29** et **Tableau 30**).

Tableau 29. Cinq questions sélectionnées influant sur la capacité d'action – ability to act –

Catégorie	Questions	Réponses	Score
CSP	What is your current professional status?	Full time job	1000
		Part time job	100
		Unemployed	-1000
		Student	-10
		Military (part of the army)	0
		Retired	-1000
		Housewife	-1000
		Other	0
Revenus	What is your income bracket? (in % of the minimum salary of the country) [France=1398€, Brazil=622 R$] *	Less than 50%	-1000
		50%-75%	-1000
		75%-100%	-10
		100%-200%	10
		200%-300%	100
		More than 300%	1000
		Unknown	0
		Other	0
Connaissance	How much do you know about these terms? Climate Change-Global Warming, Carbon Footprint, CO2 emission, Biodiversity	A lot	1000
		A fair quantity	10
		A little	-10
		Nothing	-1000
Matériel	What kind of fridge do you have?	Large [500L or more]	1000
		Medium [between 500L-200L]	100
		Small [Less than 200L]	-100
		Mini-frigo	-1000
		1 door (without freezer)	-1000
		1 door (with freezer)	-100
		2 doors (Fridge on top)	100
		2 doors (Freezer on top)	100
		2 doors (Side by side)	1000
		With an ice-maker	1000
		Other options	0
Matériel	Do you have a water heating system?	Electric resistance on the shower	1000
		Electric water heater (for all water supply)	10
		Gas water heater (central)	-100
		Central water heater for the entire building	-1000
		I do not have water heating system	-1000

Tableau 30. Cinq questions sélectionnées influant sur la volonté d'action – willingness to act -

Catégorie	Questions	Réponses	Score
Motivation	Which of these statements do you agree with : The labels of foods and beverages are hard to understand I never read the information in food and drinks containers regarding ingredients, calories, fat or sugar additives	Yes	-1000
		Uncertain	0
		No	1000
Habitudes	Do you leave the heat/air conditioning "on" when you go out for a few hours?	Always	-1000
		Often	-1000
		A lot	-100
		Sometimes	10
		Never	1000
Habitudes	Do you leave the TV or computer in "stand by" mode for a long period of time?	Always	-1000
		Often	-1000
		A lot	-100
		Sometimes	10
		Never	1000
Habitudes	Do you try to avoid keeping the fridge door open too long?	Never	1000
		Sometimes	10
		Often	-1000
		Always	-1000
Comportement	Do you recycle your waste before throwing it into the common trash?	Always	1000
		Quite a lot	1000
		Often	100
		Occasionally	-10
		Will probably do it	10
		Tried to do it but give up	10
		Thinking about doing it	-10
		Thought about it but will probably not	-100
		Do not think will do	-1000
		Do not want to	-1000

Comme relaté dans les deux tableaux précédents, Pour l'axe de *volonté d'action – willingness to act* – (WA), les 5 questions retenues sont celles qui concernent par exemple les habitudes des individus en matière d'économies d'énergie et de recyclage. Tandis que pour l'axe de *capacité d'action – ability to act* – (AA), les questions retenues sont celles qui concernent les revenus et les possibilités d'accès et la disponibilité des produits (voir **Figure 57**).

Chaque possibilité de réponse aux 5 questions est par la suite pondérée par un **score** sur une échelle logarithmique, afin de leur associer une valeur chiffrée correspondante au degré de sensibilité environnementale spécifique à leur réponse. Ainsi, en comptabilisant les scores pour chaque groupe de 5 questions, on obtient pour chaque utilisateur 2 scores finaux : score AA et score WA. Ces scores seront les coordonnées qui permettront de positionner graphiquement chaque utilisateur sur le graphique de référence.

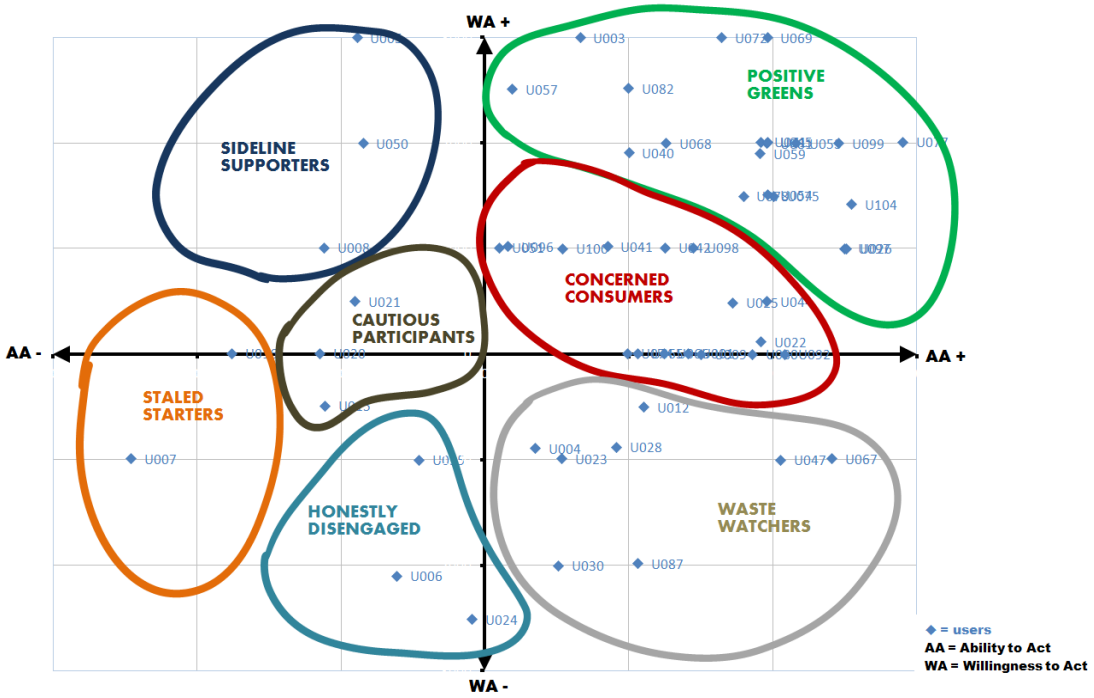


Figure 57. Cartographie représentant la distribution d'un échantillon de 72 utilisateurs sur le modèle de segmentation de DEFRA.

Ainsi comme le montre la **Figure 57**, en récupérant les informations recueillies auprès d'un échantillon de 72 répondants, nous pouvons établir une cartographie sue deux axes, représentant la *volonté d'action* – willingness to act –, et la *capacité d'action* – ability to act – , selon la base méthodologique de segmentation de DEFRA **(DEFRA, 2008).**

Par la suite, afin d'enrichir cette segmentation, nous avons intégré les informations recueillies auprès de ces utilisateurs concernant les valeurs. Dans la section 3 du questionnaire – voir **Tableau 27** –, nous avons demandé aux répondants de choisir et de classifier les valeurs qui leur semblent le plus important dans une société idéale. Le détail de la question posée est présenté dans le **Tableau 31**.

Tableau 31. Question sur les valeurs

Catégorie	Question
Valeurs	From the following list of values, can you select which of them are the 5 most important in your opinion? Click on an item in the list on the left, starting with your highest ranking item, moving through to your lowest ranking item Rank at least 5 items please Please number each box in order of preference from 1 to 5 Hedonism (pleasure, optimism, happiness, sensuality) Inner harmony (self respect, wisdom, self control, spirituality, serenity) Safety (life security) Health Sincerity (honesty, authenticity, purity) Social recognition (sense of belonging) Discipline (order) Courage (dynamism, adrenaline, stimulation, exciting life) Exciting Life (dream, stimulation, imagination, emotion) Differentiation (customization, auto-expression, aesthetics, embellishment) Ethics (respect of Environment, Human Rights, peace, equality) Open-mindedness (tolerance, indulgence) Generosity (solidarity) Risk (Transgression) Freedom (autonomy, liberty) Tradition (compliance, conformity) Family Fidelity Politeness (obedience, honor, patriotism) Wealthiness (richness, comfortable life, material success) Personal development (power, success, fulfillment) Relationships (respect of others, love, friendship)

En croisant ces données avec les valeurs et la sensibilité environnementale, nous avons établi une correspondance avec la segmentation de DEFRA. La **Figure 58** et le

Tableau 32 illustrent cette correspondance.

4.2.4.2. Résultats de la segmentation par les valeurs

En couplant la cartographie de segmentation de DEFRA de la **Figure 57** avec les données sur les valeurs (questionnaire du **Tableau 31**), nous avons identifié des groupes de valeurs qui correspondent à chaque segment spécifique d'utilisateurs.

Le nombre total de valeurs qu'une personne possède est relativement faible **(Bouchard, Brissaud, et al., 2010; Rokeach, 1973)** et par ordre d'importance relative **(Schwartz, 1987)**, nous avons mis en avant les 5 ou 6 valeurs les plus importantes liées à chaque segment. Nous avons pu ainsi représenter ces groupe de valeurs sur une cartographie de référence de type DEFRA dans la **Figure 58**.

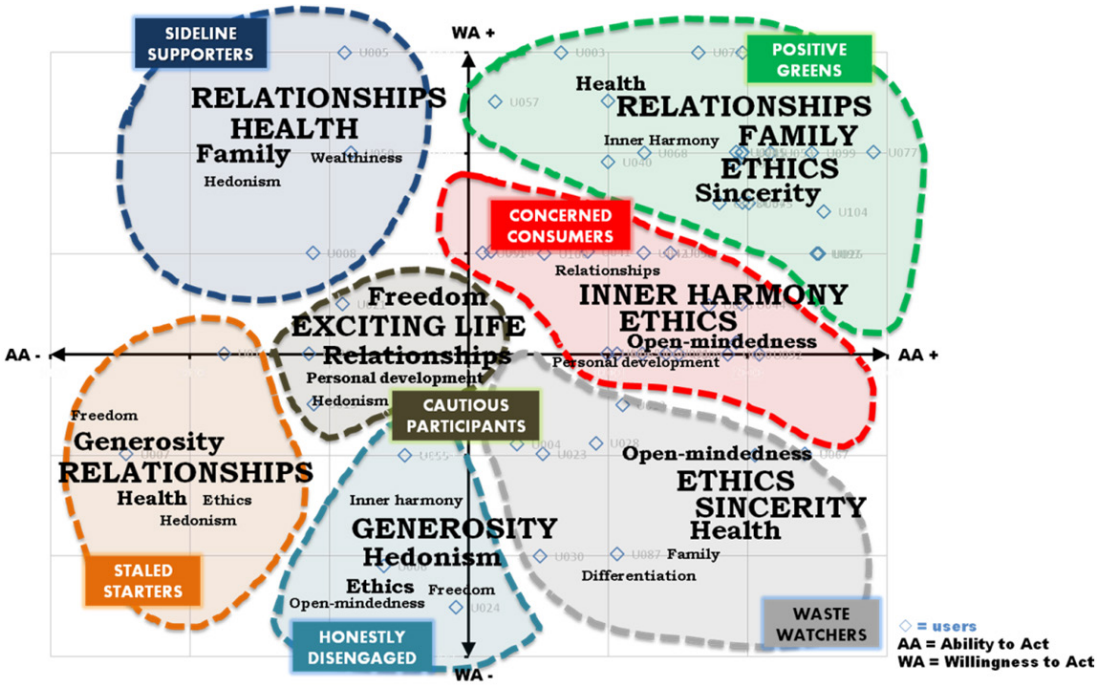


Figure 58. Cartographie des valeurs personnelles en fonction des segments DEFRA, sur un échantillon de 72 répondants.

Chaque segment DEFRA est représenté dans cette version de la cartographie, en fonction des 5 valeurs les plus importantes pour les représentants de chaque segment. Dans un même groupe de valeurs, chaque valeur ne possède pas le même poids, compte-tenu de la classification donnée par les répondants. Par conséquent, les lettres sont représentées avec une taille qui est proportionnelle à cette importance. Il est à noter que le nombre des représentants n'est pas le même pour chacun des segments. Chaque groupe de valeurs est donc représentée proportionnellement en fonction des représentants qui le composent et non en fonction de l'ensemble des répondants. Le résultat montre qu'il est possible d'associer des segments DEFRA à un groupe spécifique de valeurs, comme indiqué dans le

Tableau 32. Par conséquent, on peut définir la sensibilité environnementale des utilisateurs à partir d'un groupe de valeurs.

Tableau 32. Table de correspondance des segments DEFRA avec les groupes de valeurs

	Segments environnementales (Defra, 2008)	Segments "groupe de valeurs"
1	STALED STARTERS	Relationships; Generosity; Health; Freedom; Ethics; Hedonism
2	HONESTLY DISENGAGED	Generosity; Hedonism; Ethics; Open-mindedness; Freedom; Inner Harmony
3	CAUTIOUS PARTICIPANTS	Exciting Life; Freedom; Relationships; Personal Development; Hedonism
4	SIDELINE SUPPORTER	Relationships; Health; Family; Hedonism; Wealthiness
5	WASTE WATCHERS	Sincerity; Ethics; Health; Open-mindedness; Family; Differentiation
6	CONCERNED CONSUMERS	Inner Harmony; Ethics; Open-mindedness; Relationships; Personal Development
7	POSITIVE GREENS	Relationships; Family; Ethics; Sincerity; Health; Inner Harmony

Cette association offre un avantage majeur car elle met en évidence la possibilité de définir des tendances comportementales des utilisateurs sur la base d'un groupe de valeurs. Par exemple, la valeur d'éthique *Ethics* est une des valeurs les plus communément associées à la sensibilité de l'environnement. Sur le graphique de la **Figure 58**, on remarque un niveau élevé de la valeur d'éthique chez les personnes ayant une forte capacité d'agir, ce sont les *Positive*

Greens, les *Waste Watchers* et une partie importante des *Concerned Consumers*. Cela démontre que les personnes issues de ce segment ont une considération importante de tout ce qui concerne le respect de l'environnement, les droits de l'Homme, la paix, l'égalité, etc. Cette notion d'éthique est moins prise en compte ou presque inexistante chez les personnes ayant une faible capacité à agir, qui sont les *Staled Starters*, les *Honestly Disengaged*, les *Sideline Supporters* et les *Cautious Participants*. Cette observation démontre que le comportement inné véhiculé par l'éthique est susceptible d'être freinée par un manque de capacité d'action et ce indépendamment de leur volonté d'agir.

Un deuxième exemple concerne la valeur du *Relationnel* ou *Relationships.* Les notions relatives au relationnel sont très importantes parmi les personnes issues des segments représentatifs d'une grande capacité d'action, en particulier les *Positive Greens*. On peut définir le *relationnel* par des composantes telles que l'amour, l'amitié, le respect d'autrui, par exemple. Il y a cependant une distinction à considérer. On constate que les personnes à fort volonté d'action associent volontiers la notion de relations avec d'autres valeurs telles que la santé ou de la famille. D'autre part, parmi les personnes à faible volonté d'agir, la notion de relationnel est plutôt associée aux valeurs de *générosité* ou de *solidarité*, et aussi d'*hédonisme* (plaisir, optimisme, bonheur, sensualité). Le *relationnel* n'est pas compris de la même façon pour les personnes issues d'un segment ayant des degrés de volonté d'action différentes. Les personnes à faible volonté d'agir *Staled Starters* et *Honestly Disengaged* sont plus attirées par des préoccupations humaines, donc plus ouvert aux autres, et ceux à forte volonté d'agir sont plutôt protectionnistes à différents niveaux. Cela peut aller de leur propre santé, famille, pays, ou encore leur considération de la planète et de l'environnement.

4.2.4.3. Conclusion de l'éco segmentation par les valeurs

Cette analyse illustre bien que les valeurs constituent un élément important qui peut jouer un rôle déterminant. On voit que la segmentation environnementale est insuffisante pour définir avec précision les besoins et les caractéristiques des individus. Ce modèle de segmentation orienté autour des valeurs permet donc de mieux cerner les utilisateurs et de choisir les représentants des utilisateurs dans le cadre d'une Eco-conception. La démarche d'Eco-conception appuyée par la segmentation doit permettre la conception de nouveaux produits qui auront l'avantage de s'adapter le mieux possible au comportement des utilisateurs et à leur sensibilité à l'environnement.

4.2.5. Résultat 1-3 : Analyse de tâche et scénario d'utilisation

4.2.5.1. Introduction

Nous avons réalisé une séance d'observation et d'analyse de tâche dans le cadre d'un scénario d'utilisation d'une machine à café. Cette séance d'analyse de tâche vient compléter les informations obtenues dans le recueil de données. Cette étape est représentée sur le synoptique de l'expérimentation EXP1 de la **Figure 49** en page 115. La tâche observée concerne la consommation de café. Cette séance d'analyse de tâche comporte les étapes, résumées dans la **Figure 59**.

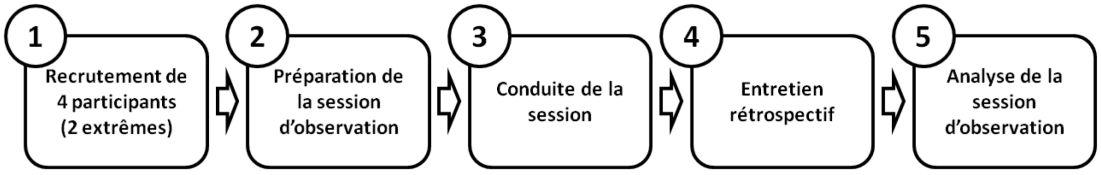


Figure 59. Les étapes de l'analyse de tâche

La séance est composée de cinq activités, nous détaillons le déroulement de ces différentes étapes dans les paragraphes suivantes.

(1) Recrutement des participants **(§ 4.2.5.2)**
(2) Préparation de la session d'observation (protocole) **(§ 4.2.5.3)**
(3) Conduite de la session **(§ 4.2.5.3)**
(4) Entretiens rétrospectifs **(§ 4.2.5.4)**
(5) Et analyse de l'observation **(§ 4.2.5.5)**

4.2.5.2. Recrutement des participants

Nous avons demandé à deux personnes représentatives de différents segments d'exécuter une même tâche autour de l'utilisation d'une machine à café, afin de pouvoir comparer ultérieurement ces résultats. Ces deux représentants ont été au préalable sélectionnés parmi les personnes qui ont répondu à notre questionnaire, et qui correspondent à des profils dits « extrêmes » en regard de leur conscience environnementale.

Nous définissons ici ce que l'on entend par « profils extrêmes ». Le résultat de notre précédente analyse sur la segmentation démontre que nous avons plusieurs modèles d'utilisateur – voir **Tableau 32** – issus d'un segment spécifique existant sur la conscience environnementale **(DEFRA, 2008)**. Les résultats de la segmentation DEFRA **(DEFRA, 2008)**, associées aux résultats de notre nouvelle segmentation par les valeurs **(Domingo, Rasamoelina, Bouchard, Brissaud, & Aoussat, 2013)** démontrent que les utilisateurs sont segmentés en sept (7) profils distincts en raison de leur conscience environnementale. Cette conscience environnementale est représentée suivant 2 critères : *Volonté à agir* ou *Willingness to Act* (WA), et *Capacité à agir* ou *Ability to Act* (AA). Pour le besoin de notre expérimentation, nous avons choisi de réduire le champ d'analyse à 2 segments strictement différents que l'on nomme « *extrêmes* », ceci afin de palier le fait de ne pas pouvoir travailler simultanément sur tous les segments et dégager en même temps une conclusion distincte. La **Figure 60** illustre notre approche en présentant le positionnement des extrêmes sur la cartographie de segmentation.

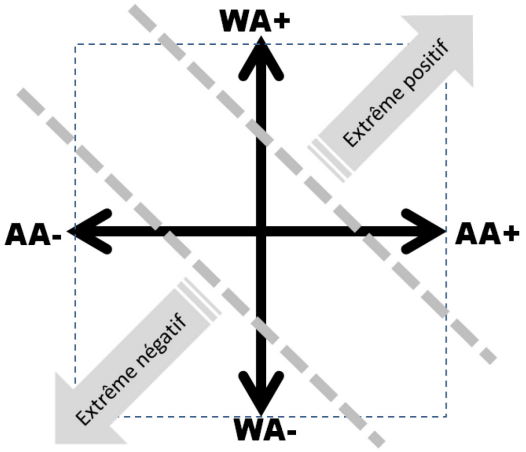


Figure 60. Positionnement des profils extrêmes sur la cartographie

L'échelle de représentation des segments en termes de conscience environnementale de notre segmentation en **Figure 57** est distribuée suivant 2 critères, sur 2 axes. Par conséquent, il est évident qu'un classement linéaire entre les segments serait incorrect. Il est néanmoins concevable de travailler avec des profils dits « extrêmes ». On peut ainsi s'accorder à dire

que les profils qui ont des scores élevés en Capacité d'agir (AA) et Volonté d'agir (WA) sont considérés comme l'*extrême positif* en termes de conscience environnementale. Par ailleurs, les profils inverses qui ont des scores négatifs en Capacité d'agir (AA) et Volonté d'agir (WA) sont dans l'*extrême négatif* en termes de conscience environnementale. Suite à cette proposition, nous pouvons considérer qu'il existe dans nos graphiques deux positionnements des profils « extrêmes ». Le **Tableau 33** propose une correspondance des profils extrêmes avec les profils classiques.

Tableau 33. Correspondance des profils extrêmes avec les segments DEFRA

Positionnement	Considération environnementale	Segments DEFRA correspondants
Extrême Positif	Profils très engagé environnementalement	Positive Green
	Profils médians	Concerned Consumers Cautious Participants Waste Watchers Sideline Supporters
Extrême négatif	Profils peu engagé environnementalement	Honestly Disengaged Staled Starters

Le groupe *Extrême+* regroupe les personnes les plus respectueuses de l'environnement, bien plus que tout autre segment. Les membres de ce groupe ont les attitudes et les habitudes les plus actives envers l'environnement. Par exemple, ces personnes ne laissent jamais l'air conditionné allumé ni le chauffage lorsqu'elles ne sont pas chez eux. Elles sont aussi ceux qui éteignent toujours leurs appareils électroniques lorsqu'elles ne les utilisent pas, au lieu de les laisser en mode "stand-by". Ce sont également celles qui recyclent le plus et qui réutilisent les matériaux usagers. Bien que ces personnes soient conscientes de faire des actions, elles pensent que tout ce qu'elles font n'est pas suffisant et assurent qu'elles aimeraient faire beaucoup plus pour l'environnement. Elles détiennent les plus hauts niveaux de connaissance sur les sujets environnementaux, mais connaissent peu ou presque rien sur l'empreinte carbone. Elles ne pensent pas que la "crise environnementale" soit un sujet exagéré. Elles comprennent aussi que leurs efforts en valent la peine, même si le reste de la population ne s'implique pas autant sur ce sujet. Tous ces efforts ne sont pas associés à une considération financière, et ces personnes ne font pas ces actions pour dépenser moins ou avoir une épargne économique. De plus, elles considèrent qu'il est facile de changer leurs habitudes vers des comportements plus durables. Elles considèrent que les valeurs les plus importantes dans une société parfaite sont l'*harmonie intérieure*, la *santé*, l'*éthique* et la *tolérance*. Dans leur propre vie, elles reprennent les valeurs d'*harmonie intérieure* et d'*éthique*, en rajoutant l'*ouverture d'esprit*, la *fidélité*, le *développement personnel* et la *sincérité*. Elles ont les salaires mensuels les plus élevés, au-dessus de 300 % du salaire minimal de leur pays. Elles sont aussi les plus enclines à avoir une profession intellectuelle supérieure. Elles se classent dans deux catégories d'âge : les 31-35 ans et 46-50 ans.

Le groupe *Extrême-* regroupe les personnes qui ont une vision majoritairement tournée vers un manque de préoccupation en ce qui concerne l'environnement. Les membres de ce groupe sont ceux qui laissent souvent leurs appareils électroniques en "stand by". La moitié ne recycle pas et aucun ne réutilise leurs matériaux. Ce sont aussi ceux qui ont moins d'habitudes écologiques en ce qui concerne l'économie d'eau. Au moment de l'achat de nouveaux produits, seulement la moitié tient compte de l'efficacité énergétique et très peu, du facteur environnemental. Les personnes issues de ce groupe sont les moins enclines à payer plus pour un produit qui est plus efficient dans sa phase d'utilisation. Elles assurent avoir de hauts niveaux d'une connaissance sur des sujets environnementaux, mais en revanche elles sont sceptiques sur l'actuelle menace de l'environnement (elles pensent que la crise

environnementale a été exagérée). Elles sont complètement d'accord qu'il ne sert à rien de s'efforcer à contribuer à l'environnement si le reste de la population ne le fait pas, et la moitié pense qu'il y a un intérêt à faire ces actions seulement si l'acte suppose une épargne économique. De plus, tous admettent qu'il est très difficile d'inclure de nouvelles habitudes plus durables écologiquement. Les valeurs d'une société parfaite pour ce groupe sont la *sécurité*, l'*éthique* et les *relations sociales*. Ramené à leur propre style de vie, elles choisissent les valeurs d'*éthique* et de *relations sociales*, et ajoutent la *générosité*, la *liberté* et la *vie confortable*. Ces personnes ont aussi des salaires au-dessus de la moyenne et réalisent majoritairement des études universitaires. Du point de vue des âges, ce segment est compris entre 21-25 ans et 56-60 ans.

Ces 2 descriptions des extrêmes ont également permis la réalisation de deux personas, c'est-à-dire deux profils fictifs d'utilisateurs correspondants aux deux extrêmes : *Extrême+* et *Extrême-*. Ces personas peuvent être des modèles pour de futures études nécessitant une prise de décision dans les générations de concept.

Pour mener à bien la séance d'analyse de tâche, nous avons donc sollicité 4 représentants issus de segments dits « extrêmes », selon le **Tableau 34**.

Tableau 34. Les segments extrêmes recrutés lors de la séance d'analyse de tâche.

Extrême +	Extrême -
Correspondance : Positive Green	Correspondance : Waste Watcher/ Honestly Disengaged
2 représentants A et B	2 représentants C et D

4.2.5.3. Préparation de la session d'observation et déroulement de la session

Le **Tableau 35** présente le protocole que nous avons élaboré et appliqué pour réaliser cette séance d'observation. Nous avons demandé aux quatre personnes sélectionnées de réaliser une tâche spécifique : *préparer une tasse de café sucré pour 2 ou 7 personnes*. Les personnes concernées ont été invitées à s'imaginer dans le contexte de leur maison. Bien que la projection soit difficile étant donné que l'expérience a été réalisée en laboratoire, les participants ont suivi les consignes en toute conformité. Les observations ont été filmées en continu pour permettre un traitement à postériori. A l'issue de la séance, un entretien rétrospectif a été réalisé afin de recueillir les détails de leurs actions. Par la suite, nous leur avons demandé de nous livrer par écrit leurs appréciations, leurs sentiments et le degré de facilité avec lequel ils ont appréhendé le sujet, avec en complément d'autres remarques qu'ils auraient jugées importantes.

Tableau 35. Protocole de séance d'analyse de la tâche de préparation de café

Tâche demandée	Faire une tasse de café sucré pour 2,…n personne
Matériel disponible	Machine a café filtre classique débranchée, filtres a café, sucre, cuillère, touillettes, bouteille de lait, bouteille d'eau presque vide, 2 types de café (normal et bio), mouchoirs, poubelle avec choix pour le recyclage
Participants	4 participants A et B : représentants de l'*Extrême+* C et D : représentants de l'*Extrême-*
Durée	10 minutes
Contexte	se trouver chez soi dans sa cuisine enregistrement vidéo en continu
Indicateurs	Indicateur 1 : Choix du type de café [Bio/Non Bio] Indicateur 2 : Lecture de l'emballage [O/N] Indicateur 3 : Consommation en eau 1 [quantité d'eau récupérée] Indicateur 4 : Consommation en eau 2 [quantité d'eau utilisée] Indicateur 5 : Consommation en café [Dose de café] Indicateur 6 : Mise hors tension à la fin de l'opération [O/N] Indicateur 7 : Mise hors secteur à la fin de l'opération [O/N] Indicateur 8 : Nettoyage du café usagé [O/N]
Prise de notes	Feuille de séquence de taches
Débriefing	Retour d'expérience, interview de 5mn avec le participant
Auto-évaluation	Fiche d'auto-évaluation en 3 questions (sentiment personnel, qualité de l'expérience, et suggestions)
Analyse des résultats	Transcription et traitement vidéo

La **Figure 61** présente la table de travail sur laquelle la tâche a été réalisée. On y retrouve une machine à café filtre classique volontairement débranchée, des filtres à café, du sucre, de la saccharine, des cuillères et touillettes, une bouteille de lait, une bouteille d'eau volontairement évidée de 3/4, des gobelets, deux types de café moulu (normal et bio), des serviettes et un bac à ordure qui contient deux compartiments pour le tri des déchets.

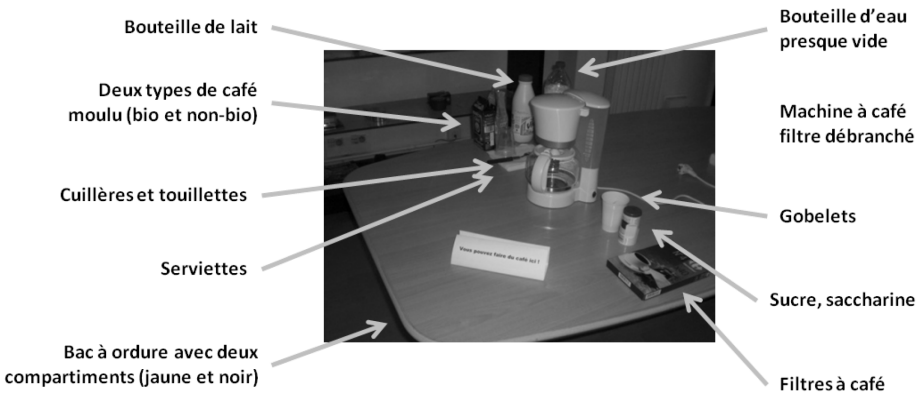


Figure 61. Matériel de la séance d'analyse de tâche

La machine à café utilisée est une cafetière à filtre classique de marque Carrefour disponible facilement dans le commerce. Nous nous sommes servi d'une feuille de séquences dans laquelle nous avons énuméré les actions préétablies afin de relever les différentes actions des participants.

4.2.5.4. Entretiens rétrospectifs

A l'issue de la séance d'observation, nous avons invité les 4 participants à faire un retour sur leur expérience lors d'une courte interview de 5 minutes. L'entretien rétrospectif permet de

compléter les observations, en permettant aux participants de discuter de leurs actions, de les justifier ou de transmettre leur appréhension. Nous les avons ensuite invité à remplir un questionnaire d'auto-évaluation afin de donner un aperçu qualitatif de la session.

4.2.5.5. Analyse de l'observation

Nous avons ensuite analysé les résultats d'observation et les réponses verbales données lors des interviews. Les différents indicateurs sont définis dans le protocole en **Tableau 35**. Les valeurs de ces indicateurs sont spécifiées dans le **Tableau 36**.

Tableau 36. Résultat de l'analyse de tâche

Eléments observés	Extrême +		Extrême -	
	A	B	C	D
Choix de type de café	BIO	BIO	NON-BIO	BIO
Lecture de l'emballage du café pour le dosage nécessaire du café	O	O	N	N
Quantité d'eau récupérée dans la bouteille	Bouteille remplie	Bouteille remplie	Bouteille remplie	Bouteille remplie
Quantité d'eau ajoutée dans la machine	3 (pour 2 demandés)	3 (pour 2 demandés)	5 (pour 7 demandés)	7 (pour 7 demandés)
Dose de café ajoutée dans la machine	Non respecté et correct	Non respecté et surdose	Respecté et insuffisant	Respecté et correct
Facilité d'utilisation	Ouverture difficile	Ouverture difficile	Ouverture difficile	Ouverture difficile
Mise hors tension à la fin de la session	O	N	O	O
Mise hors secteur à la fin de la session	N	N	N	N
Nettoyage du café usagé	N	N	N	N

Au sujet du choix de type de Café, les personnes issues de l'*Extrême+* A et B choisissent du café BIO. La raison qu'elles avancent dans leur explication est que ce choix est plus respectueux de l'environnement, et que la consommation d'un produit bio leur semble être une pratique plus saine. D'un autre côté, les personnes issues de l'*Extrême-* sont plus divisées : le participant C utilise du café non-bio, tandis que l'autre D a utilisé le café Bio. Grâce à l'entretien rétrospectif, nous avons compris que la raison du choix de ce dernier repose uniquement sur le fait que l'emballage du produit BIO était plus facile à ouvrir. Cette raison n'est pas motivée par une intention envers l'environnement. Nous observons ainsi que les *Extrême+* choisissent du produit BIO pour l'environnement, tandis que les *Extrême-* choisissent un produit pour la facilité d'ouverture, que ce soit BIO ou NON-BIO. On peut donc déduire que le choix du type de produit a son importance aux yeux de l'utilisateur pour affirmer sa sensibilité environnementale. Ce choix est un indicateur conséquent à prendre en compte, qui varie en fonction de la sensibilité des utilisateurs aux problèmes environnementaux.

La lecture de l'emballage a également été observée. En effet, la quantité de café nécessaire pour faire une tasse de café est inscrite sur l'emballage. On remarque que les personnes issues de l'*Extrême+* ont lu l'emballage, mais n'ont pas utilisé cette information pour doser le café : le participant A a fait un dosage à l'œil mais ne se trompe pas, tandis que le participant B met 2 fois plus de café que nécessaire. La cuillère qui sert pour le dosage n'a

pas été utilisée. Les personnes de l'*Extrême-* n'ont pas lu l'emballage, le participant D a néanmoins utilisé la cuillère de dosage pour obtenir un dosage correct.

Par la suite, nous avons intentionnellement déposé une bouteille presque vide à côté de la table pour que le participant puisse aller en récupérer de l'eau avant de le rajouter dans le conteneur de la machine à café. Dans tous les cas de figure, les 4 participants remplissent la bouteille à ras-bord. La raison avancée est tout simplement de vouloir éviter les allers-retours entre le point d'eau et la machine à café. Cet indicateur n'est donc pas pertinent.

La quantité d'eau ajoutée dans la machine n'est toujours pas respectée. L'eau est, soit en surdose car les indicateurs ne proposent pas une échelle adéquate, soit insuffisante car les utilisateurs ne savent pas si les échelles correspondent bien à une tasse. Au final, tous les participants se sont retrouvés avec beaucoup plus de café que ce qui a été demandé. Cet indicateur révèle l'importance de mettre des indicateurs pertinents sur le produit.

A la fin du cycle, on s'attend à ce que les personnes issues de l'*Extrême+* éteignent la machine, et inversement les personnes issues de l'*Extrême-* la laissent allumée. Les observations sont différentes de cette attente. Les personnes issues de l'*Extrême+* sont divisées : le participant A éteint la machine à café tandis que le second B ne le fait pas. A l'issue de l'entretien rétrospectif, nous constatons que cette personne possède chez elle une machine à café qui s'éteint automatiquement. Son inaction est plutôt corrélée avec son habitude quotidienne. Les personnes issus de l'*Extrême-* ont tous les deux éteint la machine à café à la fin du cycle de préparation. On constate dans cette observation que les habitudes engendrées par les produits qui automatisent les actions de l'utilisateur peuvent être en contradiction avec le développement d'une conscience environnementale de l'individu lors de l'utilisation, dès lors qu'ils empêchent cet utilisateur de prendre le contrôle de ses actes.

La manipulation de la machine à café a posé problème à tous les participants. Bien qu'il s'agisse d'une machine à café toute simple, le fonctionnement de l'ouverture du récipient à café moulu n'est pas assez indiqué, et cela a crée de la frustration chez le participant A. Le participant B a cassé l'ouverture. Cela démontre qu'il est important que le produit communique et soit assez affordant pour proposer lui-même son mode de fonctionnement. Cette observation montre que le design du produit oriente l'efficacité de son utilisation.

Aucun des 4 participants n'a débranché la machine à café à la fin du cycle. Et aucun des 4 participants n'a enlevé le café usagé de son emplacement pour le mettre à la poubelle.

4.2.5.6. Conclusion de la séance d'observation et analyse de tâche

Globalement ces observations ont permis de décrire le comportement d'utilisation des utilisateurs avec une machine à café. Les informations reprises dans les enquêtes sont ainsi validées ou complétées. Cela permet de constater les difficultés rencontrées par les personnes représentantes de chaque segment lors de l'utilisation réelle d'un produit. Hormis les difficultés, ces observations servent également à déterminer quelles sont les différences les plus significatives entre les modes d'action de chaque segment extrême lors de l'utilisation d'une machine à café.

Cette analyse démontre aussi que l'appartenance des utilisateurs à un tel type de segment environnemental ne conditionne pas nécessairement les actions qu'ils vont réaliser sur un produit. En effet, nous constatons la différence qui existe entre ce qui est généralement dit par l'utilisateur dans les réponses aux questionnaires (ce qui nous a permis de les classer dans une catégorie précise) et les actions vraiment réalisés lors de l'analyse des taches.

En effet, d'autres facteurs rentrent en jeu. Les résultats de la segmentation montrent que les valeurs sont différentes pour chaque segment. A l'issue de la séance d'analyse de tâche, nous avons observé que les habitudes et l'expérience conditionnent l'utilisateur quelque soit le

segment auquel il appartient. C'est le cas du participant B qui n'a pas éteint la machine à café à l'issue de la session, contrairement à ce que l'on attend de lui, compte tenu de ses réponses dans le questionnaire. Bien qu'il se positionne dans la catégorie *Extrême+*, il dispose chez lui d'une machine à café qui a un interrupteur automatique. Il a donc reproduit ce geste lors de l'expérimentation non par manque d'engagement environnemental, mais simplement par habitude. Cette analyse démontre l'importance de la prise en compte de facteurs subjectifs supplémentaires dans la représentation de l'utilisateur pour la conception.

4.2.6. Résultat 1-4 : Génération de concept par une séance de créativité

4.2.6.1. Introduction

L'étape suivante de l'expérimentation porte sur la conception d'une machine à café. Notre champ d'action se positionne en phase amont de la conception de produit. Elle se focalise sur la phase de génération de concepts. Notre référence est toujours le synoptique de l'expérimentation EXP1 de la **Figure 49** en page 115 sur laquelle la séance de créativité est positionnée.

La séance de créativité est une démarche importante des phases génératives en conception de produit. Les concepts issus de la séance de créativité nous permettent ensuite de caractériser un chainage spécifique Valeurs-Fonctions-Solutions (VFS) pour notre cas d'étude (voir Etat de l'Art dans le paragraphe **§ 2.5.5** pour la théorie du chainage cognitif). La **Figure 62** présente les outils qui illustrent le positionnement de notre expérimentation EXP1 autour du processus amont de la conception.

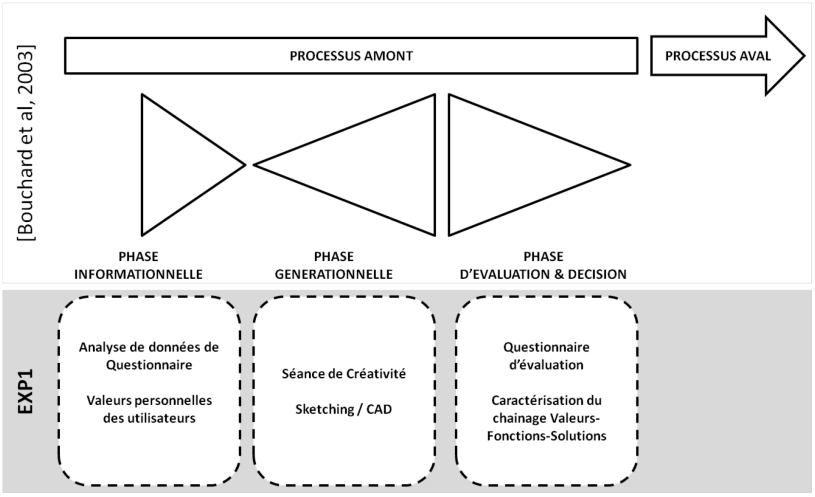


Figure 62. Articulation de l'expérimentation EXP1 autour du processus amont de la conception de produits

Chaque phase du processus amont de la conception est mise en œuvre dans le cadre de cette expérimentation. On distingue :

(1) Phase d'information **(§ 4.2.6.2)**
(2) Phase de génération **(§ 4.2.6.3)**
(3) Phase d'évaluation et décision **(§ 4.2.6.4)**

Cette mise en œuvre est illustrée par l'implémentation de différents outils pratiques. La phase informationnelle est illustrée par les premiers résultats d'analyse issus des questionnaires. On retrouve dans cette phase informationnelle des informations sur le produit d'étude : la machine à café, ainsi que les résultats des analyses effectuées sur les valeurs associées à la consommation de Café **(voir chapitre § 4.2.3.3 pour la distribution des résultats)**. Ensuite la phase de génération de concepts est réalisée sur la base d'une séance de créativité

durant laquelle des concepts sont générés, puis formalisés numériquement par un designer. Enfin, la phase d'évaluation et décision consiste à présenter le concept finalement réalisé devant les utilisateurs à l'aide d'un questionnaire.

4.2.6.2. Phase d'information : transcription des informations des enquêtes.

La phase d'information représente pour notre cas d'application la recherche des différentes informations sur le produit. Dans notre base informationnelle, nous avons retenu trois catégories d'information :

- le type de produit étudié : une machine à café,
- le besoin initial formulé : tourné vers un usage intégrant une prise en compte environnementale,
- les informations concernant les valeurs personnelles. Nous avons relevé dans notre enquête que les valeurs les plus associées à la consommation de café sont : la coexistence, la stimulation, la liberté et la tradition (**Figure 56** en page 121).

Tableau 37. Traduction des Valeurs en Critères

	Valeur personnelle relevée	Description	Formalisation des critères du produit
1	V1 : Coexistence	Relations avec les autres, respect d'autrui, amour, amitié, amitié authentique, camaraderie étroite	C1 : Produit communicant, connecté, partagé, permet les relations avec les autres, …
2	V2 : Stimulation	Vie passionnante, vie active, stimulante, excitante, dynamique et émotionnelle	C2 : Produit innovant, impressionnant, futuriste, dynamique, attrayant,…
3	V3 : Liberté	Liberté d'action, autonomie, indépendance, responsabilité	C3 : Produit personnalisable, unique, modifiable, réglable,…
4	V4 : Tradition	Tradition, obéissance, respect, soumission, conformisme	C4 : Expérience du produit, habitudes, mémoires d'utilisation

Les valeurs (V1, V2, V3, V4) sont traduites en critères (C1, C2, C3, C4). Ces critères nous permettent d'orienter la conception en aidant les participants à atteindre les objectifs souhaités. Le **Tableau 37** présente la correspondance entre les valeurs relevées (V1, V2, V3, V4) et les critères retenus (C1, C2, C3, C4).

4.2.6.3. Phase de génération de concept : séance de créativité

La phase de génération est l'étape qui permet la génération d'idées et de concepts. La phase de génération d'idées est une étape cruciale dans le processus de conception de produit. Elle correspond à l'étape de développement de concept sur le processus classique de conception de produit d'Ulrich & Eppinger. L'outil que nous avons utilisé pour générer des idées est le brainstorming. Dans le cadre de la génération de concept, deux séances de brainstorming ont été ainsi réalisées dans le but de générer des idées dans un premier temps, puis des concepts dans un second temps.

Figure 63. Participants de la séance de créativité de l'expérimentation EXP1

Quatre participants sont réunis autour de 2 modérateurs. Il leur est demandé de générer des concepts innovants de machine à café pour un usage responsable envers l'environnement. Le **Tableau 38** résume le protocole des deux séances.

Tableau 38. Protocole de la séance de créativité de l'expérimentation EXP1

Objectif	Générer des concepts innovants de machine à café pour un usage responsable envers l'environnement
Critères d'orientation	Objectifs générales et critères d'orientation (voir Tableau 37 et Tableau 38)
Matériel disponible	Post-its, papier, stylo, tableau blanc
Participants	Séance 1 : 4 participants, 2 modérateurs Séance 2 : 4 participants, 2 modérateurs
Durée	1 heure par séance
Contexte	En laboratoire enregistrement video en continu
Auto-évaluation	Fiche d'auto-évaluation en 3 questions (sentiment personnel, qualité de l'expérience, et suggestions)
Analyse des résultats	Transcription des résultats

En termes pratiques, nous avons invité les participants à proposer des idées tout en restant concentrés sur l'objectif général. Pour cela, nous les avons invités successivement à réfléchir sur les questions : *Comment voyez-vous la cafetière du futur ? Comment promouvoir la communication avec la machine à café ? Comment égayer la journée avec une machine à café ? Quelles options d'utilisation souhaiteriez-vous ajouter dans une machine à café ? Est-il possible de créer un lien affectif entre la machine à café et l'utilisateur ? Comment procéder pour avoir une machine à café plus écologique ?*

La correspondance entre ces questions d'orientation et les différents critères de départ est présentée dans le **Tableau 39**.

Tableau 39. Objectifs général et questions d'orientation

Objectif général : Générer des concepts innovants de machine à café pour un usage responsable envers l'environnement.	
Questions d'orientation :	Critères correspondants
Q1 : Comment voyez-vous la machine à café du futur ?	Mise en situation, purge
Q2 : Comment promouvoir la communication avec la machine à café ?	(Critère C1, Valeur V1 : Coexistence)
Q3 : Comment égayer la journée avec une machine à café ?	(Critère C2, Valeur V2 : Stimulation)
Q4 : Quelles options d'utilisation souhaiteriez-vous ajouter dans une machine à café ?	(Critère C3, Valeur V3 : Liberté) (Critère C4, Valeur V4 : Tradition)
Q5 : Est-il possible de créer un lien affectif entre une machine à café et son utilisateur ?	(Critère C2, Valeur V2 : Stimulation) (Critère C4, Valeur V4 : Tradition)
Q6 : Comment procéder pour avoir une machine à café plus écologique ?	En référence à l'objectif initial

L'objectif a été de générer des idées de concept en respectant les consignes relevées dans la phase d'information. Ces consignes sont les critères qui découlent de la phase informationnelle. Le **Tableau 39** résume l'objectif principal des sessions, formulé dans le brief des séances, ainsi que les différentes orientations suivies par les participants. Six

questions (Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6) ont été formulées dans le but d'orienter la créativité des participants. Ces questions correspondent donc aux critères de la phase informationnelle que nous avons relevée plus haut **(voir Tableau 37).**

La **Figure 64** présente le déroulement d'une séance. Après une brève introduction, les modérateurs mettent en situation les participants, en leur présentant produit d'étude et l'objectif général. La séance se poursuit avec la production d'idées autour des questions d'orientation formulées dans le **Tableau 39** précédent.

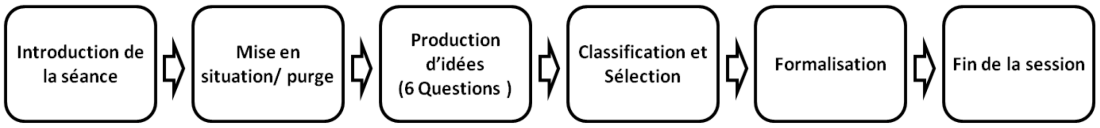


Figure 64. Déroulement de la séance de créativité

La durée de chaque séance de créativité est d'environ 60 minutes, pendant lesquelles les participants proposent des idées en rapport avec chacune des 6 questions. Les règles sont les suivantes : Toute idée est prise en compte même si elle paraît hors propos, il est possible de générer des idées enrichies à partir des idées des autres, il n'y a pas d'autocensure, une seule idée est avancée à chaque prise de parole, il n'y a pas de jugement et de critique immédiate, on ne peut juger ou critiquer les idées apportées que lorsque la phase de production d'idées est terminée. Les idées sont ensuite regroupées et un choix est réalisé afin de retenir les idées les plus pertinentes. Les idées retenues sont formalisées dans un mapping. La session se termine par le remplissage d'un questionnaire d'évaluation afin que les participants puissent donner leurs avis sur la séance.

Les séances ont permis de générer 64 idées de concepts de fonctionnement intéressantes d'une machine à café. Le **Tableau 40** résume la quantité d'idées de concepts que nous avons relevée pour la totalité de ces 2 séances de créativité.

Tableau 40. Quantité d'idées formulées lors de la production d'idées

Section	N idées
Purge : fonctions d'une machine à café	23
Q1 : Comment voyez-vous la machine à café du futur ?	11
Q2 : Comment promouvoir la communication avec la machine à café ?	08
Q3 : Comment égayer la journée avec une machine à café ?	05
Q4 : Quelles options d'utilisation souhaiteriez-vous ajouter dans une machine à café ?	06
Q5 : Est-il possible de créer un lien affectif entre une machine à café et son utilisateur ?	14
Q6 : Comment procéder pour avoir une machine à café plus écologique ?	20
Total des idées formulées (hors purge)	64

Parmi les 64 idées formulées, nous avons demandé aux participants de travailler en groupe afin de discuter des idées, de les classifier, et de ce fait sélectionner ensemble celles qu'ils jugent les plus pertinentes. La **Figure 65** résume le résultat de cette sélection. Les idées sélectionnées sont ensuite adressées à un designer pour être formalisées numériquement par CAD, sous forme d'un concept.

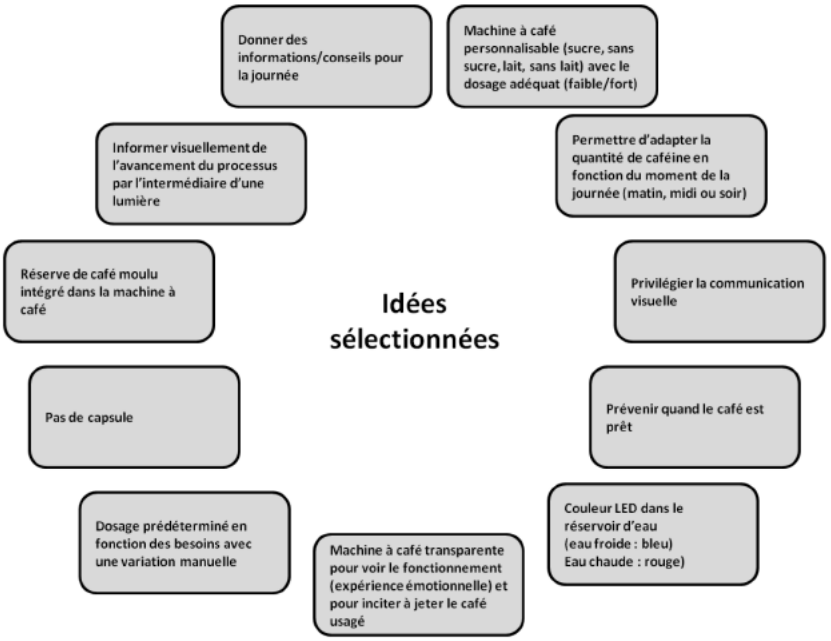


Figure 65. : Résumé des idées jugées les plus pertinents par les participants

Nous avons proposé un concept de machine à café qui répond au descriptif de la demande initiale: *un concept innovant de machine à café pour un usage responsable envers l'environnement*. Nous nous sommes servis des idées formulées lors de la séance de créativité et retenues lors de la sélection, et également des autres idées formulées pour nous inspirer dans la réalisation de ces concepts. Le **Tableau 41** montre que plusieurs concepts ont été proposés par le designer en fonction des caractéristiques retenues par les participants.

Tableau 41. Table comparative des caractéristiques des trois propositions de design.

	CONCEPT 1	CONCEPT 2	CONCEPT 3
Caractéristique du concept			
Lumière LED pour informer	O	N	O
Ecran de commande tactile	N	O	O
Compartiment transparent	O	O	O
Corps transparent	N	N	O
Réservoir d'eau transparent	O	O	O
Dosage automatique	O	O	O
Bouton manuel	O	O	O
Stockage de café moulu	O	O	O
Réceptacle de café usagé	N	N	O
Bol en forme de cafetière italienne	O	O	O
Câble luminescent	O	O	O

Nous avons retenu le concept n°3. Les trois concepts sont tous aussi intéressants du point de vue conceptuel puisqu'ils répondent aux critères présélectionnés. Néanmoins le concept n°3 présente un certain nombre d'options et une forme particulière qui peut souligner la différence avec les autres. Cette solution nous semble intéressante car elle permet les évaluations et la mise en avant de l'intégration de valeurs subjectives dans les choix de conception. Notre objectif n'est pas de créer un produit parfait, mais de montrer la possibilité de réaliser un produit à partir d'informations associées aux valeurs.

Figure 66. La machine à café n°3 et son environnement

4.2.6.4. Phase d'évaluation et décision

L'évaluation du concept est réalisée à partir d'un questionnaire dans lequel nous demandons aux participants de donner leurs opinions sur les options proposées par le designer. Pour ce faire, nous sélectionnons 9 caractéristiques de l'appareil, et nous demandons aux participants d'émettre leurs avis sur chacune des caractéristiques. Ils renseignent des scores sur une grille d'évaluation avec un différentiel sémantique avec échelle de Likert à 7 niveaux. Ils justifient les informations données sur un champ plus ouvert, si les adjectifs utilisés étaient insuffisants pour décrire leurs appréciations.

		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
UTILITE	Superflu	○	○	○	○	○	○	○	Pratique
INTERET	Insignifiant	○	○	○	○	○	○	○	Intéressant
ASPECT	Ennuyeux	○	○	○	○	○	○	○	Captivant
INCITATION	Rébarbatif	○	○	○	○	○	○	○	Persuasif

Figure 67. Grille d'évaluation avec différentiel sémantique utilisée dans le questionnaire d'évaluation

Nous soumettons cette évaluation aux mêmes groupes de personnes qui ont réalisé l'analyse de tâche. Pour rappel, le panel se compose de 2 groupes de 2 personnes. Chaque groupe appartient à un profil extrême. D'un côté le premier groupe concerne les individus ayant une sensibilité environnementale élevée « *Extrême+* » et de l'autre, le second groupe est l'inverse « *Extrême-* ». Le **Tableau 42** résume la distribution de ces 2 extrêmes parmi les répondants ainsi que le résultat des évaluations.

Tableau 42. Résultat des évaluations

Caractéristiques	Description	Objectif	Taux d'acceptation	
			Extrême+	*Extrême-*
			A, B	C, D
Câble électroluminescent	L'appareil est relié au secteur à l'aide d'un câble spécial en fibre optique qui s'illumine lorsque l'appareil est alimenté	Inciter à éteindre l'appareil après chaque utilisation	+++	--
Luminosité changeante	L'appareil s'illumine de rouge lorsque le café est terminé	La lumière rouge vous indique que la café est prêt et vous incite à agir puis éteindre l'appareil	+++	+++
Sélection automatique	L'appareil détermine automatiquement le dosage d'eau et de café nécessaire selon la demande	Faciliter le calcul du dosage	+++	+++
Conseil	L'appareil affiche des conseils de bonne utilisation des produits pendant la préparation du café	Sensibiliser le buveur de café à l'économie d'énergie	+++	-
Affichage d'information	L'appareil peut être réglé pour afficher une sélection d'informations (météo, bourse, ou sujets divers etc)	Distraire l'utilisateur et donner une ouverture extérieure à l'expérience de préparation de café	---	---
Récupération automatique	L'appareil récupère automatiquement le café utilisé à la fin de chaque cycle d'utilisation	Faciliter l'utilisation et favoriser la propreté de l'appareil	+++	+++
Transparence	L'appareil est presque entièrement transparent	Faciliter l'indication de la quantité d'eau et de café Ajouter une valeur esthétique et écologique Souligner l'association d'une valeur de liberté au produit en montrant le processus de préparation du café	++	++
Bruit et son	L'appareil produit un son agréable et peut être configuré vocalement pour signaler des événements (café prêt, informations etc)	Masquer le bruit de bouilloire que l'on entend souvent avec les machines traditionnelles, et associer un plaisir sonore à l'expérience de préparation de café	---	+++
Forme	L'appareil est en forme de « S »	Prise en main facile Différentiation esthétique Accentuer le flux de mouvement de l'eau	+	+

Le concept du **câble électroluminescent** reçoit une appréciation contrastée parmi les répondants. Les *extrêmes+* trouvent le concept intéressant et captivant, tandis que les extrêmes- le trouvent plutôt rébarbatif. En effet, cela les ennuie d'avoir toujours à débrancher la cafetière, et ils perçoivent cette obligation d'une manière plutôt agressive.

Par la suite, en ce qui concerne le concept de **luminosité changeante**, c'est-à-dire la machine qui s'éclaire en rouge pour indiquer que le café est fait et qu'il faut l'éteindre, les deux groupes réagissent de manière positive et non agressive. Cela les incite à interagir sur l'appareil dès que le cycle de préparation du café est terminé. Il n'y a donc aucun risque d'oubli.

Les deux groupes acceptent très positivement le concept de **sélection automatique**, Cette option est perçue comme un gage de commodité. Cela leur assure en même temps l'obtention de la bonne dose d'eau et de café, et éviter tout gaspillage.

L'appareil affiche des **conseils** sur la bonne utilisation des produits, dans un objectif d'efficacité environnementale et d'économie d'énergie. Les personnes appartenant au groupe des plus écologiques « *Extrême+* » trouvent cette idée pratique et intéressante. Cependant, ceux appartenant au groupe le moins écologique « *Extrême-* » perçoivent moins cet intérêt, bien qu'ils y voient tout de même un certain avantage en termes pratique.

En ce qui concerne les extras, l'appareil fournit d'**autres informations** sur des sujets qui n'ont rien à voir avec l'environnement, comme par exemple la météo ou les dernières infos. Les répondants ne sont pas très favorables à cette idée en argumentent sur le fait que, pour obtenir ces informations, ils préfèrent largement utiliser leur ordinateur ou leur téléphone. Ils trouvent l'idée intéressante mais peu pratique sur une machine à café.

Le système de **récupération automatique** du café utilisé à la fin de chaque cycle est bien accepté par les deux groupes. Ils considèrent intéressant le fait de limiter les étapes de nettoyage entre deux cycles de préparation.

La **transparence** des containers (eau, stockage de café) reçoit des avis positifs de la part des répondants. Ils sont plutôt curieux, et trouvent captivant le fait de pouvoir observer le processus de réalisation du café. Le concept est donc bien perçu par l'ensemble des répondants sans pour autant impacter sur leur mode d'utilisation de la machine.

La **forme courbée** du réservoir en "S" de la cafetière obtient différents avis, indépendamment du groupe dans lequel les répondants se trouvent. Globalement elle est perçue comme un concept intéressant et persuasif, bien que cela soit également vu comme insignifiant.

Quant à la possibilité **d'émettre du son**, pour indiquer que le café est fait, les *Extrême+* trouvent l'idée peu signifiante et peu attractive. Les membres de ce groupe se plaisent à se sentir responsables de ses propres actions, sans pour autant y être obligés. Ainsi, ils rejettent cette option car le bruit les obligerait à réaliser l'action d'une manière directive. En revanche, l'idée reçoit une évaluation positive de la part des « extrêmes -», qui pensent c'est une option pratique, qui peut les aider à suivre leurs actions sur l'appareil.

Nous avons demandé aux participants de choisir parmi une liste de valeurs personnelles lesquelles ils associent le plus au nouveau concept de machine à café. Ils ont évoqué : 1. *Ethique*, 2. *Vie excitante*, suivie de *Liberté*, *Sincérité*, *Tradition*, *Relations sociales*, *Dynamisme*, *Opulence* et *Hédonisme*. Nous ne pouvons pas y apporter une conclusion précise. Nous retrouvons dans cette liste les valeurs de la consommation de café que nous avons relevées dans le questionnaire initial (voir **Figure 56**) (Critère C1/Valeur V1 : Coexistence ; Critère C2/Valeur V2 : Stimulation ; Critère C3/Valeur V3 : Liberté ; Critère C4/Valeur V4 : Tradition).

En conclusion de cette phase d'évaluation par questionnaire, nous avons noté un intérêt contrasté sur les options proposées. Les représentants des *Extrême+* sont intéressés par les options qui sont orientées vers la prise en compte environnementale, à condition que ces options soient des suggestions qui ne les forcent pas à agir et qui ne se substituent pas à leur contrôle. Les représentants de l'*Extrême-* par contre acceptent les options proposées mais sans aller vers l'action. Par exemple le concept d'affichage de conseils d'utilisation leur semblent intéressant, mais ils n'iront pas jusqu'à les suivre. Les dispositifs qui les obligent à faire des actions sont donc plus adéquats pour les utilisateurs de la catégorie *Extrême-*. Les informations visuelles sur la préparation du café sont appréciées par toutes les catégories, que ce soit les groupes *Extrême+* ou *Extrême-*. Les options comme la transparence et la luminosité changeante sont donc appréciées. La forme du produit actuel en forme de S

suscite une curiosité. L'effet « wow » conjugué par la transparence ajoute une forme de dynamise au produit est apprécié par les *extrêmes+*. Cette option n'a néanmoins pas d'impact sur l'utilisation à plus long terme du produit.

4.2.6.5. Conclusion de la génération de concept

La séance de créativité permet de dérouler la phase de génération de concept du processus amont de la conception de produit en utilisant en entrée des informations composées des valeurs personnelles des utilisateurs. Nous avons souhaité démontrer dans cette application la possibilité de faire interagir les valeurs personnelles dans les réflexions du concepteur et ses choix de conception associés. Ainsi, le produit que nous avons conceptualisé illustre la possibilité de générer des concepts à partir d'informations subjectives. Une application réelle est envisageable, mais dans notre expérimentation, la dimension valeurs que nous avons choisies est suffisante pour démontrer la possibilité de caractériser cette possibilité.

4.2.7. Résultat 1-5 : Caractérisation du chainage Valeurs-Fonctions-Solutions

Nous avons introduit la *théorie du Chaînage Cognitif* ou *Means-end Chain Theory »* (MEC) dans notre Etat de l'Art **(voir chapitre § 2.5.5)**. Nous considérons que cette approche inspirée du marketing **(T. Reynolds & Olson, 2001; Valette-Florence, 1994)**, et reprise en conception de produits sous l'appellation Chainage VFS « Valeurs-Fonctions-Solutions » est un support intéressant pour partir de l'abstrait vers le concret **(Bouchard et al., 2003b; Lim, 2003).**

Dans notre expérimentation EXP1, les idées proposées et le concept réalisé découlent de la prise en compte des valeurs personnelles des utilisateurs. Ces valeurs concernent spécifiquement la consommation de café et proviennent des réponses au questionnaire initial. La corrélation entre les critères issus de ces valeurs **(voir Tableau 37)** et les solutions conceptuelles proposées **(voir Tableau 42)**, nous permettent de dresser une correspondance. Le **Tableau 43** caractérise le chainage cognitif VFS « Valeurs-Fonctions-Solutions » dans le cadre de notre projet de conception de machine à café.

Tableau 43. Table de correspondance du chainage VFS : Valeurs-Fonctions-Solutions pour la machine à café « Sophie »

VALEURS	↔	FONCTIONS/SEMANTIQUE	↔	SOLUTIONS
Coexistence (V1)	↔	Communication, permettre de faire plusieurs tasses	↔	Stockage de café
Stimulation (V2)	↔	Transparence Visualisation des flux	↔	Corps transparent
Stimulation (V2)	↔	Mouvement, dynamisme	↔	Corps en forme en S
Liberté (V3)	↔	Personnalisation, Eco-choice	↔	Bouton manuel
Liberté (V3)	↔	Choix libre	↔	Ecran tactile de sélection
Tradition (V4)	↔	Identité	↔	Pot en forme de cafetière italienne
Ethique	↔	Eco-spur	↔	Câble en fibre optique électroluminescente

Lors de la génération de concept, nous avons intégré en données d'entrée les valeurs personnelles relatives à la consommation de café reprises dans les enquêtes. Les quatre valeurs les plus associées à la consommation de café étaient :

- la Coexistence (V1),
- la Stimulation (V2),
- la *Liberté* (V3)
- et la *Tradition* (V4) **(voir Tableau 37)**

Dans le **Tableau 43**, on peut observer la valeur de *Coexistence* qui fait partie des valeurs initiales de la consommation de café. La solution conceptuelle proposée qui correspond à cette valeur de Coexistence est la présence d'un bac de stockage de Café. Ce bac de stockage offre la possibilité de faire plusieurs tasses de café en même temps (à la différence des cafetières de capsules) dans le but de favoriser les relations sociales.

Un autre exemple est la valeur de *Stimulation*. La forme en S associée à la transparence du corps de l'appareil accentue le déplacement du liquide et simule un mouvement pour transmettre la notion de dynamisme.

Nous pouvons citer la valeur de *Tradition.* La forme du réceptacle de café reprend l'image d'une cafetière italienne.

La valeur de *Liberté* est implémentée. L'appareil permet à l'utilisateur de choisir librement le dosage de son café, en étant un produit au service de l'utilisateur et non l'inverse.

Le chainage VFS résultant permet ainsi de dire qu'à chaque valeur, on peut associer des concepts de produit. L'avantage de ce chainage est de pouvoir sélectionner des concepts ou en fonction de valeurs ou groupe de valeurs. Le chainage cognitif est un outil d'aide à la décision qui permet de définir le groupe de concepts idéal correspondant à un groupe de valeurs personnelles, et inversement. Ces informations sur les valeurs permettent par la suite de cibler les options de conception les plus importantes pour une type de population ayant des valeurs personnelles définies.

4.2.8. Synthèse de l'expérimentation EXP1

Cette première expérimentation EXP1 a permis de recueillir des données de base à partir d'un questionnaire et de travailler sur la validation de la première hypothèse H1. La première hypothèse H1 stipule que : **« Les Valeurs peuvent s'intégrer dans la définition des profils environnementaux des utilisateurs d'un produit lors de sa conception ».** Cela suppose la possibilité de concevoir des produits à faible impact environnemental avec une prise en compte des dimensions subjectives associées au Kansei dans la définition de l'utilisateur. Le synoptique de l'expérimentation EXP1 avec les 3 grandes étapes correspondantes est présenté dans la **Figure 49**.

La première expérimentation EXP1 a comporté plusieurs parties que nous avons représentées dans le synoptique de la **Figure 49**. Voici les 5 principaux résultats qui sont à considérer à l'issue de cette première expérimentation :

- **Résultat 1-1** : Acquisition d'une quantité importante d'information sur les utilisateurs, une banque de données utilisable pour de futurs traitements
- **Résultat 1-2** : Etablissement d'un modèle de segmentation d'utilisateurs en éco-valeurs
- **Résultat 1-3** : Mise en œuvre d'une séance d'observation et d'analyse de tâche autour d'un scénario d'utilisation pour 2 modèles utilisateurs.
- **Résultat 1-4 :** Déroulement de la phase amont de la conception de produit dont la génération de concept par une séance de créativité.

- **Résultat 1-5** : Caractérisation du chainage cognitif Valeurs-Fonctions-Solutions.

En amont, le recueil de données caractérisé par la réalisation d'un web questionnaire contenant 98 questions, a permis de récolter une quantité conséquente de données sur l'utilisateur : 105 répondants dont 72 ayant complété les 7 sections du questionnaire. Ces données collectées partent d'éléments basiques sur les individus, leurs modes de vie, leurs modes de consommation, leurs valeurs personnelles, leurs rapports avec les problèmes environnementaux, et leurs modes d'interactions face à l'utilisation de produits spécifiques. Le premier résultat marquant qui découle directement de cette phase de recueil est cette importante quantité d'information **(Résultat 1-1)**. Le traitement de l'information issue de ce questionnaire a permis de générer un modèle de segmentation des utilisateurs en fonction des valeurs personnelles et de la sensibilité environnementale **(Résultat 1-2)**.

Une session d'observation et d'analyse de tâche a complété l'expérimentation EXP1. Nous avons initié cette seance afin d'observer le comportement réel des utilisateurs avec un produit **(Résultat 1-3)**. Ceci a permis de valider ou de compléter les informations issues des enquêtes, et de constater la différence qui existe entre ce qui est généralement dit par l'utilisateur dans les réponses aux questionnaires et les actions réalisées lors de l'execution de la tâche. Nous avons recruté les participants en fonction de leur sensibilité environnementale. Ainsi, les différentes subtilités entre les deux groupes de personnes ayant des sensibilités environnementales différentes ont été observées.

Par la suite, nous avons mis en œuvre le processus amont de la conception de produit dans le cadre de la conception d'une machine à café **(Résultat 1-4)**. L'objectif a été de génerer un concept innovant de machine à café à usage responsable envers l'environnement. Il s'agit d'orienter les choix de conception en fonction des valeurs personnelles des utilisateurs. Les résultats relevés dans le questionnaire ont alimenté la phase d'information. Une séance de créativité suivie d'une formalisation numérique ont été utilisées dans la phase de génération de concepts. L'évaluation a été réalisée à l'aide d'un questionnaire. Ce résultat a permis de mettre en avant relation entre les valeurs subjectives et un concept de produit. Nous avons ainsi caractérisé ce lien spécifique par l'intermédiaire du chainage cognitif Valeurs-Fonctions-Solutions **(Résultat 1-5)**.

4.2.9. Limites de l'expérimentation EXP1

Le Questionnaire est un outil universel et efficace pour recueillir des informations brutes auprès d'une population variée. On peut relever des difficultés malgré la simplicité de cette méthode. En effet, si l'objectif est de pouvoir récupérer un maximum d'informations, ce qui suppose de présenter un nombre important de questions, cet idéal n'est pas toujours réalisable. Plus il y a de questions, plus les participants risquent de ne pas répondre de manière pertinente, ou même de ne pas répondre tout court. Il est donc nécessaire de faire un compromis entre cet objectif idéal et la taille du questionnaire. On ménage ainsi le répondant afin qu'il donne le plus d'informations pertinentes possibles. Dans notre cas, nous avons essayé de contourner ce problème en proposant un questionnaire en plusieurs sections séparées, de manière à limiter la surcharge cognitive des répondants.

Une autre difficulté relative aux questionnaires réside dans la pertinence des réponses proposées par les répondants. En effet, les réponses avancées dépendent largement de la sensibilité des répondants et peuvent ne pas correspondre à la réalité. Nous avons relevé ce point dans le Résultat 1-2. Nous avons effectivement constaté une différence entre les réponses dans le questionnaire et les actions réelles effectués par l'utilisateur. Même si la quantité de données relevées est importante, la pertinence des informations repose aussi sur la manière de formuler les questions. Elles doivent être rédigées de manière à rassurer le répondant. On limite ainsi les réponses inexploitables.

Etant donné le nombre important de questions, nous avons opté pour un maximum de questions à choix multiples dans notre enquête. D'un côté, cela facilite le remplissage du questionnaire, mais d'un autre côté trop de réponses fermées limitent effectivement le choix des répondants. Il peut arriver que le répondant ne trouve pas la réponse escomptée parmi la liste proposée, ce qui occasionne de la frustration. Sur une sélection de questions, il est alors intéressant de compléter le questionnaire par un interview.

En ce qui concerne le traitement des informations, nous avons effectué des manipulations de tris et de croisements avec Microsoft Excel. Les tableurs de Microsoft Excel nous ont permis de corréler les données. Ce mode de traitement a permis de valider les résultats. Par la suite, il serait intéressant d'envisager un traitement plus approfondi qui fait appel à l'utilisation de méthodes ou d'outils statistiques plus complexes de type ACP pour traiter les informations.

Enfin, nous avons mis en avant les valeurs personnelles dans cette Expérimentation EXP1. Comme nous l'avons mentionné, les valeurs font partie des informations subjectives associées au Kansei. Il existe d'autres facteurs Kansei qui véhiculent ces informations subjectives. Le travail sur les valeurs personnelles est suffisant vis-à-vis de notre objectif de recherche. Par contre, il est intéressant de réfléchir sur la perspective de la reproductibilité de cette expérience afin de pouvoir étendre cette vision vers les autres facteurs Kansei telles que l'émotion, la sémantique, et l'expérience.

4.2.10. Discussion sur les résultats de l'expérimentation EXP1 au regard de l'hypothèse H1

En conclusion, le traitement de l'information issue du questionnaire a permis de générer un modèle de segmentation des utilisateurs en fonction des valeurs personnelles et de la sensibilité environnementale **(Résultat 1-2)**. Ce modèle de segmentation orienté autour des valeurs montre bien que nous pouvons présenter une interprétation des éco-valeurs dans la définition des utilisateurs **(voir Figure 58)**. Cette conclusion répond à notre hypothèse *H1.A : les valeurs personnelles peuvent être segmentées en groupes d'éco-valeurs*. En validant l'hypothèse H1.A, nous mettons en évidence la modélisation de l'EcoKansei de l'utilisateur en passant par une meilleure compréhension de l'utilisateur.

La mise en œuvre du chainage cognitif Valeurs-Fonctions-Solutions **(Résultat EXP1-5)** a permis de dire qu'il était parfaitement possible de générer des concepts de produits qui prenant en compte les valeurs des utilisateurs. La possibilité de générer un concept de produit à usage responsable envers l'environnement en prenant en compte les valeurs personnelles des utilisateurs est ainsi mise en avant. Ce Résultat 1-5 répond à notre hypothèse *H1.B : il est possible de concevoir un produit à usage responsable envers l'environnement en intégrant les valeurs personnelles*. L'hypothèse H1.B étant validée, nous traitons par analogie l'intégration des éco-valeurs dans la conception de produits, et mettons ainsi en avant la possibilité d'intégrer des éléments EcoKansei dans la conception de produits.

Nous pouvons modéliser une interpréation de l'EXP1 à l'aide de l'illustration ci-dessous. En effet, par l'intermédiaire du resultat 1-2, le modèle de segmentation en Eco-valeurs nous permet de caractériser le lien entre un groupe d'utilisateurs et un groupe de valeurs. Par l'intermédiaire du Résultat 1-4 et 1-5, le chainage cognitif Valeurs-Fonctions-Solutions nous permet de faire la liaison entre les valeurs et les concepts de produits.

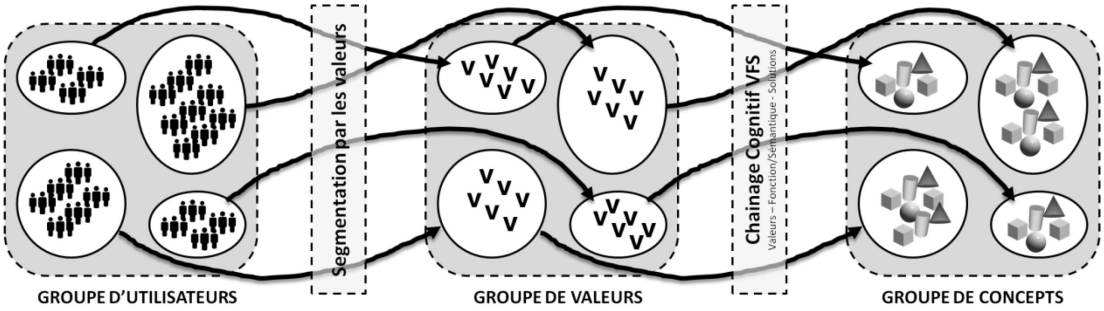


Figure 68. Illustration des résultats acquis dans l'expérimentation EXP1

A l'issue de cette expérimentation EXP1, nous supposons que nous pouvons valider l'hypothèse H1 qui stipule que les facteurs Kansei peuvent effectivement s'intégrer dans la définition des caractéristiques des utilisateurs lors de la conception des produits à faible impact environnemental.

4.3. EXPERIMENTATION EXP2 : Conceptualiser les émotions stimulatrices de comportements pro-environnementaux dans la conception de produits

4.3.1. Objectif de l'expérimentation EXP2

Dans nos expérimentations, nous voulons observer que les attributs Kansei sont des éléments qui ont de l'influence du point de vue environnemental dans la conception de produit. Nous traitons les attributs Kansei *Valeurs* et *Emotions* dans nos expérimentations. Les valeurs ramènent à des considérations stables dans le temps sur la définition des profils, donc plutôt statiques. Les émotions font appel à des aspects comportementaux à un instant donné, qui sont plutôt dynamiques. Bien qu'elles fassent partie des attributs Kansei, leurs caractéristiques sont différentes et nécessitent des traitements séparées et unitaires.

Dans l'expérimentation EXP1, nous avons cherché à intégrer les Valeurs personnelles dans les modèles utilisateurs. Dans l'expérimentation EXP2, nous allons au-delà de cette définition, en intégrant un autre attribut Kansei : les Emotions. Ceci nous amène à une compréhension du lien spécifique entre les émotions et les comportements environnementaux envers le produit. L'expérimentation EXP2 doit nous permettre de valider ou d'invalider la seconde hypothèse H2 : *les attributs Kansei (émotions) peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental.*

L'expérimentation EXP2 porte plus précisément sur l'interaction d'un utilisateur avec un artefact. Pour rappel, nous savons que beaucoup de facteurs peuvent entrer en compte dans la représentation d'une interaction entre un individu et un artefact. Les caractéristiques internes de l'utilisateur, le contexte et l'environnement, ainsi que les éléments physiques du produit peuvent avoir un impact sur la qualité et le déroulement de cette interaction. Parmi ces facteurs, ceux qui nous importent tout particulièrement dans le cadre de la réalisation de cette expérimentation sont ceux qui se rapportent aux études Kansei, avec notamment les dimensions sémantiques et émotionnelles.

Si l'on revient sur le modèle d'interaction Utilisateur-Produit précédemment introduit dans le paragraphe **§ 4.1.1** en page 109 **(Figure 46)**, nous pouvons positionner cette deuxième expérimentation EXP2 sur la seconde boucle d'interaction. La **Figure 69** reprend ce modèle. La boucle correspondant à l'expérimentation EXP2 est représentée en couleur.

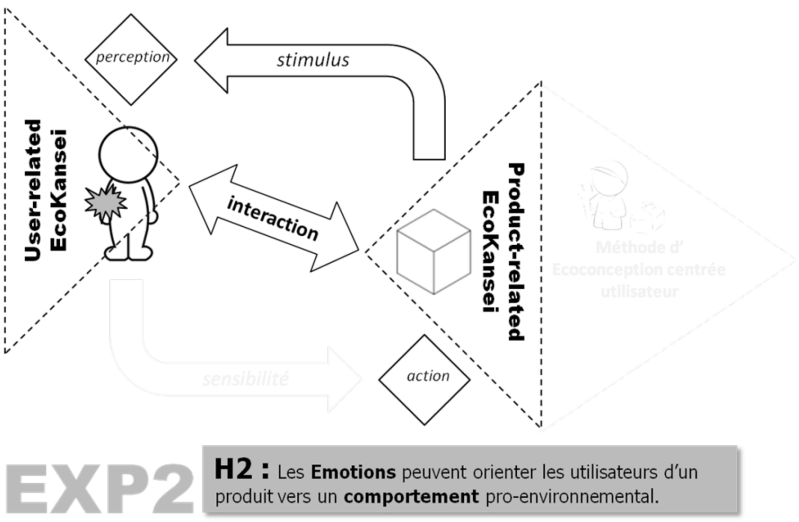


Figure 69. Positionnement de l'expérimentation EXP2

Le modèle présenté **Figure 69** représente l'utilisateur dans le cadre de l'interaction avec un artefact, avec une prise en compte des attributs EcoKansei. Nous appelons attributs EcoKansei les attributs Kansei qui se rapportent à la sensibilité environnementale. Comme nous l'avons défini dans le paragraphe **§ 4.1.1**, nous retrouvons dans cette représentation les attributs EcoKansei internes à l'utilisateur *(User-Related)*, et les attributs Kansei présents sur un artefact *(Product-Related)*. L'interaction Utilisateur/Artefact est représentée sous forme de boucles d'interaction. La seconde boucle d'interaction relate l'enchainement qui entraine un utilisateur à effectuer une action spécifique en adéquation avec le sens des attributs EcoKansei inhérents au produit.

D'après ce modèle, un attribut *EcoKansei* inhérent au produit est une caractéristique du produit qui est censée entrainer une action spécifique définie comme pro-environnementale. Dans un premier temps, cet attribut est un stimulus qui est perçu par l'utilisateur sous la forme d'une fonction ou d'un élément caractéristique du produit. Cette interaction se traduit au niveau de l'utilisateur par une réaction émotionnelle. Notre objectif est de confirmer que les facteurs subjectifs relatifs au Kansei interagissent dans le comportement de l'utilisateur à l'égard de l'environnement. Est-ce qu'un élément caractéristique du produit a un effet sur le comportement de l'utilisateur ? Est-ce que cette caractéristique du produit crée une affordance assez importante pour inciter l'utilisateur à agir dans le sens de l'environnement ?

La première expérimentation EXP1 a démontré que l'attribut EcoKansei interne à l'utilisateur « Valeurs » est modélisable en conception. Cette deuxième expérimentation EXP2 démontre que la sensibilité environnementale de l'individu dépend du point de vue EcoKansei lors de l'interaction avec un produit. L'attribut Kansei que nous testons dans le cadre de cette expérimentation est l'attribut *Emotions*. Pour rappel, le **Tableau 44** résume l'hypothèse H1 et les deux sous-hypothèses H1.A et H1.B.

Tableau 44. Résumé de l'hypothèse H2 et des sous-hypothèses H2.A et H2.B

Hypothèse H2 : Les Emotions peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental	
H2.A : *Emotions → Sensibilité Env.* Les émotions interagissent avec la sensibilité environnementale des utilisateurs	**H2.B : *Stimulus → Comportement*** Les attributs du produit qui induisent des émotions peuvent influencer le comportement de l'utilisateur

4.3.2. Méthode de l'expérimentation EXP2

Nous nous positionnons toujours en phase amont de la conception de produit. Le processus amont de la conception représente les étapes préliminaires à la conception de produit, comme nous l'avons présenté dans notre Etat de l'Art en paragraphe **§ 2.5.3**, ainsi que la **Figure 33** qui présente le positionnement de la phase amont dans le processus de conception d'Ulrich & Eppinger. Nous avons déjà observé au cours de l'expérimentation EXP1 le déroulement de cette phase amont de la conception autour de la conception d'un produit. Notre expérimentation EXP2 se positionne sur ce processus amont. La mise en œuvre de chaque phase : informationnelle, générationnelle, évaluation et décision, est appuyée par différents outils utilisés dans chacune de ces étapes. La **Figure 70** présente l'articulation de l'expérimentation EXP2 autour du processus amont de la conception de produits.

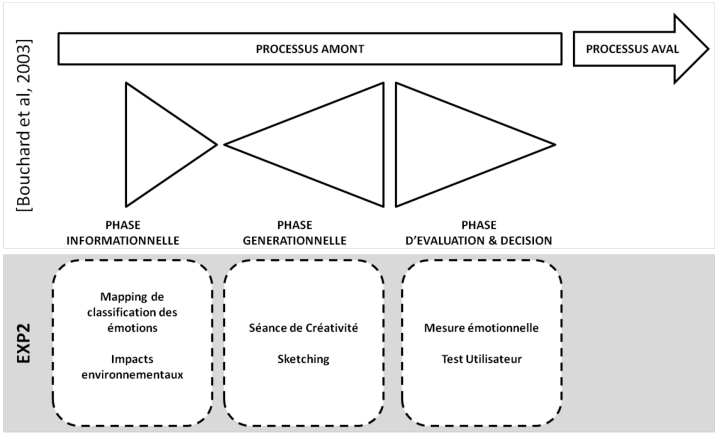


Figure 70. Positionnement de l'expérimentation EXP2 au sein du processus amont de la conception de produits

On retrouve dans la phase d'information des données sur le produit d'étude : la machine à café, sur les catégories d'impacts environnementaux, ainsi que les éléments issus du premier **Résultat 2-1**. Le premier résultat définit les catégories d'émotions en fonction de leur valence et de leur capacité à engendrer des actions. Ce résultat, appuyé par notre Etat de l'Art permet entre-autre de justifier notre choix de données d'entrée. Ces données d'entrée sont caractérisées par une émotion particulière à mettre en œuvre dans l'expérimentation.

La phase de génération est représentée par une séance de créativité durant laquelle des idées de concepts sont générés, puis formalisés à l'aide de fiches idées. Les fiches idées sont par la suite évaluées. Enfin la phase d'évaluation et de décision consiste à présenter le concept réalisé aux utilisateurs afin de réaliser un test d'évaluation. L'outil questionnaire est utilisé dans le cadre de cette évaluation. Le **Résultat 2-2** est la conceptualisation de l'émotion « Culpabilité » envers l'environnement en conception de produit. Ce résultat 2-2 englobe donc plusieurs étapes du processus de conception amont.

La **Figure 71** présente les 3 phases de l'expérimentation EXP2. Les différentes phases du processus de conception amont sont illustrées dans la démarche.

(1) Phase d'information : **Résultat 2-1 (§ 4.3.3)** et **(§ 4.3.4.2)**
(2) Phase de génération : **(§4.3.4.3)**
(3) Phase d'évaluation et décision **(§ 4.3.4.4)**

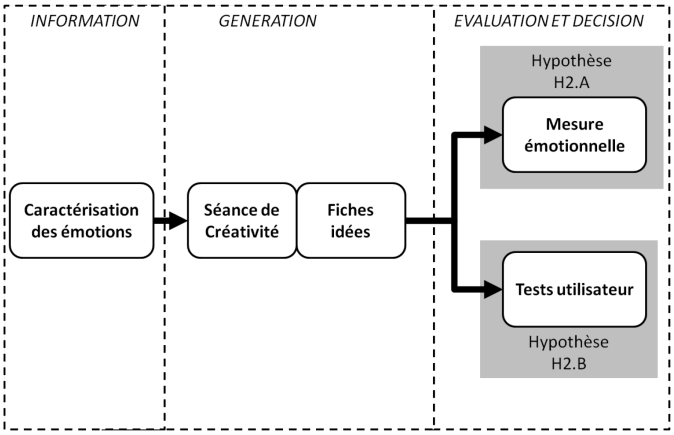


Figure 71. Synoptique de l'expérimentation EXP2

Une première phase « Caractérisation des Emotions » dans la phase d'information permet de caractériser les données d'entrées qui sont les émotions et les impacts environnementaux. Une seconde phase de génération « Production d'idées » constituée par une séance de créativité, à l'issue de laquelle les concepts sont présentés sous forme des fiches idées. Un ou deux concepts issus de ces fiches idées sont sélectionnés afin de réaliser la troisième composante. Une troisième phase « Mesure Emotionnelle et test utilisateur » qui correspond à la phase d'évaluation et décision finalise l'expérimentation EXP2. La mise en œuvre de l'expérimentation est appuyée par différents outils utilisés dans chacune de ces phases. Nous avons retenus deux résultats majeurs à l'issue de l'expérimentation EXP2 : Résultat 2-1 **(§ 4.3.3)** et Résultat 2-2 **(§ 4.3.4)**.

4.3.3. Résultat 2-1 : Mapping des émotions (130 émotions)

4.3.3.1. Introduction

L'expérimentation EXP2 comporte plusieurs phases comme nous l'avons précisé dans le paragraphe précédent. La première phase de l'expérimentation EXP2 est la caractérisation des émotions. Etant donné que nous positionnons cette démarche en conception amont, cette étape de caractérisation de données correspond à la phase informationnelle du processus. Cette phase de caractérisation des émotions permet de justifier le choix des informations utilisées en entrée des autres étapes du processus : phases de génération, évaluation et décision.

4.3.3.2. Déroulement de la sélection des émotions

Nous souhaitons créer un mapping des émotions. Pour mettre en œuvre ce travail, nous présentons dans la **Figure 72** les différentes étapes du protocole de sélection.

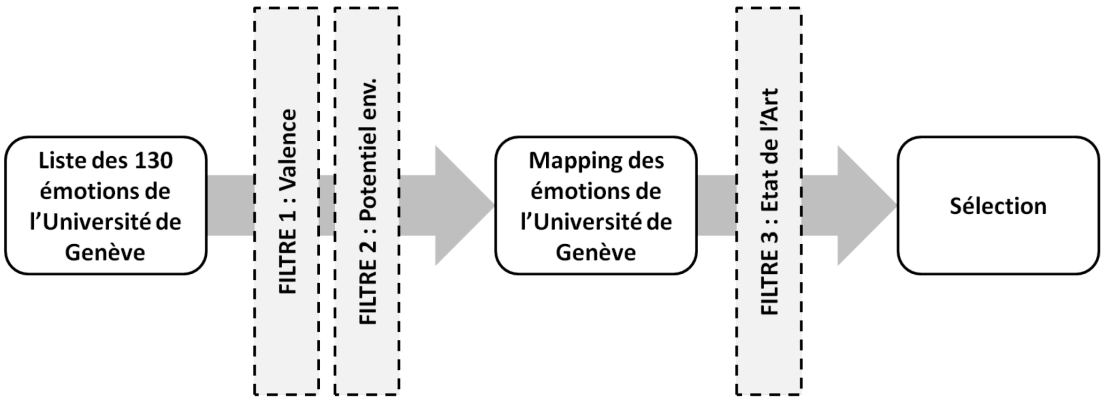


Figure 72. Démarche de caractérisation des émotions

Nous avons 3 niveaux de filtrage de l'information allant du plus général au spécifique. Nous partons d'une liste de 130 émotions **(Geneva Emotion Research Group, 1988)**. Nous effectuons par la suite des étapes successives de filtrage pour arriver à un choix spécifique. Les étapes de filtrage *Filtre1 et Filtre2* catégorisent ces 130 émotions suivant 2 critères : Valence (+, -) et Potentiel Environnemental (+, -). Ces deux critères permettent de dresser un mapping de positionnement de l'ensemble des émotions. L'étape de filtrage *Filtre3* enrichit le mapping avec des informations de l'Etat de l'Art. On y retrouve notamment tout ce qui traite des émotions en Psychologie Environnementale (voir **§ 2.5.7**). La sélection des données d'entrée se fait à l'issue des ces différentes étapes de filtrage. Les informations retenues servent de

données d'entrée pour l'étape de génération de concept. La liste des émotions de Genève est le point de départ de notre démarche (voir **Tableau 21**). La première tache consiste à réaliser les 2 premiers filtres à partir de ces émotions. Les critères qui nous permettent de filtrer cette liste sont les suivants :

- La valence,
- Le potentiel environnemental,
- La faisabilité.

La valence désigne une catégorie de l'émotion, il peut s'agir d'une émotion positive (*valence+*) ou une émotion négative (*valence-*). Le potentiel environnemental est une indication qui permet de dire si l'émotion désignée est susceptible d'entrainer une action pro-environnementale (*potentiel+*) ou n'est pas susceptible d'en entrainer (*potentiel-*). Et enfin, la possibilité de réalisation indique si l'émotion est intégrable dans un type de produit (*Réalisable/Non réalisable*).

Le résultat de la classification est représenté sous forme de Mapping. Les 2 premiers filtres représentent les axes du Mapping (voir **Figure 73**). Le dernier filtre est une mention apposée sur l'émotion.

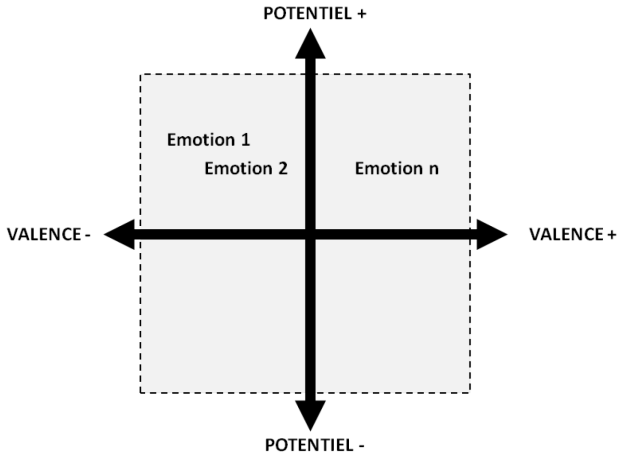


Figure 73. Modèle du mapping de classification

Nous avons classifié les émotions en fonction de ces filtres. Pour ce faire, nous nous sommes servis d'une série de questions pour mener une réflexion sur le positionnement de chaque émotion sur le graphique. Le **Tableau 45** résume les questions posées.

Tableau 45. Questions proposées pour le positionnement des émotions sur le mapping.

Critère	Question posée pour l'émotion « x »
Valence	Est-ce que l'émotion « x » est positive ou négative ?
Potentiel Environnemental	Si vous ressentez l'émotion « x», est-ce que cela vous incite à faire au moins une action pour l'environnement : Essayer le bouton « Eco » de votre machine à laver ? Commencer à trier vos déchets ? Eviter de laisser le chauffage en cas d'absence? Prendre moins de douche ? Débrancher la prise de la télé le soir ? Eteindre le modem quand il n'y a personne à la maison ? Eteindre votre PC en partant du boulot ? Faire un don à WWF ? …
Faisabilité	Est-il envisageable de stimuler l'émotion « x » par l'intermédiaire d'un artefact physique ?

Les émotions sont passées au crible de ces questions, et regroupées sur le Mapping en fonction des trois critères : (1) valence, (2) potentiel environnemental et (3) faisabilité. On constate que la liste des émotions contient beaucoup de synonymes. Nous regroupons ainsi les émotions similaires. Le résultat de cette classification est présenté sur le Mapping de la **Figure 74**.

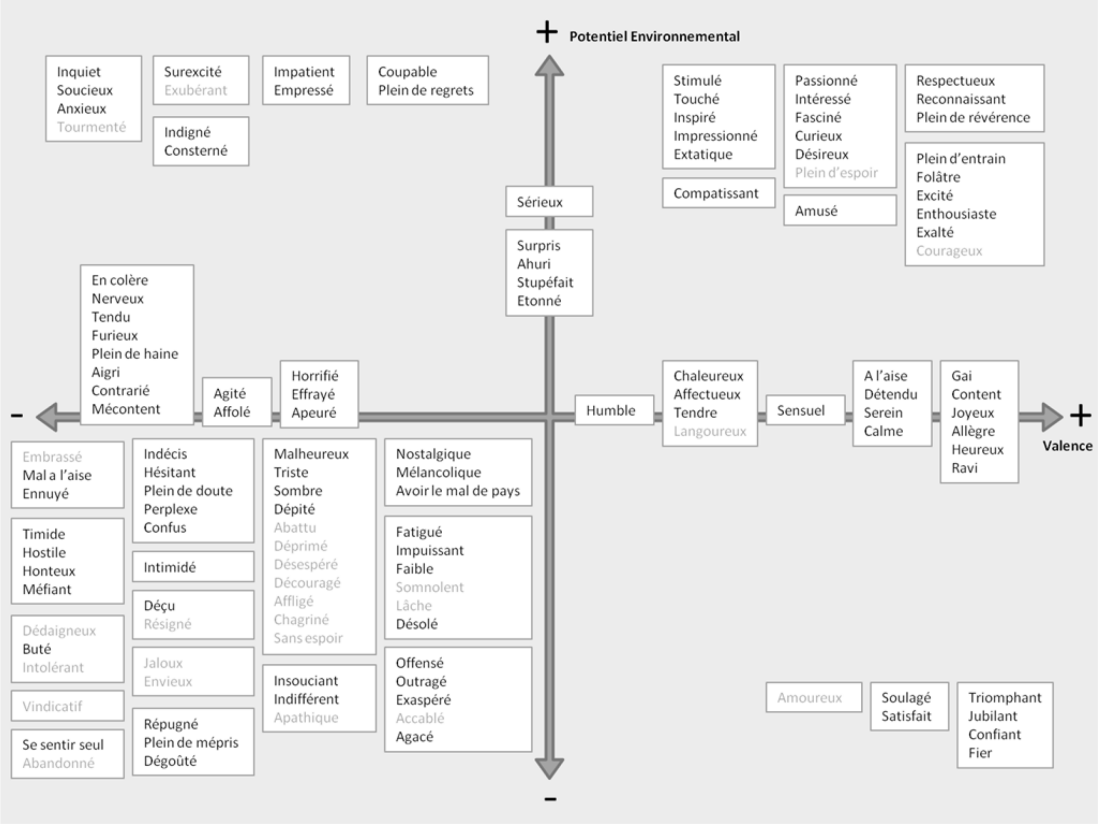


Figure 74. Mapping de classification des émotions, d'après la liste initiale

Les 2 axes représentent les 2 premiers filtres (1) valence, (2) potentiel environnemental. Le troisième filtre (3) Faisabilité est mentionné par la couleur de police (émotions irréalisables représentées en plus clair).

La classification des émotions autour des deux axes est réalisée de manière subjective, et la pertinence des questions sur certaines émotions est posée. On constate la difficulté que nous avons eu à répondre aux questions, notamment sur le critère du potentiel environnemental. En effet, il n'est pas aisé d'imaginer se projeter dans la situation d'un utilisateur qui ressent une émotion quelconque et d'arriver à imaginer l'action qu'il est susceptible de faire devant un produit, par rapport à l'environnement. On constate en effet que toutes les émotions ne sont pas transposables en utilisant ce type de questions. Par conséquent, le Mapping est suffisant pour obtenir des indications préliminaires sur une orientation quant au positionnement des émotions. Par contre, une perspective d'utilisation plus exploratrice nécessite une validation plus objective de l'emplacement des émotions.

4.3.3.3. Regroupement des synonymes

Un travail complémentaire est réalisé afin de justifier du regroupement des émotions en termes de synonymie. En effet, la liste des émotions est relativement exhaustive mais on se

rend compte de l'existence de redondances. Ce travail complémentaire a pour ambition d'affiner la liste initiale. Pour ce faire, nous procédons à un repérage des synonymes, puis nous représentons les relations à l'aide d'un graphique de type Social Network Graph. Le programme utilisé pour représenter le résultat est logiciel libre pour l'informatique statistique et graphique qui s'appelle R. A l'aide de ce programme, il est possible de représenter graphiquement les relations entre les émotions, et de déceler ainsi les synonymes et les correspondances entre ces émotions (voir **Figure 75**).

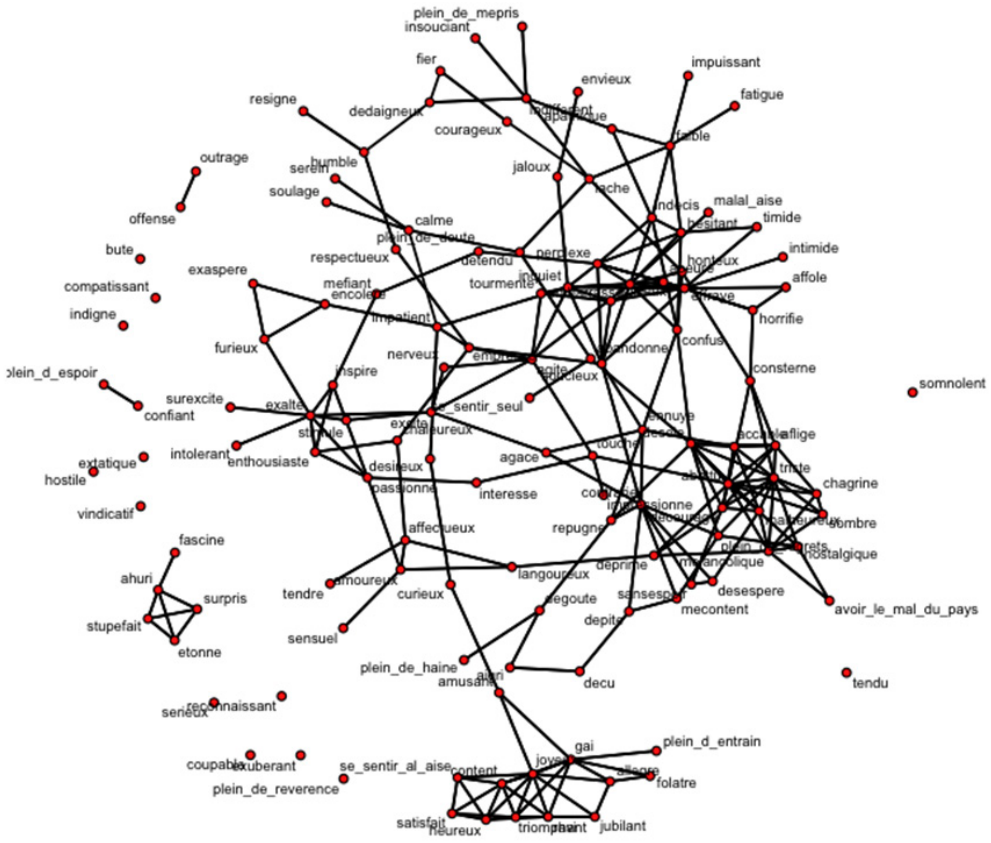


Figure 75. Résultat obtenu avec le logiciel R

Ce graphique permet non seulement de repérer les corrélations entre les émotions, mais en même temps d'observer des nœuds entre plusieurs émotions. Ces nœuds forment des groupes d'émotions qui vont avoir une sémantique similaire. Cette structure en réseau permet de caractériser le lien entre plusieurs groupes d'émotions.

En ramenant les résultats de cette étude sur notre Mapping, on peut observer visuellement les groupements de certaines émotions en fonction d'autres. La **Figure 76** représente ce résultat de positionnement des émotions avec les résultats de R sur notre Mapping.

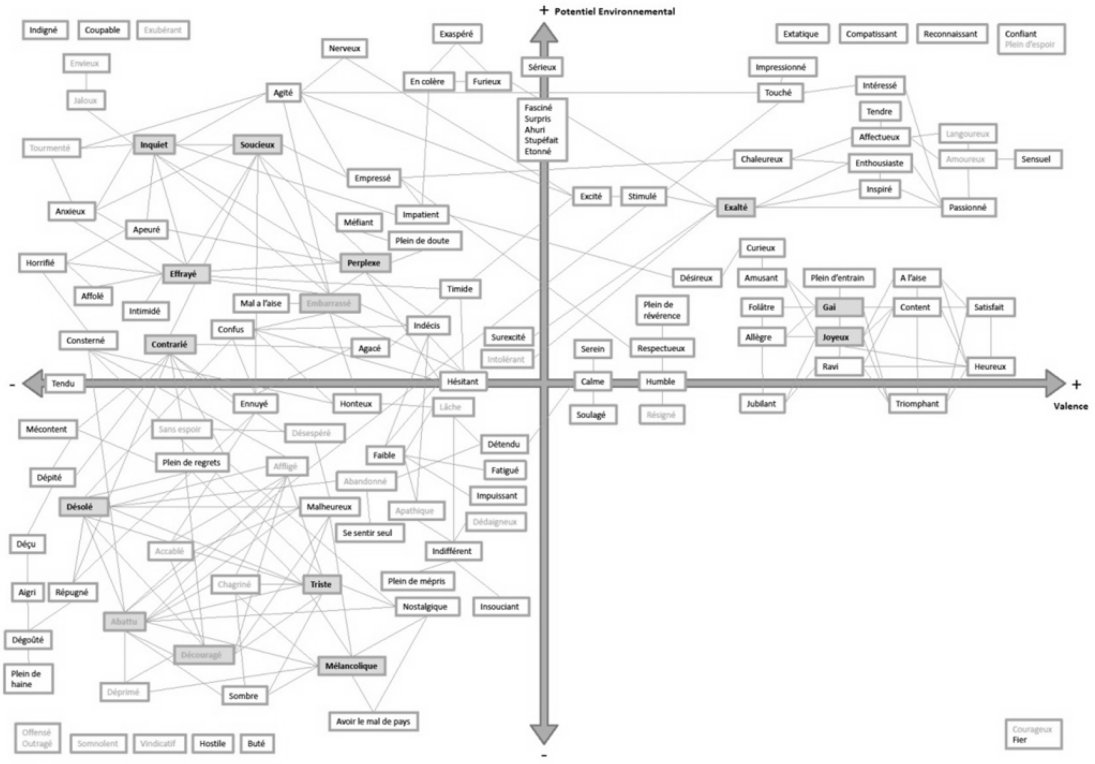


Figure 76. Mapping de positionnement des émotions avec les résultats de R

Cette classification n'a pas d'incidence particulière sur notre choix d'émotion pour notre actuelle expérimentation, mais elle serait d'une grande utilité pour le choix d'émotions particulières lors d'une reproduction ultérieure de l'expérience. Ce travail avec le programme R a été mené avec une étudiante Ingénieur dans le cadre d'un projet d'expertise, et fera l'objet d'une publication commune et plus spécifique dans une revue de type Journal Of Statistical Software.

4.3.3.4. Sélection finale des données d'entrée

Nous voulons caractériser les émotions afin de pouvoir les intégrer dans notre choix de données d'entrée. L'Etat de l'Art montre que dans le domaine de la psychologie environnementale il existe un certain nombre d'émotions qui sont activées lorsqu'on présente des images montrant les effets de la dégradation de l'environnement **(voir chapitre § 2.5.7)**. Ces émotions que l'individu peut ressentir sont : la *crainte*, la *tristesse/douleur*, la *colère*, et la *culpabilité* **(Kollmuss & Agyeman, 2002)**. Nous nous basons sur ces quatre émotions pour effectuer notre analyse. Le **Tableau 46** résume le positionnement de ces quatre émotions sur le mapping de la **Figure 74**.

Tableau 46. Positionnement des quatre émotions

	VALENCE	POTENTIEL	REALISABILITE	CATEGORI	CHOIX
Crainte	Valence-	Potentiel+	O	Primaire	N
Tristesse/douleur	Valence-	Potentiel-	O	Primaire	N
Colère	Valence-	Potentiel+	O	Primaire	N
Culpabilité	Valence-	Potentiel+	O	Secondaire	O

Nous avons écarté l'émotion *Tristesse/douleur* de la liste étant donné qu'elle a un potentiel environnemental un peu moins important que les autres émotions de la liste.

Par la suite, l'Etat de l'Art nous a présenté des modèles émotionnels (**chapitre § 2.6.8).** Les émotions sont catégorisées en émotions primaires et émotions secondaires. Les émotions primaires sont plus intenses, et à mesure qu'on s'approches des secondaires, l'intensité baisse **(Scherer, 2005)**. Compte-tenu de ces informations, la **Figure 77** représente le positionnement des 4 émotions qui nous intéressent sur la roue de Plutchik **(Plutchik, 1980).** On y observe les différents niveaux d'intensité des émotions primaires et secondaires.

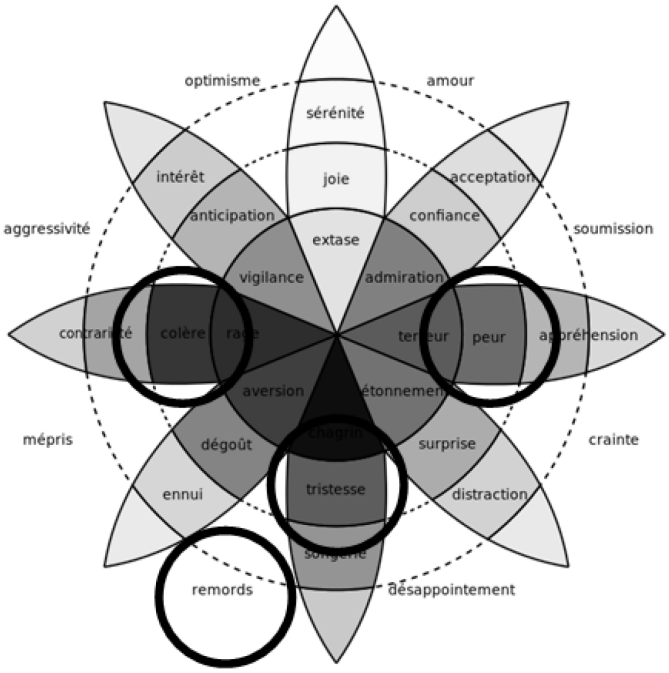


Figure 77. Positionnement des émotions retenues sur la roue des émotions de Plutchik

Les émotions primaires sont très intenses et relèvent d'un état statique à l'instant. Ce sont des émotions difficilement modélisables et reproductibles sur un produit, car elles dépendent de beaucoup de facteurs aléatoires et difficilement contrôlables. Ces émotions primaires sont donc trop intenses pour être implémentées en tant que stimuli sur un produit **(voir chapitre § 2.6.8 de l'Etat de l'Art)**.

On retrouve deux de nos quatre émotions parmi les émotions primaires : *Crainte* et *Colère.* Par conséquent, pour notre expérimentation, l'émotion la plus intéressante est l'émotion *Culpabilité*. Nous retenons donc cette émotion *Culpabilité*.

Emotion retenue : *Culpabilité* envers l'environnement

4.3.4. Résultat 2-2 : Conceptualisation de l'émotion « Culpabilité » envers l'environnement en conception de produit

4.3.4.1. Introduction

Le principal résultat de la seconde expérimentation EXP2 concerne l'intégration de la dimension émotionnelle dans la conception de produit à orientation environnementale. Nous nous positionnons toujours en phase amont de la conception, comme nous l'avons indiqué dans le paragraphe **§ 4.1.2**. La phase amont de la conception représente les étapes préliminaires à la conception de produit **(voir chapitre § 2.5.3 et la Figure 33)**. Dans cet objectif, la phase de génération correspondante à ce processus amont est appuyée dans notre expérimentation EXP2 par une séance de créativité.

Figure 78. Participants lors de la séance de créativité de l'expérimentation EXP2

Nous réunissons 9 participants dans le cadre d'une séance de créativité que nous avons nommée '' Petit Déjeuner Créatif '' **(Figure 78)**. Nous souhaitons lors de cette séance de créativité mettre en œuvre l'émotion « culpabilité ». L'objectif est de générer des idées de concepts de machine à café culpabilisante envers l'environnement. Le protocole de la séance est décrit dans le **Tableau 44**.

Tableau 47. Protocole de la séance de créativité de l'expérimentation EXP2

Objectif	Générer des concepts de machine à café culpabilisante envers l'environnement
Critères d'orientation	Mise en situation par une série de purges Voir Tableau 48
Matériel disponible	Post-its, Papier, crayon, ordinateur, videoprojecteur, tableau blanc, Fiches idées
Participants	9 participants dont 4 ingénieurs et 5 designers 2 modérateurs
Durée	3 heures
Contexte	In-lab enregistrement video en continu
Auto-évaluation	Questionnaire de satisfaction Questionnaire de segmentation
Analyse des résultats	Transcription des résultats

Etant donné que nous nous positionnons en phase amont de la conception, nous retrouvons toujours dans cette séance de créativité les étapes du processus amont : *information*, *génération*, *évaluation* et *décision*.

4.3.4.2. Phase d'information : présentation des objectifs

Dans notre base informationnelle, nous avons retenu trois catégories d'information :

- le type de produit d'étude : une machine à café, (Cat1 : Produit)
- le besoin initial formulé : tourné vers un usage intégrant une prise en compte environnementale, (Cat.2 : Impact environnemental)
- et enfin le type d'émotion que nous souhaitons mettre en œuvre : la culpabilité envers l'environnement. (Cat.3 : Emotion)

Nous reprenons ici le type de produit étudié lors de la première expérimentation : une machine à café classique. Le besoin initial formulé est toujours lié à la conscience environnementale. Etant donné que nous souhaitons mettre en œuvre les émotions dans cette expérimentation, nous utilisons donc l'émotion « *Culpabilité* » que nous avons retenue dans notre précédent résultat **(voir Résultat 2-1)**.

4.3.4.3. Phase de génération de concepts : séance de créativité « petit déjeuner créatif »

Le cœur de la phase générationnelle est la production d'idées. Elle est mise en œuvre grâce à un outil spécifique de créativité : le brainstorming. Nous nous servons d'outils complémentaires afin d'appuyer cette séance de brainstorming. Le synoptique en **Figure 79** présente les différentes tâches de la séance de créativité. On observe 3 grandes catégories : **la mise en situation, la production d'idées et l'évaluation**. La séance de créativité organisée englobe majoritairement les activités correspondantes aux phases de production d'idée. Une partie des autres activités périphériques concernant les deux autres phases (mise en situation et évaluation) sont également réalisées. En effet, l'ensemble des activités réalisé durant la séance est représenté en clair (et non grisé) sur la **Figure 79**.

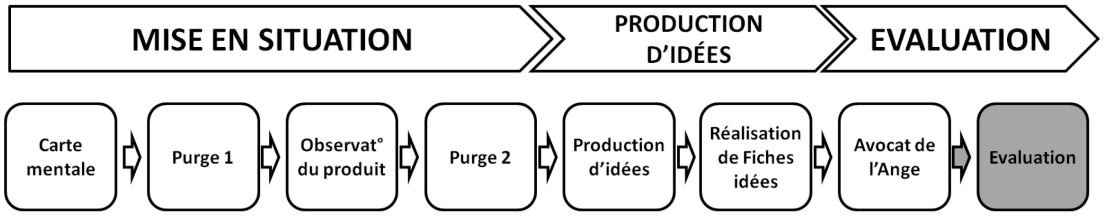


Figure 79. Les activités réalisées dans le cadre de la séance de créativité

La phase de *mise en situation* correspond à la traduction des informations obtenues dans la phase d'information. Nous appliquons en groupe une série de purges afin de mieux faire appréhender l'objectif demandé aux participants. Ces différentes purges permettent d'introduire les données d'entrée de la séance. Les données d'entrée correspondent aux différentes catégories d'informations relevées dans la phase d'information.

Le **Tableau 48** présente les différentes activités de cette étape de mise en situation, ainsi que les correspondances avec les catégories introduites dans les données d'entrée. Dans le cadre de notre séance de créativité, la phase de mise en situation est composée de 4 étapes : *Carte Mentale*, *Purge n°1*, *Observation du Produit* et *Purge n°2*. Ainsi, à l'issue de ces quatre étapes de mise en situation, les trois catégories informationnelles mentionnées (Produit, Impact environnemental et Emotion) sont en principe assimilées par les participants. Cela leur permet ensuite de passer à l'étape suivante : la production créative.

Tableau 48. Les 4 activités de l'étape de mise en situation lors de la séance de créativité 2

	Activité	Description de l'information présentée	Catégorie informationnelle		
			Cat.1 Produit	Cat. 2 Impact Env.	Cat. 3 Emotion
1	Carte Mentale	Les différents impacts des activités de l'Homme sur son environnement.		(X)	
2	Purge n 1	Les pratiques du quotidien qui font ressentir l'impact de ses activités sur la santé de l'environnement.		(X)	(X)
3	Observation du produit	L'observation du produit concerné (machine à café) lors de son utilisation.	(X)		
4	Purge n 2	Les pratiques de l'utilisation du produit concerné (machine à café) qui font ressentir l'impact de ses activités sur la santé de l'environnement.	(X)	(X)	(X)
#	[Production d'idées]	*Activités 5,6* voir Figure 79			
#	[Evaluation]	*Activités 7,8* voir Figure 79			

Activité n°1 : Carte mentale.

La première activité proposée pour mettre en situation les participants est **la carte mentale.** L'idée est d'introduire la notion d'impact environnemental aux participants afin qu'ils puissent garder en tête ces informations lors des exercices suivantes. Il leur est demandé de réfléchir sur les différents impacts des activités de l'Homme sur son environnement : *Selon vous, quels sont les différents impacts des activités de l'Homme sur son environnement?* Avec l'aide des animateurs, les idées sont formulées et classées par catégorie. Le résultat est présenté sous forme d'une Mindmap. La **Figure 80** résume le résultat de cette première phase de purge.

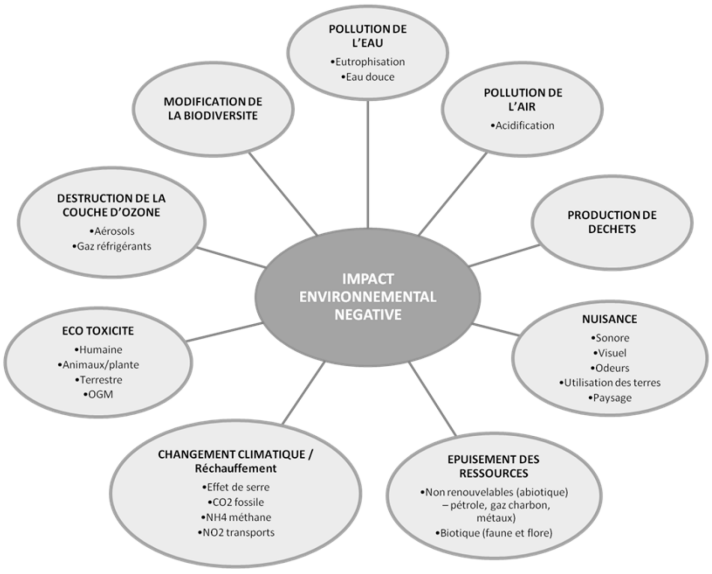


Figure 80. Les impacts de l'activité de l'Homme sur son environnement (résultat de la séance)

Activité n°2 : Purge n°1.

Dans la **purge n°1**, on propose de rapprocher les impacts environnementaux recensés dans l'activité n°1 vers des considérations plus orientées sur l'émotion *Culpabilité*. Il est demandé aux participants de se mettre dans le contexte de leur vie privée, et de réfléchir sur le déroulement de leurs actions quotidiennes. L'objectif est de recenser les moments pendant lesquels ils seraient susceptibles de se sentir coupables envers l'environnement : *Dans votre vie de tous les jours, quand ressentez-vous l'impact de vos activités sur la santé de l'environnement, aussi minimes soient-elles?*

Figure 81. Catégorisation des informations de la Purge n°1 sur un tableau blanc

On laisse un temps de réflexion aux participants afin qu'ils notent leurs idées sur les post-its. Les idées sont ensuite partagées et classées en catégories. La **Figure 81** présente le résultat de cette étape de catégorisation.

Tableau 49. Quantité d'idées formulées lors de purge N°1

Catégorie relevée		N idées
Produits		2
Achats		6
Transport		7
Consommation	Energie	14
	Eau	8
	Air et autres	6
Déchets		16
Total des idées formulées		58

En termes de résultat, nous avons recensé 58 actions quotidiennes qui ont été classées en 5 catégories. Le **Tableau 49** résume le nombre d'idées contenues dans chaque catégorie et le détail est présenté en annexe.

Activité n°3 : Observation.

L'**observation du produit** permet de présenter le produit d'étude. Nous profitons d'une pause pour réaliser cette tâche d'observation. Il est demandé à un des participants de se servir d'une machine à café que nous avons mise à disposition pour préparer le café. Les autres participants sont invités à observer son action. Cette observation leur permet de voir comment une action de préparation de café se déroule avec une machine à café classique. Ils

peuvent ainsi appréhender l'activité et n'auront pas de mal à se projeter dans cette action. La **Figure 82** représente l'espace de préparation du café lors de la séance d'observation.

Figure 82. Espace de préparation du café lors de la séance d'observation

Activité n°4 : Purge n°2.

La **purge n°2** a la même teneur que la première purge, mais avec en plus, la prise en compte de l'utilisation d'un produit particulier. Le produit en question est une machine à café. L'objectif demandé aux participants est de recenser les pratiques de l'utilisation d'un produit (machine à café) qui peuvent faire ressentir l'impact de ses activités sur la santé de l'environnement : *Vous prenez votre café, devant un distributeur, à la cafétéria ou chez vous avec votre machine à café, à quel moment précis pensez-vous que votre action a un impact sur l'environnement?*

Nous mettons à disposition des participants les résultats des deux premières activités (Carte mentale et Purge n°1) afin qu'ils s'en inspirent. De plus, grâce à la séance d'observation du produit, il leur est plus facile d'en appréhender l'utilisation, de se rappeler les différentes étapes de préparation de café, et enfin de recenser plus facilement les moments qu'ils jugent culpabilisants et répondre à l'objectif de l'exercice. La procédure est identique à celle de la Purge n°1. Après un temps de réflexion pendant lequel on demande aux participants de noter leurs idées sur les post-its, les idées sont ensuite partagées et présentées sous forme d'une liste de pratiques. Cette liste de pratiques est ensuite classée par priorité par les participants. Ce classement permet de visualiser quelles sont les pratiques les plus communes. Les pratiques les plus communes sont présentées dans le **Tableau 50** ci-après.

Tableau 50. Résultat de la purge n° 2 : les pratiques les plus communes

N	Pratique
P01	J'utilise des produits consommables (café, eau, sucre)
P02	J'utilise du plastique (spatules, capsules, packaging, gobelets)
P03	J'utilise la machine à café
P04	Je ne débranche pas la machine
P05	Ma machine augmente la température
P06	Ma machine augmente l'humidité
P07	Je mets les déchets à la poubelle
P08	Je jette ma machine cassée
P09	Je laisse ma machine allumée (position ON)
P10	J'utilise des doses individuelles (sucrettes) → emballage
P11	J'utilise le café encore emballé → emballage
P12	Je ne trie pas mes déchets
P13	Je laisse le café refroidir
P14	Je me suis trompé dans le dosage (trop d'eau, café, sucre)
P15	Je bois du café
P16	Ma machine fait du bruit
P17	Mon café a une odeur
P18	Ma machine est encombrante
P19	Ma machine est inesthétique
P20	Je ne suis pas observé en utilisant ma machine

La purge n°2 clôture la phase de *mise en situation.* Pour rappel, la **Figure 79** qui présente l'ensemble des activités. Le résultat résumé dans le tableau précédent est utilisé pour les exercices de production d'idées, que nous abordons dans le paragraphe suivant. Dans cette seconde phase, on recense 2 activités : production d'idées et génération de fiches idées.

Activité n°5 : Production d'idées.

La **production d'idées** permet de donner des solutions correspondant aux pratiques recensées. Nous demandons aux participants de réfléchir sur la question suivante : *Comment faire ressentir une pratique Pxx à l'utilisateur d'une machine à café ? Proposer une idée de concept qui répondrait à cette fonction.* On désigne par ***Pxx*** les différentes pratiques résultant de l'exercice précédent (Purge n°2), résumées dans le **Tableau 50**. Les participants réfléchissent à cette question, et inscrivent leurs réponses sur des post-its. Les réponses sont ensuite partagées avec les autres et apposées visuellement sur un tableau blanc. Le **Tableau 51** présente le résultat de cette production d'idées.

Tableau 51. Résultat de la production d'idées : les idées correspondantes aux pratiques

Pxx **(cf. Tableau 50)**	Idées
P01	Une machine qui ne marche qu'avec du café bio
P02	Une machine à café avec ses propres tasses, cuillères, etc. Une machine tout en plastique
P03	Compteur d'utilisation journalière de la machine
P04	Compteur en code couleur Machine à café solaire Compteur de consommation électrique Si je ne débranche pas, mon portable reste bloqué Lumière gênante
P05	Capteurs dans la salle
P06	Capteurs dans la salle
P07	Système de triage des déchets intégré dans la machine
P08	Pièces de remplacement interchangeables Indicateur d'usure pour jeter la machine
P09	Mise hors tension automatique Option Wifi : contrôle à distance Machine simule la fumée Image, vidéo… montrant les effets sur l'environnement Pot bloqué si l'appareil est allumé Bip Petite lumière
P10	Compartiment pour garder le sucre
P11	Vider tout emballage dans le compartiment du café Balance intégrée dans la machine pour doser le café Lecteur du code barres Utilisation du code barre des sachets de café pour ouvrir la machine
P12	Invitations à recycler sur la machine
P13	Change de couleur suivant la température chaude ou froide Tasse qui fait des avertissements sonores Affichage de la température
P14	Quand je mets de l'eau, elle affiche la quantité de tasse réalisable Indicateur du dosage
P15	Compteur de tasses
P16	Utilisation d'une fréquence inverse pour atténuer le bruit Utilisation du bruit de la machine comme réveil Utilisation d'un casque pour le bruit de la machine
P17	Soupir sonore
P18	Machine encastrée Machine pliable Machine de taille réduite Machine compacte Les accessoires de la machine peuvent se ranger dans le corps
P19	Cacher la machine Embaucher un designer
P20	Surveillance

Activité n°6 : Fiche idées.

L'objectif de cette activité est de proposer une représentation de concept en s'inspirant des idées formulées dans le résultat de l'étape précédente **(voir Tableau 51)**. Les idées sont formalisées sous forme d'esquisses dans une **fiche idée**. Le temps accordé pour cette activité est de 20 minutes. Le choix des idées à mettre en œuvre est laissé libre. Chaque participant choisit une ou plusieurs idées issues du tableau et doit formaliser une représentation d'un concept. Les résultats des fiches idées sont des concepts de machines à café un peu plus détaillés et illustrés que les idées issues du brainstorming, et que les participants ont développées d'une manière individuelle. 9 fiches idées sont recueillies. Les fiches idées sont présentées en Annexe. La phase de production d'idées est suivie par la phase d'évaluation (voir la **Figure 79** pour l'ensemble des activités). Une partie de la phase d'évaluation est également mise en œuvre durant la séance de créativité. Il s'agit de **l'Avocat de l'ange.**

Activité n°7 : Avocat de l'ange.

Chaque fiche idée est évaluée par 3 participants différents. Dans les principes de **l'avocat de l'ange**, seuls les avantages observés sont pris en compte. Les critiques négatives sont proscrites. Nous demandons aux participants évaluateurs de parcourir le concept dessiné dans chaque fiche idée et de répondre à la question : *Qu'est-ce que vous aimez dans ce concept?* Chaque fiche idée fait un total de 3 rotations d'évaluation. L'évaluation dure 10 minutes. Le résultat de l'avocat de l'ange est une liste d'avantages concernant chacune des idées proposées dans les fiches idées. Nous clôturons ensuite la séance en remerciant les participants pour leur collaboration.

4.3.4.4. Phase d'évaluation et de décision : test utilisateur et mesure émotionnelle

L'objectif de cette phase est d'évaluer les effets des émotions engendrées par un concept de produit sur les comportements de l'utilisateur lors de son interaction avec le produit. L'émotion ressentie entraine un comportement particulier sur le produit. Ce comportement particulier entraine un mode d'utilisation spécifique qui génère un impact environnemental. La relation entre ce concept innovant et la génération d'impact environnemental peut être identifiée et mesurée.

Pour arriver à cette identification, nous passons par les étapes suivantes :

- Activité 8 : Sélection
- Activité 9 : Formalisation
- Activité 10 : Evaluation

Activité n°8 : Sélection.

Le concept innovant proposé découle des recommandations liées aux stratégies d'Eco-conception développées pendant la séance de créativité. Nous nous servons des fiches idées présentées par les participants dans l'étape précédente en tant que support pour des tests utilisateurs.

Afin de réaliser ce test, les idées présentées dans les fiches idées sont tout d'abord retranscrites. Cette phase de retranscription est nécessaire car les idées présentées ne sont pas homogènes, et ne nous permettent pas de les présenter comme tel lors de l'évaluation. Ce manque d'homogénéité résulte du fait que les participants sont tous issus de domaines différents, avec des connaissances différentes, et des interprétations différentes. Cette compréhension différente associée avec des capacités à dessiner différentes entraine des différences dans les formes de représentation des concepts proposés. On remarque ainsi que selon le participant, designer ou ingénieur, certaines idées sont dessinées, et d'autres présentées sous forme de liste de fonctions. On ressent ainsi cette différence dans la qualité des réponses proposées dans les fiches idées. Pour surmonter cette difficulté, nous avons décidé de mettre à niveau les concepts proposées lors de cette transcription. Nous proposons de travailler sur une représentation plus générique. Nous réalisons une sélection parmi les idées proposées, afin de les intégrer dans un seul concept de machine à café. Les idées sélectionnées sont issues des informations les plus cités dans les différentes propositions.

La plupart des propositions dans les fiches idées représentent des concepts de machines à café qui informent l'utilisateur de l'impact d'une action sur l'environnement, et qui peuvent potentiellement le faire sentir coupable envers l'environnement. Bien que certains concepts soient représentés et dessinés, nous avons choisi de garder cette fonction d'information qui est citée dans toutes les propositions. Cette représentation du concept est une description plus

basique du concept et nous permet ensuite d'effectuer notre évaluation. Nous pouvons ainsi vérifier si l'utilisateur ressent l'émotion de culpabilité au contact de cette fonction du produit, et si par la suite, il réagit dans le sens d'une action pro-environnementale.

Activité n°9 : Formalisation.

Voici les fonctions retenues dans le concept, principalement orientées sur l'information visuelle :

Fonction 1 : message suggestif. La présence d'un écran qui permet d'afficher un certain nombre d'information : indicateur de consommation d'eau (litres), indicateur de consommation d'énergie (watts), indicateur de température du café (°C), réveil et Wifi. L'écran affiche des messages lorsque l'utilisateur fait une action qui a une répercussion négative sur l'environnement. Nous supposons que cette action est relevée automatiquement par l'appareil par analyse des paramètres de fonctionnement. Les informations qui s'affichent peuvent être de ce type :

- Dosage dépassé : Attention!! Trop d'eau pour 2 cafés
- Température basse : Attention!! Le café est presque froid
- Mise en veille demandée : Attention!! La cafetière est encore allumée
- Etc.

Fonction 2 : lumière rouge. En plus de l'affichage de message, l'appareil intègre un système d'éclairage qui le fait baigner dans une couleur rouge visible lorsque des informations qui méritent l'attention de l'utilisateur s'affichent sur l'écran.

Les fonctions retenues sont axées sur de l'information visuelle. Par ailleurs, l'appareil ne fait aucune action pour corriger l'action de l'utilisateur. Il se contente simplement de l'informer. La tâche de correction des actions revient à l'utilisateur. Par ce principe, on peut supposer que l'utilisateur effectue ces actions en fonction de sa culpabilité envers l'environnement. La **Figure 83** présente une illustration fonctionnelle de la machine à café.

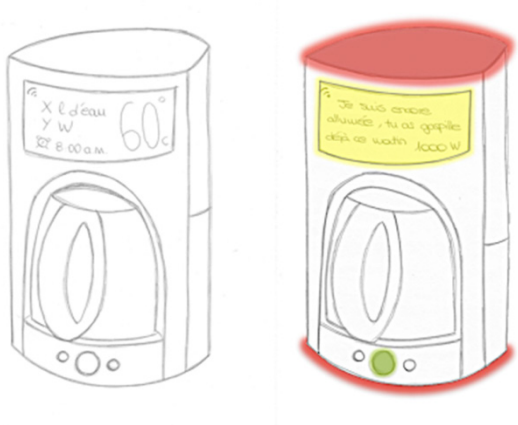


Figure 83. Illustration fonctionnelle du concept à évaluer

Activité n°10. Evaluation.

L'évaluation du concept se passe en deux temps : une première évaluation pour mesurer l'état émotionnel de l'utilisateur et une seconde évaluation pour évaluer son comportement. L'outil d'évaluation utilisé est un questionnaire qui comporte les éléments suivants : (1) une mise en situation, (2) une évaluation émotionnelle et (3) une évaluation comportementale.

Les évaluations comportent des grilles d'évaluation que nous présentons par la suite. La **Figure 84** présente la structure de cette activité.

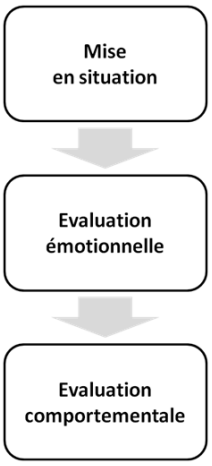


Figure 84. Structure du questionnaire d'évaluation

- *(1) Mise en situation :*

Dans ce questionnaire, nous proposons à 6 participants de se mettre en situation d'interaction avec le produit. Nous leur demandons de s'imaginer dans une situation d'utilisation de la machine à café :

Tu es chez toi un matin, tu te réveilles. Et comme tous les matins à ton réveil, tu vas préparer ton café avant d'aller travailler. Aujourd'hui tu as une nouvelle machine à café. Elle est très tendance, très design et super belle. Tu prépares ton café. En attendant, tu prends ton petit déjeuner sur la table de la cuisine. Puis soudain, la machine à café devient complètement rouge et baigne dans une lumière très visible. Tu te rapproches et tu vois un message qui s'affiche sur son écran clignotant. Il est écrit "J'ai fini ton café mais je suis encore allumée, tu as déjà gaspillé 1000 W ce matin"

- *(2) Evaluation émotionnelle :*

L'évaluation émotionnelle est une question avec différentiel sémantique suivant 5 critères, évaluée sur une échelle de Likert à 6 niveaux **(Tableau 52)**. Ainsi, pour effectuer cette mesure, la mise en situation de l'utilisateur est conjuguée avec la question suivante : *A la vue de cette lumière rouge et de ces informations sur l'écran, quel est ton ressenti par rapport à l'environnement ?*

Tableau 52. Echelle d'évaluation à différentiel sémantique avec échelle de Likert

		-3	-2	-1	+1	+2	+3	
CALME	Agité	○	○	○	○	○	○	Calme
CULPABILITE	Confiant	○	○	○	○	○	○	Coupable
APAISEMENT	Enervé	○	○	○	○	○	○	Apaisé
AGACEMENT	Amusé	○	○	○	○	○	○	Agacé
CURIOSITE	Indifférent	○	○	○	○	○	○	Curieux

Le résultat de cette évaluation est résumé dans la **Figure 85**. Le positionnement de chacun des 6 participants sur leur ressenti émotionnel à l'issue de l'interaction avec la fonction proposée par le produit est montré. Chaque participant est représenté par une ligne en couleur continue. La moyenne des réponses des participants est représentée en pointillés gras.

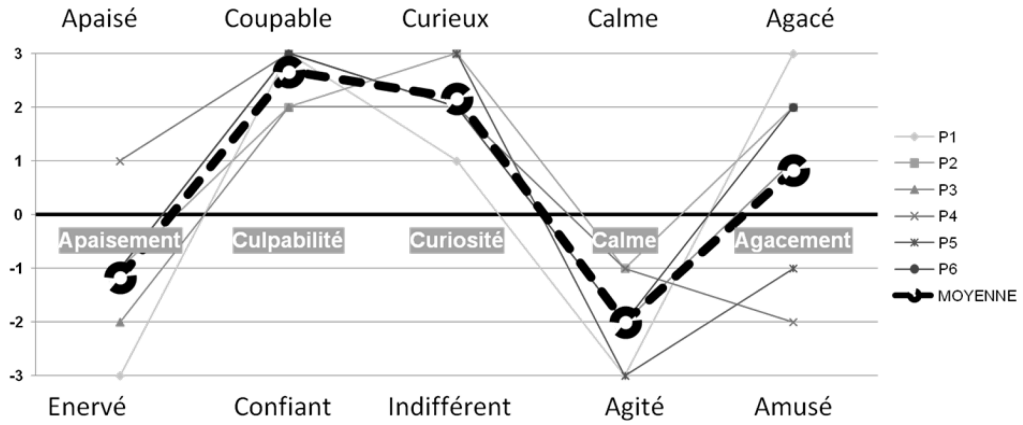


Figure 85. Résultat de l'évaluation émotionnelle sur 6 participants

Pour la majorité des répondants, la fonction d'affichage suggestive les rend *agités*, un peu *énervés* et *agacés*. Cette réponse est tout à fait prévisible puisque l'affichage de l'information de l'impact environnemental a une consonance plutôt négative, et entraine par conséquent une réponse émotionnelle négative. Par la suite, on constate également un pic pour les émotions *Culpabilité* et *Curiosité*. La *curiosité* est une réponse inattendue mais qui mérite d'être explorée avant de pouvoir donner une explication. Cette curiosité est susceptible d'être un effet apporté par la découverte d'un nouveau produit. Il est par conséquent intéressant de vérifier sa pérennité dans le cadre d'un usage quotidien du produit. Finalement, l'émotion *Culpabilité* reçoit un score élevé. L'objectif de la fonction d'information proposée le message affiché sur l'écran est donc atteint. Cette information rend les participants coupables envers l'environnement.

- *(3) Evaluation comportementale :*

L'évaluation comportementale est une question à choix multiples. Il est demandé de choisir une priorité d'action suite à l'interaction avec le produit : *Que ferais-tu ensuite juste après voir vu le message? Par ordre de priorité (de 1 à 5).* Le **Tableau 53** présente la structure du questionnaire d'évaluation comportementale ainsi que le scénario idéal attendu.

Tableau 53. Structure du Questionnaire d'évaluation comportementale et scénario idéal

Liste des actions	**Classification**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
J'éteins la lumière rouge et l'écran	(X)				
J'éteins la cafetière		(X)			
Je prends mon café			(X)		
Je retourne à la table terminer mon croissant				(X)	
Je pars travailler					(X)

Il est demandé aux participants de classifier par ordre de priorité 5 actions qu'ils seraient susceptibles d'effectuer à l'issue de l'interaction avec le produit. Les cases cochées (X) sur le **Tableau 53** représentent le scénario idéal que l'on espère atteindre pour chaque utilisation du produit. Dans ce scenario idéal, l'utilisateur prend conscience d'éteindre la machine à café dès que le message d'information s'affiche sur l'écran. En effet, le fait d'éteindre la machine à café avant de terminer les autres tâches a pour conséquence de réduire la consommation d'énergie. Ce scénario idéal représente la séquence de tâche considérée la plus orientée vers une prise en compte de l'environnement. Pour rappel, la séquence d'actions présentée dans ce scénario idéal est un effet de l'émotion *Culpabilité envers l'environnement*. Cette émotion *Culpabilité envers l'environnement* résulte de l'interaction avec le produit par le biais d'un stimulus. Le stimulus est caractérisé par le message d'information suggestif qui s'affiche sur la machine à café à la fin de la préparation du café. Le **Tableau 54** présente le résultat de cette évaluation comportementale.

Tableau 54. Résultat de l'évaluation comportementale de 8 participants

		Class. 1	Class. 2	Class. 3	Class. 4	Class. 5
(1)	J'éteins la lumière rouge et l'écran	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%
(2)	J'éteins la cafetière	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%
(3)	Je prends mon café	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%
(4)	Je retourne à la table terminer mon croissant	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%
(5)	Je pars travailler	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

La distribution des 5 actions proposées est représentée en pourcentage, en fonction de la classification effectuée par les répondants. Après avoir été en contact avec le produit et avoir eu conscience du message suggestif affiché sur l'écran de la machine à café, tous les utilisateurs feraient en premier lieu une action qui a une répercussion positive sur l'environnement. Il s'agit des 2 premières actions : (1) éteindre la cafetière ou (2) éteindre la lumière rouge et l'écran. Ensuite, les actions (3) et (4) viennent par la suite avec une proportion similaire : (3) prendre le café et (4) revenir à la table pour terminer le café. Et enfin, l'action (5) arrive en dernier lieu pour tous les participants : (5) partir travailler. On retrouve clairement dans ces résultats la structure du scénario idéal que nous avons proposé en **Tableau 53**. Nous proposons la **Figure 86** pour résumer le cheminement des actions effectuées par l'utilisateur en contact avec le produit.

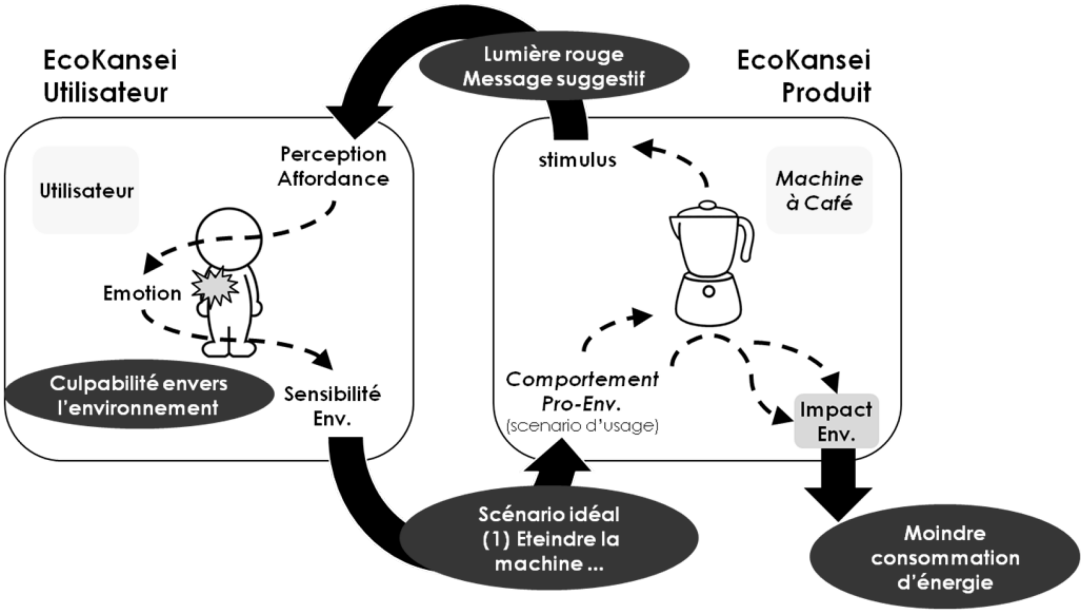


Figure 86. Cheminement de l'expérimentation EXP2 dans le cadre de la conception d'une machine à café

Le résultat de l'évaluation prouve que le stimulus : *Lumière rouge et message suggestif* présent sur le produit engendre une émotion *Culpabilité envers l'environnement* du côté de l'utilisateur. Cette émotion contribue à favoriser un scénario d'utilisation pro-environnemental qui correspond à une consommation moindre d'énergie. En effet, les 2 actions spécifiques qui sont mises en avant en priorité sont *Eteindre la machine à café* ou *Eteindre la lumière rouge.* On peut donc mettre en évidence dans ce résultat le cheminement entre l'émotion ressentie par l'utilisateur et son comportement face au produit. Ce cheminement contribue à mettre en évidence un lien véridique entre l'émotion engendrée par un stimulus sur un produit et la sensibilité environnementale.

4.3.4.5. Enquête de satisfaction et segmentation des utilisateurs

Dans les jours qui ont suivi la séance, nous avons distribué un questionnaire de satisfaction afin que 8 participants puissent donner leurs avis sur le contenu général de la séance et noter des remarques constructives. Ce questionnaire comporte 4 catégories de questions :

- Partie 1 - Avez-vous apprécié la séance?
- Partie 2 - Vos prises de position
- Partie 3 - Vos valeurs personnelles
- Partie 4 - Questionnaire de base

La partie 1 concerne leur satisfaction générale. Les parties 2, 3 et 4 reprennent les questions générales de notre expérimentation EXP1. Ceci permet de positionner les participants sur notre axe de segmentation. Ce positionnement nous permet de tirer des conclusions constructives lors des évaluations. La totalité de ce questionnaire est disponible en annexe.

La partie 1 recense le ressenti global des participants par rapport à la séance. Deux questions sont posées pour obtenir deux évaluations **Eval1** et **Eval2** :

- Une première question au sujet de leur état d'esprit lors de la séance (**Eval1**). Elle contient 6 critères d'appréciations avec différentiel sémantique. Les critères concernent l'apaisement, la patience, la curiosité, le calme, le dynamisme et l'enchantement. La première question Eval1 montre des résultats positifs pour la plupart des participants **(Figure 87)**

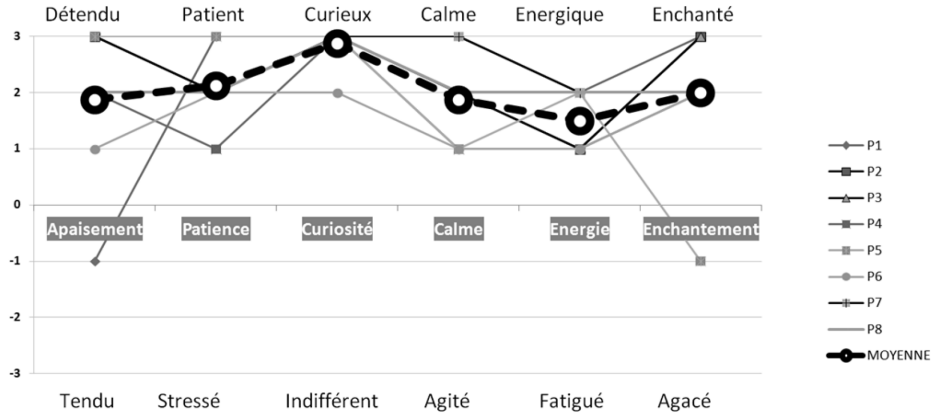


Figure 87. Ressentiment global des participants

- Une seconde question au sujet de leur appréciation de l'expérience **(Eval2).** Le même type de questions à différentiel sémantique mais présenté sous 4 critères : agréabilité, intérêt, facilité et satisfaction générale. Le résultat montre que tous les participants ont jugé l'expérience de la séance agréable, intéressante, facile et satisfaisante **(Figure 88).**

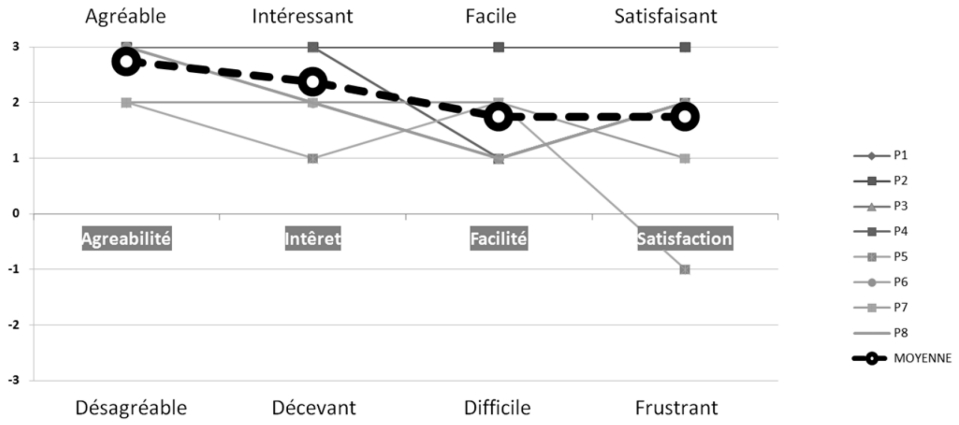


Figure 88. Jugement de l'expérience par les participants

Parties 2-3-4 : les 3 autres catégories de questions : *Partie 2 - Vos prises de position*, *Partie 3 - Vos valeurs personnelles* et *Partie 4 - Questionnaire de base*, servent à segmenter les participants en fonction de leur sensibilité environnementale. Ces questions reprennent celles utilisées lors de la première expérimentation EXP1 : les questions sur les valeurs et les 10 questions spécifiques qui permettent de segmenter l'utilisateur en fonction de 2 critères *Envie d'action* et *Capacité d'action* **(voir chapitre § 4.2.4)**.

La **Figure 89** présente le positionnement des 8 répondants sur le mapping de segmentation. Nous savons donc à quel groupe de profils DEFRA ils appartiennent **(DEFRA, 2008)**. Nous pouvons ensuite les positionner sur les catégories « *Extrême+*/*Extrême-*».

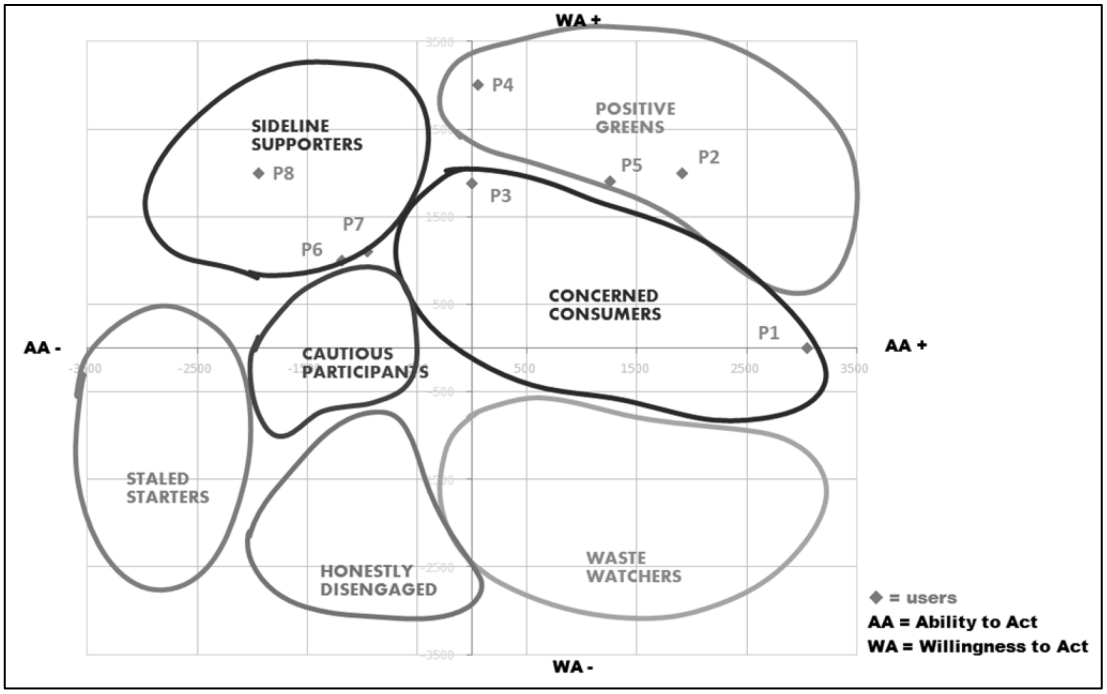


Figure 89. Positionnement des 8 participants sur la mapping de Defra

Le **Tableau 55** présente la distribution des répondants. Nous avons 3 participants dans le profil *Extrême+* et les 5 autres dans le profil médian. Aucun des participants n'appartient au profil *Extrême-*.

Tableau 55. Distribution des 8 participants

Positionnement	Considération environnementale	Segments DEFRA correspondants	Nombre
Extrême Positif	Profils très engagé environnementalement	Positive Green	3
	Profils médians	Concerned Consumers	2
		Cautious Participants	0
		Waste Watchers	0
		Sideline Supporters	3
Extrême négatif	Profils peu engagé environnementalement	Honestly Disengaged	0
		Staled Starters	0

Le fait de segmenter les participants permet de distinguer ensuite les actions effectuées par des individus appartenant à deux extrêmes et de proposer une conclusion sur la différence de perception et d'actions. Nous ne pouvons pas cependant effectuer cette distinction compte-tenu de la nature du panel d'utilisateurs. En effet, comme nous pouvons l'observer de ce panel de 8 participants, 3 personnes appartiennent aux Extrêmes+ et 5 personnes ont des profils médians. Nous n'avons pas de représentants des profils Extrêmes- dans notre panel **(Tableau 55)**. Néanmoins si nous revenons sur le résultat des tests utilisateurs, l'évaluation comportementale montre que la majorité des réponses données sont considérées comme pro-environnementales **(Tableau 54).** D'un côté, nous ne pouvons pas utiliser ces résultats pour comparer la différence de comportement entre différents extrêmes. Mais d'un autre côté, les résultats sont logiques car elles correspondent aux caractéristiques de notre panel d'utilisateurs composé essentiellement de profils représentants des Extrêmes+ et médians, mais aucun représentant des Extrêmes-.

4.3.4.6. Résumé de la séance de créativité

Dans cette partie de conceptualisation, nous avons déroulé le processus amont de la conception de produit en nous servant principalement de données d'entrée à composante émotionnelle. Dans la phase informationnelle, nous avons introduit ces données d'entrée : le produit à concevoir qui est une machine à café, la composante de prise en compte environnementale et la composante émotionnelle *Culpabilité envers l'environnement*. Dans la phase générationnelle, par l'intermédiaire d'une séance de créativité, nous avons demandé à 8 participants de générer des concepts de machine à café qui permettent de faire ressentir cette émotion *Culpabilité envers l'environnement* lors de son utilisation. Nous avons par la suite sélectionné parmi les idées formulées par les participants, une fonction susceptible de générer ce type d'émotion. La fonction sélectionnée propose d'intégrer une lumière rouge appuyé par un message d'information suggestif afin d'inciter l'utilisateur à adapter son comportement et éteindre la machine à café pour réduire ainsi la consommation d'énergie. Dans la phase d'évaluation, nous avons intégré cette fonction dans un produit fictif. Nous avons effectué deux types de mesures : une mesure émotionnelle par l'intermédiaire d'un questionnaire à différentiel sémantique sur une échelle de Likert à 6 niveaux et une mesure comportementale pour évaluer les actions effectuées par les participants lors de l'interaction avec le produit. L'évaluation émotionnelle montre que l'émotion *Culpabilité envers l'environnement* générée par le stimulus du produit est bien ressentie par l'utilisateur lors de son interaction avec la machine à café. L'évaluation comportementale montre que les actions de l'utilisateur à l'issue de cette interaction suivent un scénario idéal qui va dans le sens

d'une économie sur la consommation d'énergie avec l'action d'éteindre la machine à café qui devient prioritaire.

4.3.5. Synthèse de l'expérimentation EXP2

L'expérimentation EXP2 nous a permis d'intégrer l'attribut Kansei : *Emotions*. Nous avons pu mettre en application l'existence du lien spécifique entre les émotions et les comportements environnementaux sur le produit. Cette expérimentation EXP2 est associée à la validation de notre seconde hypothèse H2. Pour rappel, la seconde hypothèse H2 stipule que *les Emotions peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental.*

Nous nous positionnons autour du processus amont de la conception de produit. Notre expérimentation EXP2 est donc articulée autour des étapes de ce processus amont dans lequel on distingue une phase informationnelle, une phase générationnelle, et une phase d'évaluation et décision.

Le synoptique en **Figure 71** en page 149 reprend les différentes étapes de cette expérimentation EXP2 et les positionne en conception amont. Nous y avons délimité 3 composantes : (1) la Caractérisation des Emotions dans la phase informationnelle, (2) une seconde composante de production d'idées dans la phase générationnelle constituée par une séance de créativité, à l'issue de laquelle les concepts sont présentés sous forme des fiches idées. (3) Une troisième composante dans la phase d'évaluation et décision constitué de deux types de mesure : mesure émotionnelle et mesure comportementale par un test utilisateur. Les résultats de l'expérimentation EXP2 se déclinent en deux parties :

- **Résultat 2-1 :** Elaboration d'une cartographie des 130 émotions autour de 3 critères : valence, potentiel environnemental et possibilité de réalisation.
- **Résultat 2-2 :** conceptualisation de l'émotion « Culpabilité » envers l'environnement autour de la conception d'un produit.

La composante « caractérisation des émotions » délivre le premier résultat de cette expérimentation. Ce résultat est la cartographie des 130 émotions **(Résultat 2 -1)**. Pour arriver à ce résultat, nous avons dans un premier temps listé et positionné les émotions autour de 3 critères : valence, potentiel environnemental et possibilité de réalisation. Ceci nous a permis d'effectuer par la suite une sélection parmi celles susceptibles d'être prises en compte dans notre démarche. Nous avons ainsi sélectionné l'émotion *Culpabilité*. Cette émotion *Culpabilité envers l'environnement* fait partie des données d'entrée décrites dans la phase informationnelle.

Nous avons dans un second temps utilisé ces données d'entrée pour introduire les autres phases du processus de conception amont : générationnelle, évaluation et décision. La mise en œuvre de cette émotion *Culpabilité envers l'environnement* autour de la conception d'un produit constitue donc le second résultat **(Résultat 2-2)**. Pour arriver à ce résultat, nous nous sommes appuyés sur un outil de production d'idées : le brainstorming et un outil de formalisation : les fiches idées. Nous avons ainsi réuni 9 participants autour d'une séance de créativité. La séance de créativité comprend différentes étapes successives de purges afin de mettre en situation les participants et les amener petit à petit à atteindre l'objectif de la séance : générer des idées de concepts de machine à café culpabilisante envers l'environnement, et proposer des représentations de ces concepts sous forme de fiches idées.

Une carte mentale recensant les différents impacts a été dressée afin de mettre en situation les participants ; 58 idées de pratiques culpabilisantes de la vie quotidienne ont été formulées lors de la purge n°1 ; 20 idées de pratiques culpabilisantes lors de l'utilisation d'une machine à café dans la purge n°2, et 45 idées de concepts recensées autour de ces

pratiques. Et enfin chaque participant a ensuite réalisé une fiche idée en fonction de ces concepts. Nous avons donc recueilli 9 fiches idées.

Les idées proposées par les participants ont été sélectionnées et formalisées en externe afin de pouvoir être mesurées. Nous avons demandé à 8 personnes appartenant au groupe de la séance de créativité de participer à la mesure. Deux types de mesures ont été réalisées : une mesure émotionnelle par l'intermédiaire d'un questionnaire à différentiel sémantique sur une échelle de Likert à 6 niveaux ; et une mesure comportementale pour évaluer les actions effectuées par les participants à l'issue de l'interaction avec le produit.

Les deux évaluations valident notre démarche et démontrent que l'émotion *Culpabilité envers l'environnement* est ressentie par la majorité des répondants lors de l'interaction avec le produit. Par la suite, le comportement de l'utilisateur face au produit à l'issue de cette interaction correspond à un scénario idéal qui va dans le sens d'une économie sur la consommation d'énergie et qui est donc considéré comme pro-environnemental.

Par ailleurs, nous avons réalisé une enquête de satisfaction quelques jours après la séance de créativité. Dans le cadre de cette enquête nous avons pu recueillir des informations sur les participants. Nous avons pu ainsi les segmenter et les positionner selon leur sensibilité environnementale. Nous savons donc à quel segment ils appartiennent, au sens de la démarche de segmentation que nous avons déjà mis en pratique dans l'expérimentation EXP1. Cette segmentation contribue à justifier les résultats obtenus lors des évaluations émotionnelles et comportementales.

Nous avons ainsi effectué dans cette expérimentation EXP2 une formalisation de la dimension émotionnelle d'une sensibilité environnementale dans une démarche de conception. Nous avons abordé la caractérisation du lien entre la prise en compte d'une émotion spécifique dans les caractéristiques d'un produit et la sensibilité environnementale qui incite un utilisateur à faire une action pro-environnementale. La dimension émotionnelle de la sensibilité environnementale est ainsi démontrée dans cette expérimentation.

4.3.6. Limites de l'expérimentation EXP2

La première phase de l'expérimentation EXP2 « caractérisation des émotions » nous a permis de générer le premier résultat de l'expérimentation. Ce premier résultat est le dressage d'une cartographie des 130 émotions de l'université de Genève autour de 3 critères : valence, potentiel environnemental et possibilité de réalisation **(Résultat 2-1)**. Cette classification associée à une partie de l'Etat de l'Art nous a permis de sélectionner la composante émotionnelle de nos données d'entrée pour les étapes suivantes. Le positionnement des émotions sur le graphique est réalisé par l'intermédiaire d'une série de questions posées durant une séance de travail. Ces questions sont résumées dans le **Tableau 45**. Cette classification des émotions autour des deux axes est réalisée de manière subjective, et la pertinence des questions sur certaines émotions est posée. La **première limite** de l'expérimentation EXP2 repose dans la pertinence de ces questions. On constate la difficulté de répondre aux questions, notamment sur le critère du potentiel environnemental. En effet, il n'est pas aisé d'imaginer se trouver dans la situation d'un utilisateur qui ressent une émotion *x* quelconque et arriver à imaginer l'action qu'il est susceptible de faire devant un produit, en termes de conscience environnementale. Notre résultat est certes suffisant pour nous orienter dans le choix de nos données d'entrée et valider notre sélection d'émotion *Culpabilité envers l'environnement* puisque nous avons appuyé notre choix par l'Etat de l'Art. Par contre, la perspective d'utiliser d'autres émotions dans le cadre d'une extension ne serait pas pertinente sans une démarche complémentaire. Toutes les émotions ne sont pas transposables en utilisant ce type de questions. Par conséquent, le mapping est suffisant pour obtenir des indications préliminaires sur une orientation quant au positionnement des

émotions. La méthode est intéressante mais l'utilisation de ce mapping dans le cadre de la mise en œuvre d'autres émotions nécessite une séance de travail avec des considérations poussées de chaque émotion pour mieux les positionner sur les 2 axes. Nous avons travaillé sur une seule émotion dans le cadre de cette étude, il serait par la suite intéressant de réfléchir sur la question de la mise en œuvre de plusieurs émotions simultanées, à l'issue de ces études complémentaires.

La **seconde limite** de l'expérimentation EXP2 concerne la difficulté des participants à représenter des concepts sous forme de fiches idées lors de la phase générationnelle. En effet, si la phase de production d'idées est assez fluide, et nous a permis de recueillir en fin de purge n°2 pas moins de 45 idées de fonctions culpabilisantes pour l'utilisation d'une machine à café, il s'avère que la formalisation sous forme de fiches idées représente une difficulté pour les participants. Cela provient du fait que les participants sont tous issus de domaines différents, avec des connaissances différentes, et des interprétations différentes. Cette compréhension différente associée avec des capacités à dessiner différentes entraine des différences dans les formes de représentation des concepts proposées. On remarque ainsi que selon le participant, designer ou ingénieur, certaines idées sont dessinées, ou d'autres présentées sous forme de liste de fonctions. On ressent ainsi cette différence dans la qualité des réponses proposées dans les fiches idées. Afin d'homogénéiser la phase d'évaluation, nous avons donc fait une sélection et gardé une représentation fonctionnelle, non dessinée, des idées les plus cités dans les différentes propositions. Nous avons ainsi intégré cette représentation fonctionnelle dans un seul concept de machine à café, afin de réaliser la tâche d'évaluation.

Enfin, la **dernière limite** de l'expérimentation EXP2 concerne la taille de l'échantillon des participants lors de l'évaluation. Comme nous pouvons l'observer dans notre panel de 8 testeurs, nous avons 3 personnes appartenant aux Extrêmes+ et 5 personnes ayant des profils médians. Par conséquent, nous n'avons pas de représentants des profils Extrêmes- dans notre panel. Ce qui nous empêche à ce stade de distinguer les actions effectuées par des individus appartenant à deux extrêmes et de proposer une conclusion sur leurs différences en termes de perception et d'actions. Néanmoins, nous pouvons observer que les résultats des évaluations émotionnelles et comportementales lors des tests utilisateurs correspondent bien à ce type de population. En effet les personnes issues du segment *Extrême+* se considèrent assez sensibles à l'environnement, et les stimulus proposées par le concept (lumière rouge et message suggestif) sont trop agressifs et occasionnent également de la frustration chez eux. Par ailleurs, l'évaluation comportementale rejoint bien le scénario idéal et correspond bien au profil *Extrême+*.

4.3.7. Discussion sur les résultats de l'expérimentation EXP2 au regard de l'hypothèse H2

Nous avons cherché dans cette expérimentation EXP2 à intégrer l'attribut Kansei : Emotions afin de travailler sur la compréhension du lien spécifique entre les émotions et les comportements environnementaux sur le produit. Par l'intermédiaire de cette expérimentation, nous avons validé notre hypothèse H2. Pour rappel, la seconde hypothèse H2 stipule que *les Emotions peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental.*

Une première étape de cette expérimentation nous a permis de classifier les 130 émotions sélectionnées et de dresser une cartographie de ces émotions autour de 3 critères : valence, potentiel environnemental et possibilité de réalisation (Résultat 2-1). Cette classification associée à une partie de l'Etat de l'Art nous a permis de sélectionner une émotion spécifique Culpabilité et de l'associer à une prise en compte environnementale. L'émotion Culpabilité envers l'environnement a été ensuite mise en œuvre dans une séance de créativité. Ce

premier résultat démontre qu'une émotion peut être associée à une sensibilité environnementale, et que cette liaison peut se faire dans le cadre de l'interaction avec un produit. Cette constatation se rapproche de notre hypothèse *H2.A : les émotions interagissent avec la sensibilité environnementale des utilisateurs.* En validant l'hypothèse H2.A, nous formalisons le lien qui existe entre une émotion particulière et la sensibilité environnementale de l'utilisateur lors de l'interaction avec un produit. Ceci permet de souligner le fait que les attributs Kansei, les émotions pour notre cas d'étude, puissent avoir un impact sur la sensibilité environnementale de l'utilisateur.

Par la suite, nous avons utilisé cette émotion *Culpabilité envers l'environnement* en tant que donnée d'entrée dans le cadre de la mise en œuvre du processus amont de conception. Par l'intermédiaire de la séance de créativité, nous avons ainsi généré des concepts de produits qui intègrent une dimension émotionnelle et une prise en compte environnementale. Cette séance de créativité nous a permis de générer le second Résultat 2-2 qui est la conceptualisation de l'émotion « Culpabilité » envers l'environnement autour de la conception d'un produit. Nous avons par la suite effectué des évaluations émotionnelles et comportementales afin de vérifier que le résultat correspond bien à l'objectif initial. Les deux évaluations valident notre démarche et démontrent que l'émotion Culpabilité envers l'environnement est ressentie par la majorité des répondants lors de l'interaction avec le produit. Par la suite, le comportement de l'utilisateur face au produit à l'issue de cette interaction correspond à un scénario idéal qui va dans le sens d'une économie sur la consommation d'énergie et qui est donc considéré comme pro-environnemental. Ce résultat nous rapproche de notre hypothèse *H2.B : les attributs du produit qui induisent des émotions peuvent influencer le comportement de l'utilisateur*. Par ce résultat, nous validons l'hypothèse H2.B. En démontrant l'hypothèse H2.B, nous évoquons la possibilité que ces émotions puissent engendrer des comportements pro-environnementaux grâce à un stimulus émotionnel associé à un attribut spécifique d'un produit. On démontre ainsi que ces attributs Kansei orientées autour de la sensibilité environnementale, donc Attributs EcoKansei, guident les utilisateurs à exécuter des actions pro-environnementales lors de l'interaction avec un produit.

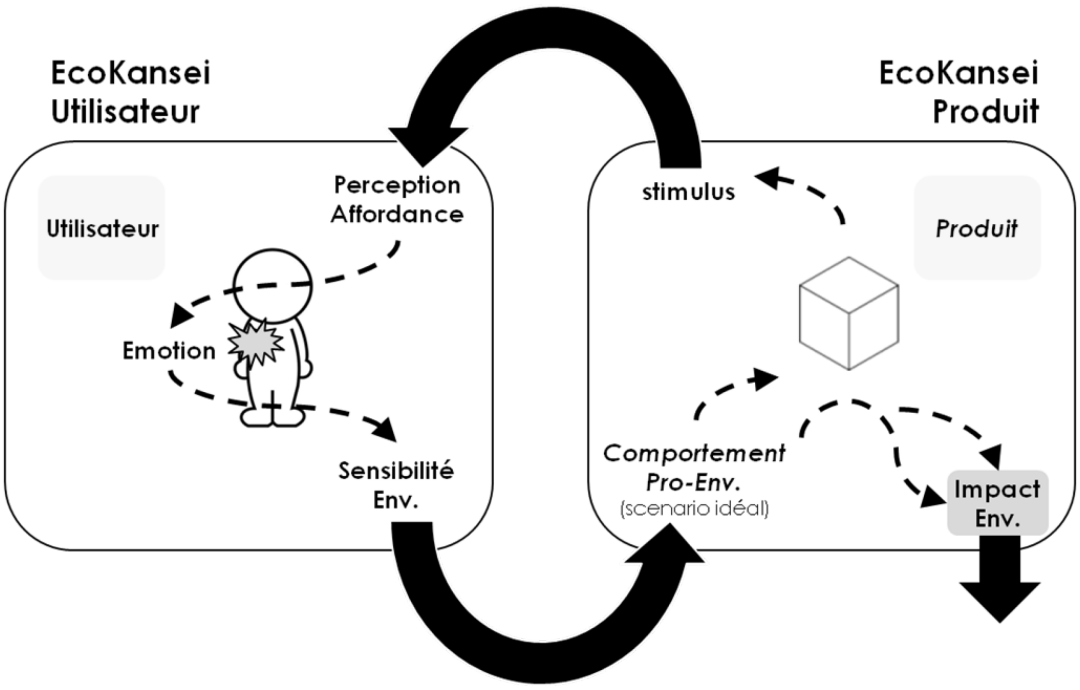


Figure 90. Illustration générique des acquis de l'expérimentation EXP2

Notre expérimentation EXP2 démontre qu'il est parfaitement possible de concevoir un produit qui met en œuvre ce lien entre émotions et comportements pro-environnementaux. La **Figure 90** reprend le modèle d'interaction Utilisateur-Produit présentant le cheminement qui caractérise ce lien. Pour terminer, nous avons ainsi effectué dans cette expérimentation EXP2 une formalisation de la dimension émotionnelle d'une sensibilité environnementale dans une démarche de conception. Nous avons abordé la caractérisation du lien entre la prise en compte d'une émotion spécifique dans les caractéristiques d'un produit et la sensibilité environnementale qui incite un utilisateur à faire une action pro-environnementale. A l'issue de cette expérimentation EXP2, nous considérons que l'hypothèse H2 est validée : les attributs Kansei (émotions) peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental.

4.4. EXPERIMENTATION EXP3 : Intégrer les informations Kansei dans l'Eco-conception Centrée Utilisateur EcoUse

4.4.1. Introduction de l'expérimentation EXP3

La dernière expérimentation EXP3 est une étape d'application et de consolidation autour d'une méthodologie d'Eco-conception Centrée Utilisateur. Nous voyons dans cette expérimentation EXP3 comment les outils et les méthodes que nous avons mis en œuvre dans les deux premières expérimentations EXP1 et EXP2 peuvent s'intégrer dans une démarche de conception de produits orientée sur l'utilisation.

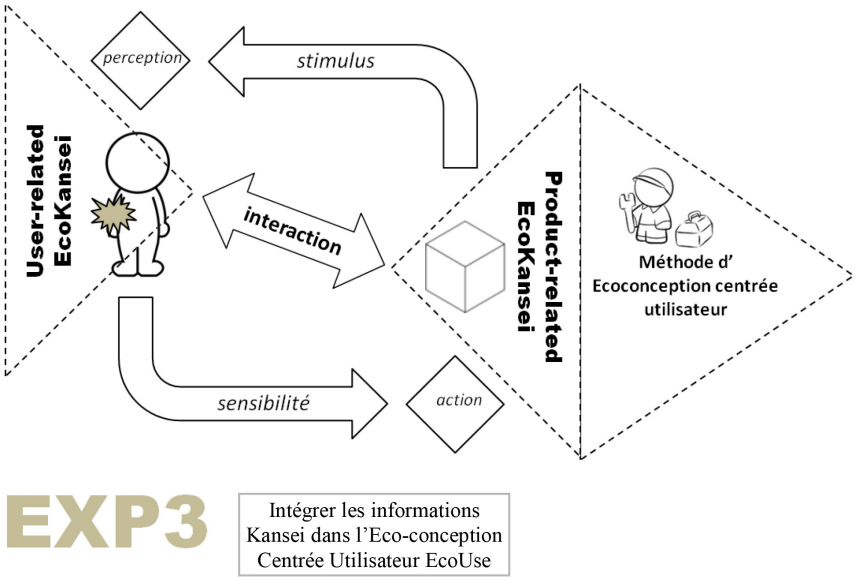


Figure 91. Positionnement de l'expérimentation EXP3

Cette expérimentation EXP3 est réalisée en collaboration avec le consortium du projet EcoUse. Ces outils et méthodologies que nous aurons mis en œuvre lors des précédentes expérimentations EXP1 et EXP2 viennent enrichir les résultats du projet support multipartenaire : EcoUse. Nous mettons en œuvre cette méthodologie d'Eco-conception centrée sur l'utilisation autour de la conception d'une machine à café.

4.4.2. Contexte du Projet EcoUse

Le projet EcoUse est le projet ANR qui supporte cette thèse. EcoUse qui vise à développer une méthode de conception qui permet de prendre en compte les caractéristiques des utilisateurs et le contexte d'utilisation avec le plus faible impact environnemental. Le projet ECO-USE met l'accent sur les caractéristiques comportementales des utilisateurs pour atteindre les performances des produits environnementaux.

Figure 92. Logo du projet EcoUse

Le but final de ce projet est de supporter la conception des produits adaptés aux attentes environnementales de l'utilisateur et à ses capacités, et non de lui mettre à disposition un « produit durable » auquel il devra s'adapter. Le projet ECOUSE s'échelonne sur une durée de 3 ans, de 2011 à 2014. La mission du LCPI (Laboratoire de Conception de Produits et Innovation) dans ce projet porte en particulier sur le lot 2, qui vise à proposer un modèle utilisateur pour le projet global, et proposer le cadre qui permet son intégration dans une méthodologie d'Eco-conception. La recherche menée par le LCPI dans le cadre de ce projet se concentre donc sur la modélisation de l'utilisateur pour l'Eco-conception par des approches Kansei. Notre travail permet de compléter les modèles utilisateur utilisés en conception afin de les unifier et de leur permettre de prendre en compte les performances environnementales, notamment en utilisation.

Le projet EcoUse met au centre du processus de conception l'utilisateur final afin de diminuer l'impact global des biens sur l'environnement. En termes pratiques, le projet est composé de quatre partenaires :

- G-SCOP, qui dirige le projet et intervient pour le management général, la coordination de la valorisation et la diffusion des résultats auprès des sociétés savantes.
- LCPI, qui est en charge de développement d'un modèle utilisateur pour l'Eco-conception. L'objectif est de proposer un modèle utilisateur qui prenne en compte l'impact de la phase d'utilisation des produits sur la performance environnementale.
- LISMMA, qui effectuera le développement des outils de conception conformes à la méthode d'Eco-conception.
- UTFPR, qui est responsable de la préparation et du suivi des opérations sur le sol brésilien, avec la diffusion des résultats du projet dans sa zone géographique.

4.4.3. Résultats du projet EcoUse et apport des expérimentations précédentes

Une méthode de conception de produits a été développée dans le cadre du projet EcoUse. La méthode EcoUse est une méthode d'Eco-conception orientée utilisateur. Le mécanisme d'utilisation a été illustré dans les travaux de thèse de Lucie Domingo. Elle décrit les démarches de réflexion sur la réalisation de la méthode d'Eco-conception orientée utilisation réalisée dans le cadre du projet EcoUse et illustre son approche dans le cadre de cas d'études **(Domingo, 2013)**. La **Figure 93** présente les apports de nos approches dans le cadre de cette démarche d'Eco-conception centrée utilisateurs du projet EcoUse.

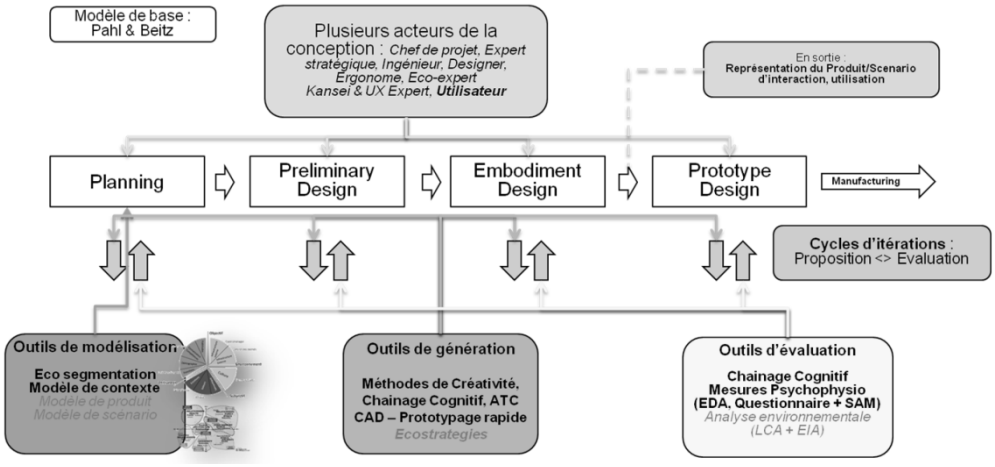


Figure 93. Articulation de nos apports dans la méthode d'Eco-conception centrée utilisateurs EcoUse

La méthode de conception développée dans le projet EcoUse est basée le modèle de processus de conception de produit proposé par Pahl & Beitz **(Pahl & Beitz, 2007)**. Elle comporte 5 étapes de conception qui partent du cahier des charges vers un produit final. Les 5 étapes sont :

- *Planning* ou Clarification de la tâche, qui permet de définir en détail les spécifications à associer au produit et à son scénario d'utilisation, dans un objectif de prise en compte environnementale,
- *Preliminary Design* ou Conception préliminaire, qui permet de passer des spécifications aux idées de concepts de produit associés à des scénarios d'utilisation,
- *Embodiment Design & Detailed Design* ou Conception niveau système & détaillé, qui permet de regrouper des idées de concepts produit et de les dimensionner en en un produit complet avec les scénarios d'utilisation associés,
- *Prototype Design* ou Prototypage, qui permet de passer du dimensionnement des produits à des prototypes fonctionnels avec des scénarios d'utilisation détaillées,
- *Manufacturing* ou Fabrication, qui permet de transformer les prototypes en produits testables et commercialisables.

Une des caractéristiques de la méthode EcoUse réside dans les données de sortie des étapes. En effet, on ne génère pas uniquement des représentations intermédiaires des produits, mais aussi des scénarios d'utilisation potentielles associées à ces représentations intermédiaires. Les scénarios d'utilisations potentielles permettent ensuite de définir des évaluations environnementales en fonction des moments spécifiques d'utilisation. Cette distinction permet d'optimiser les choix de solutions en Eco-conception et d'orienter le produit en fonction de ces spécificités d'utilisation. Les contributions environnementales générées dans le cadre de cette mise en relation du scenario est

Par la suite, une autre originalité de la méthode réside dans la présence dans le processus de conception de deux groupes d'acteurs qui ne sont pas classiquement impliqués dans la conception d'un produit : les experts Environnement et les experts Utilisateurs, spécifiquement l'expert Kansei.

Différents outils sont mis en œuvre dans le cadre de la méthode EcoUse. Ces outils sont définis selon trois catégories :

- **Catégorie 1 : les *outils transversaux*** qui supportent à la fois la dimension environnementale et la dimension utilisateur, on peut citer l'outil Segmentation et l'outil de Sélection des outils,
- **Catégorie 2 : les *outils Environnement*** qui supportent l'intégration de la dimension environnementale d'EcoUse, on peut citer l'outil d'analyse environnementale et l'outil d'Ecostrategie pour l'amélioration environnementale,
- **Catégorie 3 : *les outils Kansei*** qui supportent l'intégration de la dimension subjective valeurs et émotions de l'utilisateur lors de son interaction avec le produit, on peut citer l'outil d'analyse émotionnelle pour l'évaluation et l'outil VLT (Values Linking Tool) pour la caractérisation des Valeurs.

Nos expérimentations ont constitué des apports dans la mise en œuvre de ce modèle de conception. Tout d'abord, l'outil Segmentation que nous avons défini dans notre expérimentation EXP1 est utilisé dans l'étape Planning. Et puis par la suite, les outils de Catégorie 3 : les outils Kansei sont mises en œuvre dans nos deux expérimentations EXP1 et EXP2. L'outil VLT (Values Linking Tool) pour la caractérisation des Valeurs est explicité

dans notre expérimentation EXP1. L'outil d'analyse émotionnelle est mis en œuvre dans notre expérimentation EXP2. Les outils de Catégorie 2 appellent à des connaissances plus poussées en Eco-conception et sont réalisées par le laboratoire G-SCOP.

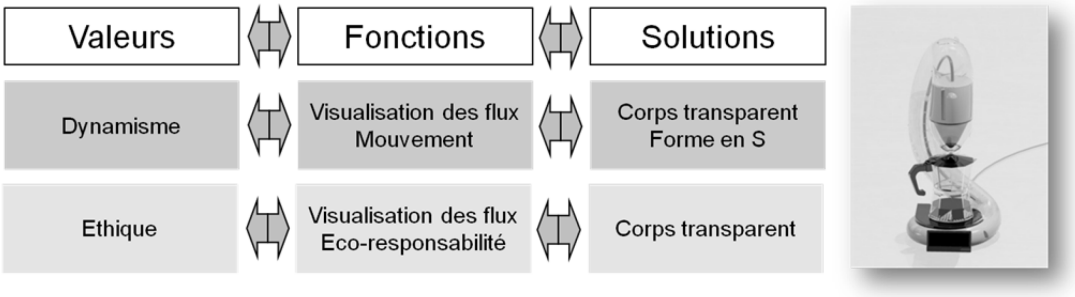


Figure 94. Principe et exemple d'application du Values-Linking-Tool « Experimental coffee-machine » (LCPI 2012)

4.4.4. Objectifs de l'expérimentation EXP3

Nous proposons dans cette expérimentation EXP3 de mettre en pratique les outils proposées dans la méthode EcoUse. Pour cela, nous proposons de mettre en pratique les deux premières étapes du processus de conception : clarification de la tâche et conception préliminaire.

L'équipe du projet propose de vérifier deux hypothèses l'intermédiaire de cette expérimentation que l'introduction des expertises utilisateurs, Kansei et environnement dans le processus de conception permet de formaliser des concepts en adéquation avec le profil de l'utilisateur et performant environnementalement. Et que par la suite, les outils développés lors du projet supportent les acteurs de la conception dans leur tâche de développement de proposition produit éco-conçu en utilisation et en adéquation avec le profil d'utilisateur.

Pour cela, nous proposons dans cette expérimentation d'effectuer le déroulement d'un processus de re-conception d'une machine à café suivant la méthode EcoUse, en utilisant les outils issus de la méthode.

Cette démarche aura pour vocation de pouvoir envisager une comparaison ultérieure avec les résultats d'une méthode classique en utilisant les outils issus d'un modèle de conception de type Pahl & Beitz, afin de valider les apports réels de la méthode par rapport à une démarche classique.

La méthode EcoUse devrait par conséquent être applicable et permettre de réduire l'impact environnemental associé aux phases d'utilisation en introduisant de manière explicite dans le processus de conception les notions de scénario, valeurs et émotions. Cette expérimentation contribue ainsi à consolider les différentes propositions effectuées dans le cadre de sa réalisation.

4.4.5. Méthode de l'expérimentation EXP3

Nous proposons le synoptique suivant pour représenter le cadre qui illustre l'expérimentation EXP3 :

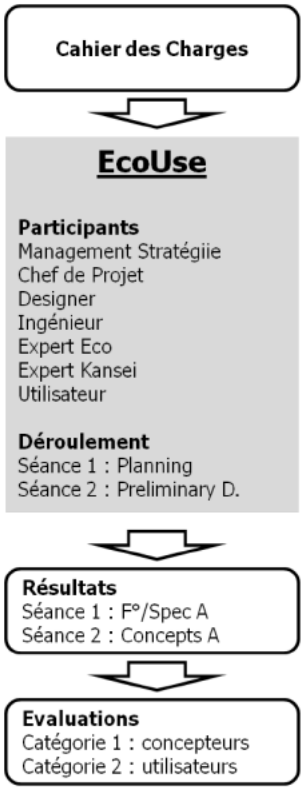


Figure 95. Synoptique de l'expérimentation EXP3

Comme le montre la **Figure 95**, les deux premières étapes du processus de conception seront déroulées dans le cadre de cette expérimentation. Dans le cadre de la méthode EcoUse, ces deux étapes sont la clarification de la tâche et la conception préliminaire. Les résultats attendus dans chaque séance seront ceux que l'on obtient après ces deux premières étapes du processus. Il s'agit des fonctions/spécifications à l'issue de la phase planning/clarification de la tâche, et des représentations de concepts à l'issue de la seconde phase Conceptual design/conception préliminaire. Dans le **Tableau 56** ci-dessous sont présentés les différents rôles que nous proposons :

Tableau 56. Liste exhaustive des rôles des acteurs de la conception pour la séance

	ROLE	FONCTION	Rôles
1	Expert Stratégique	Définir les indicateurs de performance Définir les seuils de performance à atteindre	MGT
2	Chef de projet	Conformité de la conception aux indicateurs Animer le processus d'amélioration	BE
3	Designer	Proposer une solution d'interface avec l'utilisateur	BE
4	Ingénieur	Répondre aux contraintes techniques & dimensionner le produit	BE
5	Ergonome	S'assurer de la conformité ergonomique + Proposer des pistes d'amélioration	BE
6	Kansei – User Expérience Expert	S'assurer de la conformité des rendus aux valeurs personnelles + Proposer des pistes d'amélioration	Experts
7	Eco-Expert	S'assurer de la conformité environnementale + Proposer des pistes d'amélioration	Experts
8	Utilisateur	Fournir des informations sur l'utilisation réelle Valider les propositions de conception	Experts

Les participants ont donc été recrutés pour représenter les rôles définis dans la ce tableau :

- 4 rôles représentent le bureau d'études (BE) : un chef de projet, un ingénieur, un designer et un ergonome.
- 3 rôles d'experts (EX) représentent les acteurs spécifiques : un utilisateur, un expert environnement et un expert Kansei.
- 1 rôle représentant la casquette management (MGT): un expert stratégie.

Le suivi du protocole par le groupe de participants est assuré par un médiateur.

Il est donc demandé dans cette expérimentation est reconcevoir une machine à café filtre avec un plus faible impact environnemental en phase d'utilisation et l'adapter au mode de vie de l'utilisateur. En termes pratiques, on propose de réaliser les deux étapes du processus amont de conception. L'expérimentation s'est déroulé en deux phases : une première phase de clarification de la tâche, afin d'établir des spécifications de développement produit et une phase de conception préliminaire, afin de créer des concepts produit.

Le produit à reconcevoir est une machine à café filtre. Toutefois, il n'est pas demandé de se limiter au produit initial afin de donner une marge de réflexion aux acteurs de la conception. Les concepts finaux auront donc une représentation ouverte, mais doivent uniquement correspondre à un produit faisant du café avec un certain nombre de contrainte que l'on retrouve dans le cahier des charges établi pour l'expérimentation.

4.4.6. Résultats 3 : Conception d'une machine à café par la méthode EcoUse

L'expérimentation EXP3 s'est déroulée en deux demi-journées le 08 et 09 avril 2014. Chaque demi-journée correspond à une des deux étapes simulées. Nous avons réunis 10 participants dans le cadre de ces demi-journées pour jouer le rôle des acteurs du processus de conception.

Tableau 57. Distribution des participants suivant leur rôle (EcoUse)

Participant	Rôle
P1 : LD	Chef de Projet + Management Stratégique
P2 : PB	Ingénieur + Ergonome
P3 : GG	Designer
P4 : VR	Utilisateur
P5 : TR	Expert Environnement
P6 : CB	Expert Kansei
P7 : FR	X
P8 : modérateur : PA	X
P9 : autres : AA	X
P10 : autres : VM	X

L'objectif est unique et défini dans le cahier des charges : reconcevoir une machine à café avec un plus faible impact environnemental en phase d'utilisation et l'adapter au mode de vie de l'utilisateur. Le déroulement de deux séances est résumé dans le graphique suivant :

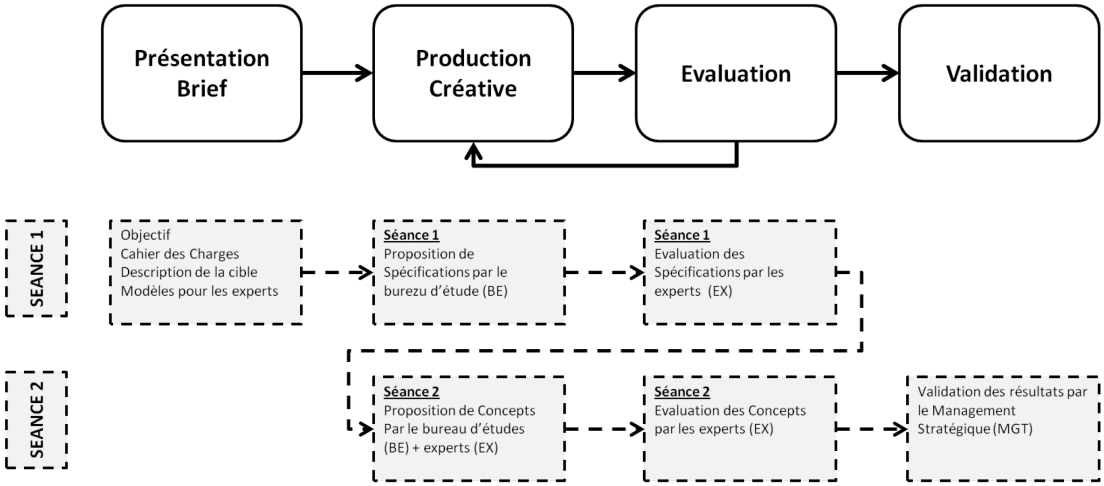


Figure 96. Déroulement de l'expérimentation EXP3 avec EcoUse

On distingue une étape de présentation, une phase de production créative présente dans les deux séances, une étape d'évaluation suivie par une boucle d'évaluation. Puis enfin une étape de validation lorsque la phase précédente d'évaluation aura donné des résultats satisfaisants. La première séance correspond à la clarification des tâches. Et la seconde correspond à la conception préliminaire.

Nous présentons dans la première étape l'objectif de l'expérimentation, le Cahier des Charges ainsi que les contraintes correspondantes. Nous leur mettons à disposition des informations spécifiques : la description de la cible d'utilisateurs, ainsi que le modèle de représentation de cet utilisateur dans son environnement. L'expert Environnemental dispose ainsi d'un modèle d'évaluation environnemental d'une machine à café. L'expert Kansei dispose d'un modèle descriptif qui présente la liste des valeurs personnelles, et de ses correspondances avec la cible d'utilisateurs. Ces informations permettent aux participants de chaque rôle de s'inspirer et de trouver la bonne orientation dans leurs contributions. On peut noter également le cahier des charges contenant l'objectif de conception, les différentes contraintes qui composent le cahier des charges, les différents outils propres à chaque acteur de la conception.

Tableau 58. Contenu des supports distribués aux participants

	Cahier des Charges + Objectifs + Contraintes	Description de la cible	Modèle de contexte	Modèle d'évaluation environnementale	Modèle des valeurs
Management Stratégique (MGT)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Chef de Projet (BE)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Designer (BE)	(X)	(X)			
Ingénieur (BE)	(X)	(X)			
Ergonome (BE)	(X)	(X)			
Utilisateur (EX)	(X)				
Expert Environnement (EX)	(X)	(X)	(X)	(X)	
Expert Kansei (EX)	(X)	(X)	(X)		(X)

L'étape de présentation est suivie d'une production créative et d'une évaluation. Cette étape de production créative est présente dans les deux séances 1 et 2. Durant la première séance (caractérisation des tâches), le bureau d'étude (BE) composé de l'ingénieur, du designer, de l'ergonome et du chef de projet se concerte autour du cahier des charges afin de proposer une première liste de spécifications/fonctions. Par la suite, ces spécifications sont soumises à l'approbation des experts (EX) : l'expert environnemental et l'expert Kansei, et par l'utilisateur. Cette évaluation se déroule donc sous 3 aspects : positionnement environnemental, adéquation aux valeurs et avis de l'utilisateur.

L'étape de production créative de la première séance a permis de récolter 77 spécifications de concepts. L'évaluation des experts (EX) a permis d'harmoniser ces concepts en catégorie, valeurs associées, fonction, spécifications et solutions de réalisation de la spécification. Cela a donc permis de sélectionner 39 concepts qui ont été regroupés en 6 catégories de fonctions. Le **Tableau 59** résume ces catégories de fonctions ainsi que la quantité de concepts correspondantes.

Tableau 59. Résumé quantitatif des idées de fonctions et idées de concepts

	Catégories de Fonctions	Nombre de Concepts
1	Gérer l'énergie, réduire la consommation	3
2	Maintenir la chaleur	6
3	Avoir un interface simple et affordant	7
4	Avoir plusieurs options de dosage de café	6
5	Avoir un compromis/ aspect robustesse	12
6	Empêcher les brulures	5
	Total	39

L'évaluation de l'expert Kansei a permis d'associer des concepts avec des valeurs spécifiques. Le **Tableau 60** résume les différentes valeurs associées à ces concepts, ainsi que le nombre correspondant de concepts associées à chaque valeur personnelle.

Tableau 60. Distribution des valeurs associées aux différents concepts

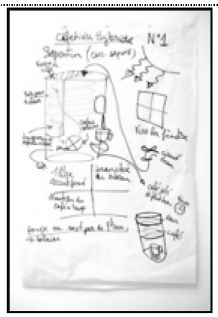
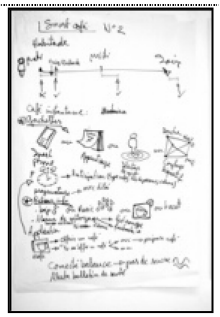
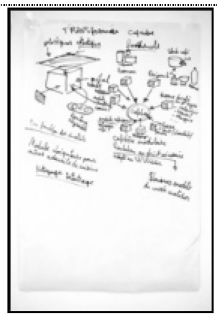
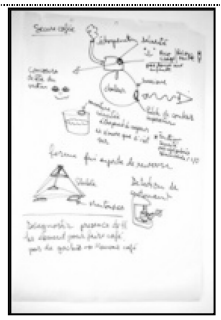
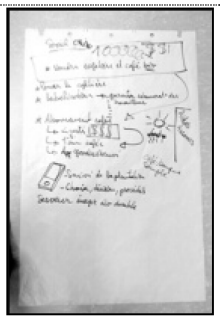
Valeurs	Nombre de Concepts
ETHIQUE	10
HEDONISME	10
FAMILLE	7
PERSONNALISATION	7
SINCERITE	4
SANTE	1
Total	39

Figure 97. Séance de travail sur l'outil VLT (Values Linking Tool)

Tableau 61. Résumé détaillé des idées de fonctions et idées de concepts

	CATEGORIES DE FONCTIONS	IDEES / CONCEPTS SPECIFIQUES
1	Gérer l'énergie, réduire la consommation	Cafetière solaire Cafetière connectée Chauffe un minimum
2	Maintenir la chaleur	Rapide Signal sonore à la fin du café En utilisant la chaleur de l'eau chaude Système hermétique Bol isotherme Par énergie solaire
3	Avoir un interface simple et affordant	Cafetière connectée contrôles regroupées contrôle en avant Contrôles proches de l'élément activé Interface inspiré de la Senseo Café du matin : mouvement Iphone Couleur <> température
4	Avoir plusieurs options de dosage de café	Proposer des cafés différents Restriction de dose de caféine Plusieurs boissons chaudes Je veux un café fort ou pas, je choisis Pas de capsule Consensus eau/énergie/café/sucre
5	Avoir un compromis/ aspect robustesse	Que des matières nobles Transparence avec couleurs Transparence d'une partie des éléments (compromis) Transparence des éléments Eléments robustes (aspect +réel) Structure en plastique mais aspect robuste (Alu inox) Transparence Durabilité matière Eléments interchangeables Coût plus cher mais robuste Produit Durable (longue durée) Touche de personnalisation (6 couleurs 6 goûts différents)
6	Empêcher les brulures	Pas d'eau Blocage du bol isotherme sur le café Capteur proximité Reconnaissance visage Reconnaissance vocale

Durant la seconde séance (conception préliminaire), le groupe de bureau d'Etudes (BE) propose des représentations de concept préliminaire à partir des spécifications proposées et avec l'aide des experts (EX). Le designer et l'ingénieur proposent directement des concepts. Les experts proposent directement des modifications et justifient ainsi leurs orientations pour répondre au Cahier des Charges. Dans la réalité, les concepts proposés doivent passer par plusieurs itérations avant la validation. Dans le cadre de notre expérimentation, étant donné que le temps imparti ne nous le permet pas, nous nous arrêtons à un seul cycle d'évaluation. Les résultats de la deuxième journée sont 5 concepts portant à la fois sur le produit, ses consommables (café) et sur les services associables. Nous vous présentons ici les 5 concepts proposées, ainsi qu'une description des performances environnementales et utilisateurs potentiels de ces idées de produit en annexe.

Cafetière Hybride	Smart Café	Transformers CoffeeCube	Secure Coffee	Social Club
				

4.4.7. Résumé et limites de l'expérimentation EXP3

Pour terminer, nous avons mis en application la méthode EcoUse dans le cadre de cette expérimentation EXP3.

Une première limite réside dans le fait que nous ne sommes pas encore allées assez loin dans la représentation des concepts pour permettre de réaliser des évaluations émotionnelles des concepts. Comme nous l'avons mis en évidence dans l'expérimentation EXP2, des évaluations émotionnelles seraient plus efficaces avec une représentation plus claire des concepts proposées, soit sous forme de CAD dans lequel nous aurons incorporé un scénario, soit un prototype. Néanmoins, les différentes fonctions proposées en sortie de l'étape 1 ont permis de faire le lien avec les valeurs personnelles.

La seconde limite réside dans la formalisation des données de sortie qui ne correspond pas en totalité à l'objectif de notre méthode. La méthode EcoUse propose en sortie x concepts avec x scénario d'utilisation. Or la représentation de nos 5 concepts en sortie ne permet pas directement de faire cette distinction entre produit et scénario. Une interprétation supplémentaire est nécessaire afin de ressortir ces informations, or cette phase d'interprétation ne fait pas partie des outils que nous avons proposés pour la méthode. En effet, compte-tenu de la diversité des livrables en sortie des étapes de la méthode EcoUse (Produit + Scénario d'utilisation), la mise en pratique de la méthode EcoUse est bien plus complexe, et il est difficile d'obtenir une quantité de résultats suffisantes en une seule séance de créativité. Par conséquent, la perspective d'une évaluation des impacts environnementaux en utilisation est également corrélée avec cette nécessité de représentation des scénarios d'utilisation. Une réflexion sur le choix des outils de créativité à appliquer serait intéressant avant de pouvoir envisager une mise en pratique correcte de notre méthode EcoUse, et avoir des résultats distinctifs entre Produit et Scénario d'utilisation.

Pour terminer, le déroulement de la méthode EcoUse dans le cadre de la conception d'une machine à café a permis de générer 5 concepts qui correspondent aux valeurs des utilisateurs cibles. Nous avons pu ainsi mettre à l'évidence l'apport que peut apporter la présence d'experts spécifiques dans les phases amont de la conception de produit. Ces différents experts ont donné des orientations spécifiques dans les choix de conception. Leur présence a donc contribué à enrichir et valider les propositions initiales des membres classiques d'un bureau d'études.

Nous envisageons une comparaison ultérieure avec les résultats d'une méthode classique en utilisant les outils issus d'un modèle de conception de type Pahl & Beitz, afin de valider les apports réels de la méthode par rapport à une démarche classique. La perspective de cette analyse comparative est donc conditionnée par une mise à l'épreuve complète de la méthode EcoUse, avec les données de sorties distinctives (Produit+Scénario). Cette comparaison une fois complétée avec les résultats d'une méthodologie classique permettrait de valider complètement la méthode. Le protocole de réalisation de la séance avec une démarche classique reprend exactement la même trame que EcoUse. La différence réside dans la composition des participants. Si dans la méthode EcoUse les différents rôles experts (Environnement, Kansei, Utilisateur) sont en mode présentiel, ils seront remplacés par des expertises externes dans la méthode classique. Ces expertises peuvent prendre la forme de rapports sur lequel les acteurs du Bureau d'Etude peuvent se référer lorsqu'ils auront besoin d'informations complémentaires.

4.5. BILAN DES EXPERIMENTATIONS

Nous avons conduit dans le cadre de cette thèse trois expérimentations :

- EXP1 : Validation de la pertinence des valeurs personnelles dans la conception de produits à orientation environnementale,
- EXP2 : Conceptualisation des émotions stimulatrices de comportements pro-environnementaux dans la conception de produits,
- EXP3 : Intégration des informations Kansei dans l'Eco-conception Centrée Utilisateur EcoUse.

La **Figure 46** en page 110 articule les différents objectifs de cette expérimentation autour d'un même modèle. Chaque expérimentation représente une brique de ce modèle. Les expérimentations convergent autour d'un même objectif qui est de valider les hypothèses et proposer une réponse à la question de recherche : *« Comment intégrer les approches subjectives associées au Kansei dans la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception ? »*

Nous avons formulé une hypothèse générale H pour répondre à cette question de recherche : « La prise en compte des attributs Kansei permet d'enrichir la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception en proposant un modèle de compréhension plus complet de l'utilisateur dans son contexte ». Cette hypothèse est divisée en 2 hypothèses principales H1 et H2, qui sont respectivement divisées en 2 sous-hypothèses (voir la **Figure 41** pour la structure des hypothèses). Pour résumer brièvement les résultats de ces expérimentations :

Dans l'**expérimentation EXP1**, nous avons travaillé avec les attributs Kansei : Valeurs. Un questionnaire a permis de recueillir un ensemble d'informations sur les utilisateurs. A partir de ces informations nous avons intégré les valeurs dans un modèle utilisateur par l'intermédiaire de la segmentation en éco-valeurs. Nous avons par la suite souligné la possibilité d'intégrer ces valeurs dans le cadre la conception de produit par l'intermédiaire d'une séance de créativité. Nous avons finalement formalisé cette possibilité par l'intermédiaire du chainage cognitif Valeurs-Fonctions-Solutions. L'expérimentation EXP1 valide ainsi l'hypothèse H1 {A, B} : *Les Valeurs peuvent s'intégrer dans la définition des profils environnementaux des utilisateurs d'un produit lors de sa conception.*

Dans l'**expérimentation EXP2**, nous avons mis en œuvre les attributs Kansei : Emotions. Nous avons dressé une cartographie des 130 émotions autour de 3 critères : valence, potentiel environnemental et possibilité de réalisation. Nous nous sommes appuyés sur ce résultat et l'Etat de l'Art pour sélectionner une émotion spécifique à mettre en œuvre dans une étape de conception de produit. Nous avons ainsi caractérisé la dimension émotionnelle de la sensibilité environnementale. Nous avons mis en application l'existence du lien spécifique entre cette émotion et les comportements pro-environnementaux lors de l'interaction avec le produit. L'expérimentation EXP2 valide l'hypothèse H2 {A, B} : *les Emotions peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental.*

Dans l'**expérimentation EXP3**, nous avons montré que les approches que nous avons validées dans les expérimentations EXP1 et EXP2, peuvent s'intégrer dans une démarche de conception de produits orientée utilisation. En effet, les outils et les méthodologies que nous avons mis en œuvre lors de ces expérimentations ont enrichi les résultats du projet support multipartenaire EcoUse. Cette expérimentation EXP3 est ainsi réalisée en collaboration avec le consortium de ce projet. Bien que les conditions n'étaient pas réunies pour que l'on puisse atteindre complètement l'objectif de mise à l'épreuve de cette méthode, nous avons observé comment nos outils s'intègrent dans les objectifs du projet. Des réflexions sont réalisées pour envisager une perspective dans une mise à l'épreuve complète de la méthode.

Partie 5
Apports & modélisation

5. PARTIE 5 : APPORTS & CONSTRUCTION DU MODELE UTILISATEUR 191

5.1. INTRODUCTION 191
5.2. DEMARCHE ET ARTICULATION DES APPORTS 191
5.3. MODELISATION DU SUPPORT D'INTEGRATION : *UNIUMI* 192
5.3.1. APPORTS DE L'ETAT DE L'ART : PRE MODELE DE SUPPORT D'INTEGRATION 192
5.3.2. APPORTS EXPERIMENTAUX : CONCEPTION D'UNE MACHINE A CAFE EN PHASE AMONT DE LA CONCEPTION 194
5.3.3. APPORTS DANS LE CADRE DU PROJET ECOUSE : OUTILS DE CARACTERISATION DES VALEURS ET OUTILS DE MESURE EMOTIONNELLE 194
5.3.4. RESULTAT : PROPOSITION D'UNE REPRESENTATION GENERIQUE : UNIUMI 196
5.4. CARACTERISATION DES DONNEES DE MODELISATION : *ECOKANSEI* 197
5.4.1. APPORTS DE L'ETAT DE L'ART : MULTIPLICITE DES MODELES DE REPRESENTATION DES INDIVIDUS 197
5.4.2. APPORTS EXPERIMENTAUX : LES ATTRIBUTS KANSEI « VALEURS ET EMOTIONS » DANS LA CONCEPTION DE PRODUITS A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL 200
5.4.3. APPORTS DANS LE CADRE DU PROJET ECOUSE : LES INFORMATIONS SUBJECTIVES DANS LE MODELE DE CONTEXTE ECOUSE 200
5.4.4. RESULTAT : INFORMATIONS ECOKANSEI DANS LA CONCEPTION 201
5.5. DISCUSSIONS AUTOUR DU MODELE 203

5. PARTIE 5 : APPORTS & CONSTRUCTION DU MODELE UTILISATEUR

5.1. Introduction

Les expérimentations réalisées, les investigations de l'Etat de l'Art et ainsi que les contributions dans le projet EcoUse font partie des apports de la thèse. Dans cette cinquième partie, nous présentons les modèles qui formalisent ces différents apports. Pour rappeler l'objectif de la thèse, nous recherchons à fournir un cadre qui permet de proposer un modèle utilisateur dans le cadre de la mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception. Par cette notion de modélisation, nous associons la prise en compte de l'utilisateur, sa définition et la manière de l'intégrer dans les démarches de conception. Cette étape d'intégration prend une place importante dans notre étude.

A ce titre, les constats de notre Etat de l'Art, puis les démarches que nous avons mises en place dans le cadre de nos expérimentations, et enfin les résultats qui en découlent sont autant d'informations qui nous orientent dans la formalisation du modèle utilisateur.

Nous abordons ici les différentes étapes qui nous ont permis d'arriver à ce modèle. Nous synthétisons les différents apports de nos expérimentations afin de constituer ce que nous entendons par EcoKansei, et nous formalisons ainsi une représentation générique d'un modèle global appelé *Universal User Model Integration for Design Methodologies* (UniUMI).

5.2. Démarche et articulation des apports

La **Figure 98** illustre la démarche qui uniformise les différents apports, en un modèle.

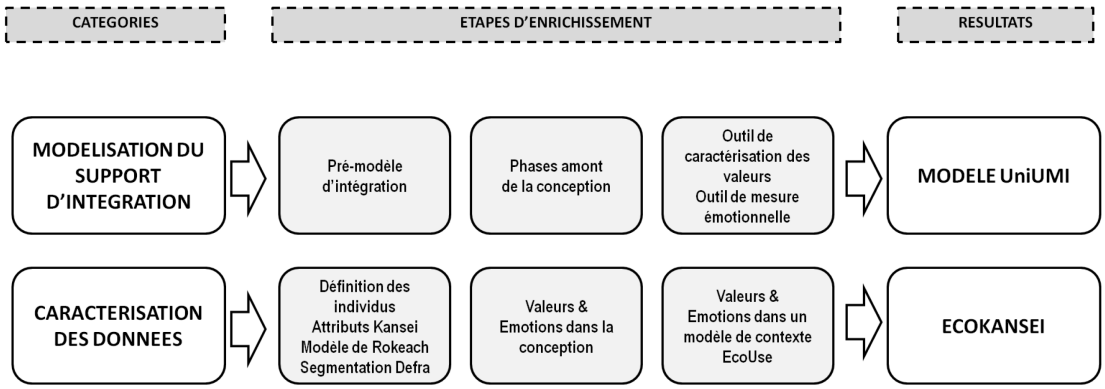


Figure 98. Démarche de modélisation et articulation des apports

Deux catégories d'information sont mises en œuvre dans notre tâche de modélisation utilisateur.

(1) Tout d'abord la modélisation du support d'intégration, et
(2) La caractérisation des données qui constituent ce support d'intégration.

Les différentes investigations que nous avons mises en œuvre permettent d'enrichir cette démarche de modélisation. Cet enrichissement se découle sous trois niveaux : l'apport de l'Etat de l'Art, l'apport des expérimentations et enfin l'apport de la méthode EcoUse. L'expérimentation EXP3 étant réalisée dans le cadre du projet EcoUse, son apport est donc corrélé avec l'apport de la méthode EcoUse.

La modélisation du Support nous permet de dresser un modèle générique d'intégration. Nous avons appelé ce modèle UniUMI pour *Universal User Model Integration for Design Methodologies*. La Caractérisation des données nous oriente vers une description de ce que l'on entend par *EcoKansei.* Ces 2 modèles : *modèle UniUMI* et *modèle EcoKansei* constituent un ensemble générique qui caractérise la modélisation utilisateur pour une mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception.

5.3. Modélisation du Support d'Intégration : *UniUMI*

La Modélisation du Support d'Intégration est la première composante de notre approche. Le résultat de cette modélisation du Support d'Intégration est un modèle générique appelé *Universal User Model Integration for Design Methodologies* (UniUMI).

Modéliser l'utilisateur passe par la création d'un support méthodologique. Ce support méthodologique est un modèle qui permet l'intégration de l'utilisateur dans une méthode de conception. Les différentes informations que nous avons recueillies ainsi que le premier constat dans notre Etat de l'Art permettent de proposer un pré-modèle d'intégration. Le constat 1 disait qu'il existait peu de références lors de la mise en relation des trois disciplines : *Kansei Design*, *User-Centered Design* et *Ecodesign* (voir paragraphe **§ 2.7** en page 96). Nous présentons les différentes versions de modélisation que nous avons réalisées pour illustrer cette intégration, et aboutir finalement à une représentation plus synthétique d'un modèle d'intégration.

5.3.1. Apports de l'Etat de l'Art : Pré modèle de support d'intégration

Dans notre approche initiale, nous avons considéré une orientation qui présuppose une mise en relation de trois domaines distincts : *Conception Centrée Utilisateur*, *Eco-conception* et *Kansei Design.* Nous avons constaté dans notre Etat des L'Art qu'il y avait peu de références existantes lors de la mise en relation de ces trois disciplines, et nous avons retenu l'importance des notions de Kansei, d'utilisateur et d'Eco-conception dans notre question de recherche (voir paragraphe **§ 2.7** en page 96).

En se basant sur ce constat, nous proposons ici un pré-modèle qui prend en compte ces trois domaines *Conception Centrée Utilisateur*, *Eco-conception* et *Kansei Design*. Le **Tableau 62** présente un résumé des quelques recommandations préliminaires que nous suggérons pour le développement du modèle. Ces recommandations pour le pré-modèle intègrent les spécificités qui permettront à terme de faire le lien entre la Conception Centrée Utilisateur, l'Eco-conception et le Kansei design.

Tableau 62. Table de recommandations préliminaires pour le pré-modèle

Le modèle s'appuie sur un modèle de conception standard.
Le modèle est itératif
Le modèle prend en compte l'intégration des critères environnementaux.
Le modèle met en valeur l'utilisateur comme étant une préoccupation centrale du processus
Le modèle fait participer les utilisateurs dans les différentes phases de validation
Le modèle permet l'intégration de l'utilisateur dans la phase de conception.
Le modèle utilise les profils utilisateurs ou personas.
Le modèle permet d'identifier dès la conception des facteurs importants pour un groupe d'utilisateurs cible.
L'utilisateur peut être catégorisé culturellement et géographiquement.
Le modèle intègre des scénarios d'utilisation impliquant l'utilisateur.
Les notions de Kansei sont assimilées dans les valeurs subjectives de l'utilisateur.
Toutes les données d'entrées doivent être implémentées dans les spécifications de besoin.
Le modèle de base est standard, sans distinction de produit.
Le modèle permet la collecte des retours d'expérience utilisateur.

Le modèle de référence initial propose l'interaction de trois notions : Environnement, Conception et Utilisateur. Ce modèle sert de base pour l'élaboration d'une méthode d'Eco-conception Centrée Utilisateur avec une prise en compte de la sensibilité de l'utilisateur aux valeurs environnementales.

Environnement	Conception	Utilisateur

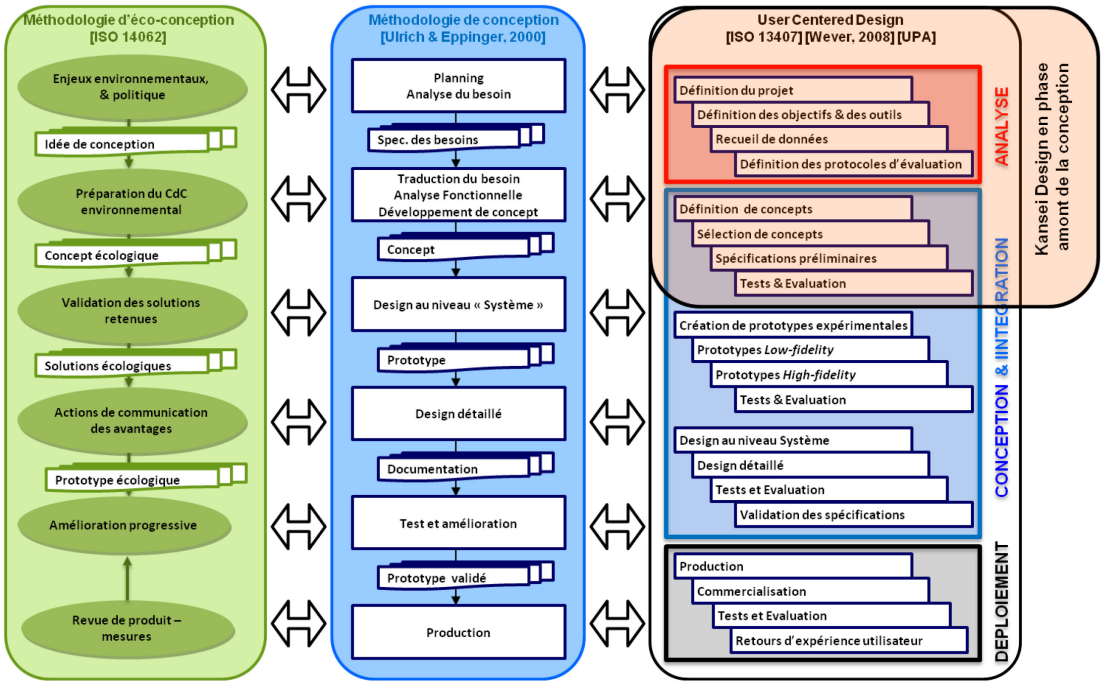


Figure 99. Support du modèle d'intégration de l'utilisateur dans une méthode d'Eco-conception

Nous observons dans ce support trois colonnes représentant 3 critères : *Environnement*, *Conception* et *Utilisateur*.

Le critère *Environnement* est corrélé avec un des objectifs qui alimente le modèle. L'intégration de la prise en compte environnementale est donc un critère majeur qui interagit avec la conception. On retrouve ici :

- l'Eco-conception **(§2.3.2)**,
- les différents outils associés **(§ 2.3.3)**,
- ainsi que les stratégies d'Eco-conception existantes **(§ 2.3.4).**

Dans la colonne *Conception*, nous retrouvons le modèle de conception standard qui sert de base pour le modèle final. Une revue des modèles de conception a été réalisée dans le paragraphe **§ 2.2.2** et a permis de choisir un modèle séquentiel sur la base de Ulrich & Eppinger **(Ulrich & Eppinger, 2008).**

Dans la colonne *Utilisateur*, la prise en compte de l'utilisateur est inspirée de la trame standard de conception d'expérience utilisateur réalisée par l'UPA **(Upassoc.org, n.d.)** . Nous enrichissons cette approche avec les aspects Kansei en phase amont de la conception **(§ 2.5.3)**, et les diverses recommandations avancées dans l'état de l'art.

- Design d'Expérience et Expérience Utilisateur **(§ 2.5.4)**
- Kansei **(§ 2.5.1)**
- Conception Centrée Utilisateur **(§ 2.4.2)**
- Utilisabilité **(§ 2.4.3)**

- Méthodes Ethnographiques **(§ 2.4.7)**
- Profils & Personas **(§ 2.6.6 et § 2.6.7)**
- Chainage Cognitif **(§ 2.5.5)**

A ce stade, ce modèle présente une vision large de la méthodologie. Il peut facilement être assimilé à une méthodologie globale de conception de produit, appliquée à un projet de conception. Un modèle plus détaillé a été établi d'après les expérimentations. Ce modèle est décrit dans la partie suivante.

5.3.2. Apports expérimentaux : conception d'une machine à café en phase amont de la conception

Les études associées au Kansei : *Kansei Design*, *User Experience Design*, *Design Emotionnel* sont positionnées en conception amont.

Le processus de conception amont comporte les étapes préliminaires à la conception de produit. Nous savons que les orientations prises lors de la conception amont ont un impact conséquent sur le déroulement des autres phases du processus. Les décisions doivent donc être prises le plus en amont possible, non seulement d'un point de vue stratégique pour assurer l'atteinte de l'objectif du projet de conception concerné, mais aussi d'un point de vue économique afin d'éviter des couts supplémentaires engagées en revue de conception. L'optimisation du processus de conception passe inexorablement par la maitrise du processus amont. Les différentes étapes du processus de conception amont sont décrits par **(Bouchard et al., 2003b; Bouchard, Mantelet, et al., 2009)** dans notre Etat de l'Art (voir Etat de l'Art **§ 2.5.3**).

Nous avons mis en application les étapes de conception qui correspondent aux phases amont de la conception dans les expérimentations EXP1 et EXP2. Nous avons ainsi positionné nos outils autour de ce modèle de processus. Chaque étape informationnelle, générationnelle, évaluation et décision est alors composée d'outils spécifiques dans les expérimentations. Par exemple, nous avons utilisé des enquêtes dans la phase d'information, une séance de créativité dans la phase de génération d'idées, puis des questionnaires avec différentiels sémantiques et échelles de Likert dans la phase d'évaluation et validation. Nous avons réalisé la conception d'une machine à café dans le cadre de ces expérimentations et mis en pratique cette phase amont de la conception de produit.

5.3.3. Apports dans le cadre du projet EcoUse : outils de caractérisation des valeurs et outils de mesure émotionnelle

Nous avons proposé 3 outils pour le projet EcoUse :

(1) Segmentation
(2) Analyse émotionnelle
(3) VLT (Values Linking Tool)

L'outil Segmentation est notre premier apport pour le projet EcoUse. Il s'agit d'un outil qui permet de transformer les résultats d'un questionnaire sur un groupe d'utilisateurs potentiels en des segments qui regroupent de façon cohérente les utilisateurs en fonction de leur perception de la problématique environnementale **(DEFRA, 2008)** et de leurs valeurs terminales au sens de Rokeach **(Rokeach, 1973)**. Il peut aussi être utilisé pour choisir un segment spécifique pour le développement d'un produit et identifier les valeurs terminales de ce groupe d'utilisateur. Le Résultat 1-2 de notre expérimentation EXP1 illustre cette méthode de Segmentation.

Les 2 autres outils sont regroupés dans la catégorie Outils Kansei :

- L'outil d'analyse émotionnelle, utilisée principalement en phase d'optimisation, qui permet d'évaluer la correspondance entre les émotions ressenties à l'interaction avec le produit et le comportement des utilisateurs, il s'agit d'évaluations cognitives et comportementales, à l'aide de questionnaires associant représentation de produit et échelles de réponses liés aux émotions (SAM, différentiels sémantiques, échelles de Likert),
- L'outil VLT (Values Linking Tool), qui permet de caractériser le lien entre les valeurs personnelles de l'utilisateur, les fonctions associées et les solutions techniques préconisées.

Un Score VLT permet de mesurer le pourcentage d'adéquation des solutions choisies par rapport aux valeurs personnelles de la cible d'utilisateurs que l'on veut atteindre pour le produit. Cela permettra de vérifier cette adéquation et/ou de réorienter ou de proposer une prioritisation des choix de solutions, en fonction des valeurs personnelles de la cible. Le VLT a été mise en œuvre dans le cadre de l'expérimentation EXP3.

La **Figure 100** et la **Figure 101** représentent notre approche de l'intégration des outils Segmentation et VLT et analyse émotionnelle dans les cycles de proposition et d'évaluation lors de chaque étape de développement du produit dans la méthode EcoUse.

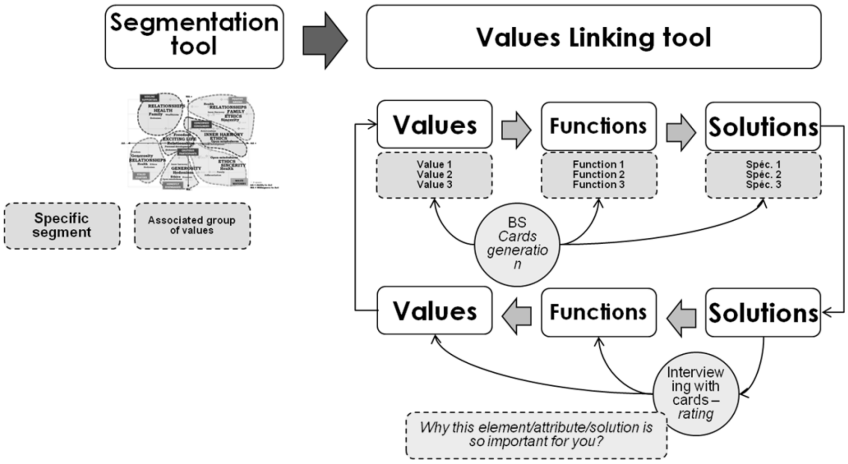


Figure 100. Les Outils Segmentation et VLT dans les étapes de proposition de concept ou de spécifications

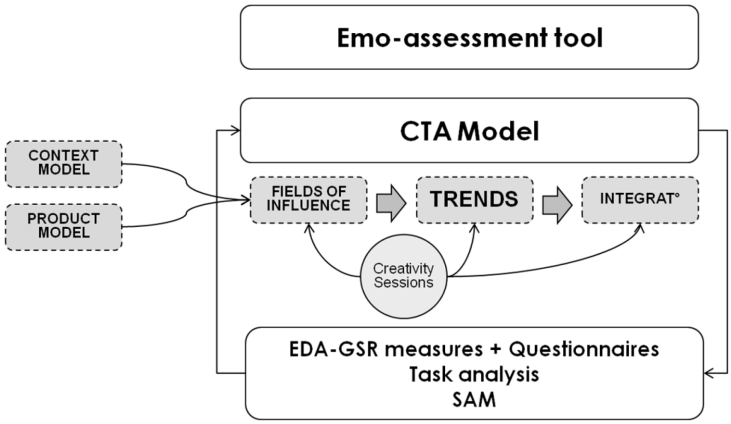


Figure 101. L'outil d'analyse émotionnelle dans les étapes d'évaluation de concept ou de spécifications

5.3.4. Résultat : proposition d'une représentation générique : UniUMI

La mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception est une innovation majeure en matière de recherche. Afin de mettre en avant l'aspect multidisciplinaire de cette approche, nous avons formalisé le modèle en **Figure 102**. Ce modèle présente les différentes dimensions qui interagissent autour de la mise en relation de plusieurs disciplines, d'un point de vue macro. Nous avons intituté ce modèle universel UniUMI pour *Universal User Model Integration for Design Methodologies.* Le modèle permet d'établir la vision élargie apportée par l'approche multidisciplinaire.

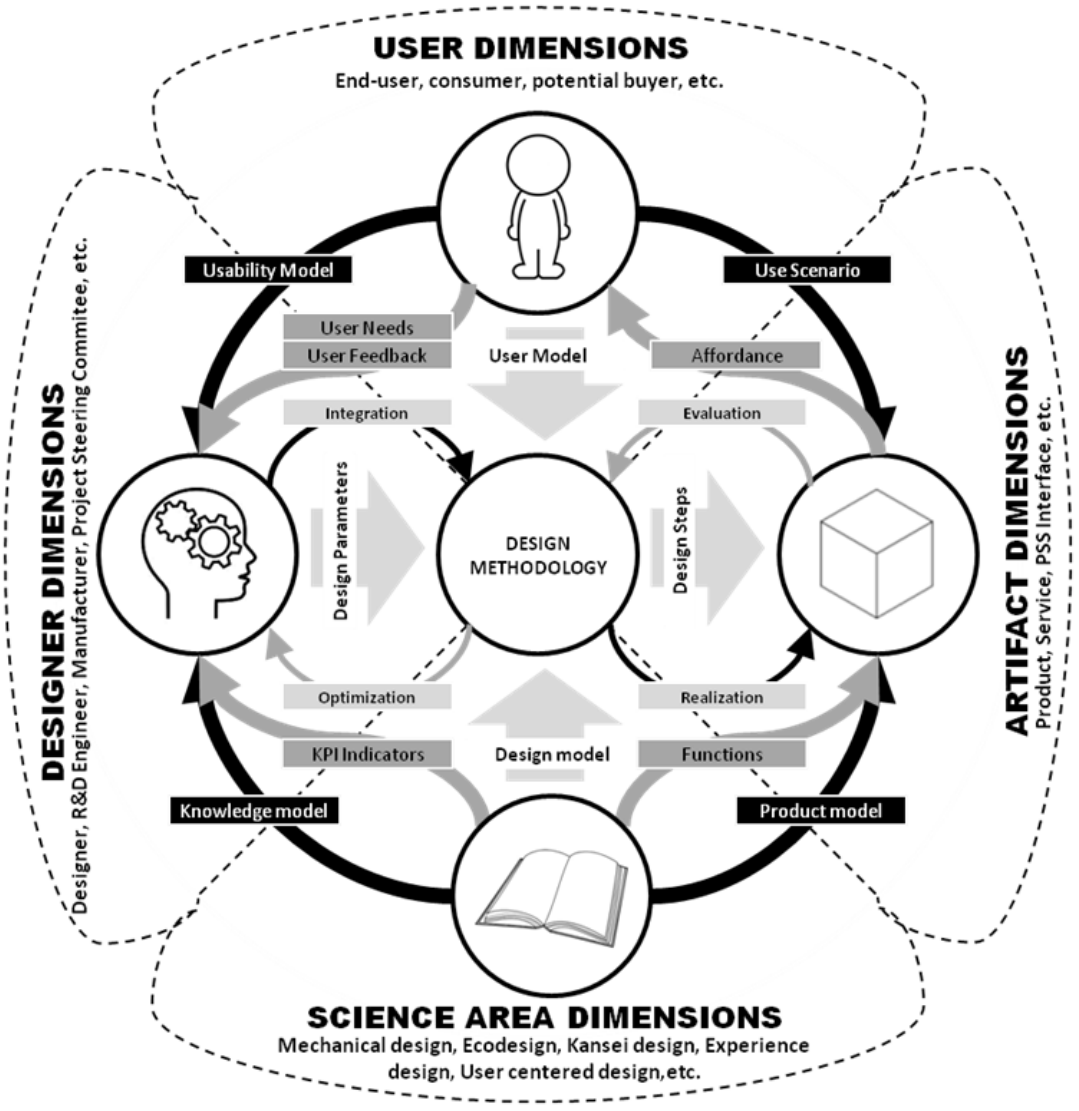


Figure 102. Universal User Model Integration for Interdisciplinary Design Methodology (UniUMI)

Le modèle présente quatre dimensions qui interagissent au sein d'une méthodologie de conception générique représentée au centre et qui constitue le support du modèle. Cette méthodologie est une méthode interdisciplinaire basée sur les différentes tâches linéaires, comme la conception systématique **(Pahl & Beitz, 2007)**, ou d'autres modèles comme **(Cross, 2001; Ulrich & Eppinger, 2008)**, les principes d'Eco-conception **(Lewandowska & Kurczewski, 2010)**. Elle peut concerner différentes phases de la conception, par exemple les phases amont

de la conception pour les principes d'ingénierie Kansei **(Nagamachi & Lokman, 2011; Nagamachi, 1995a; Schütte et al., 2004)** ou des méthodes itératives, à savoir la conception centrée sur l'utilisateur **(ISO 13407, 1999; Maguire, 2001; Norman & Draper, 1986)**. En règle générale, les 4 dimensions principales proposées dans ce modèle soulignent l'intégration de l'utilisateur dans une méthodologie de conception. Les quatre dimensions, sont :

La **dimension Utilisateur** (*User Dimension*) qui enrichit le modèle de conception d'un modèle de l'utilisateur, la **dimension Concepteur** (*Designer Dimension)* qui représente les différents niveaux d'acteurs de la conception, la **dimension Connaissance** (*Science Area Dimension)* qui est une base support des connaissances dans tous les domaines thématiques connexes, et enfin une **dimension Produit** *(Artefact Dimension)* qui représente le produit/service ou le résultat du processus de conception.

Les données EcoKansei sont des informations subjectives qui peuvent caractériser les utilisateurs. Dans ce modèle, les données EcoKansei à haut niveau d'abstraction ou High-level se positionnent dans *User Dimension*. Les données EcoKansei à bas niveau d'abstraction ou Low-level se positionnent dans *Artefact Dimension.* **(§ 2.5.3).**

5.4. Caractérisation des données de modélisation : *EcoKansei*

Le support méthodologique mis en place à l'issue de l'étape Méthodologie du support d'intégration **(Figure 102)** est une représentation générique. Ce modèle est une représentation vide qui doit être composée d'éléments. Les éléments qui composent ce support peuvent être des cas d'application, des données, ou des modèles d'utilisateurs. L'application du modèle utilisateur dans des cas pratiques passe donc par la mise en œuvre de ces informations dans le modèle.

5.4.1. Apports de l'Etat de l'Art : multiplicité des modèles de représentation des individus

A partie de l'Etat de l'Art, nous avons réalisé un second modèle qui met en exergue l'articulation de diverses techniques associées au Kansei dans un modèle séquentiel. Nous voulons ainsi mettre plus en avant les différentes informations subjectives associées au Kansei dans la représentation, et en déduire des catégories d'informations qui sont intéressantes. Les aspects subjectifs apportés par le Kansei sont intégrés, en tenant compte d'une part de l'expérience de conception et les méthodes de l'Eco-conception, puis aussi des valeurs humaines, la sémantique, les fonctions et les affordances.

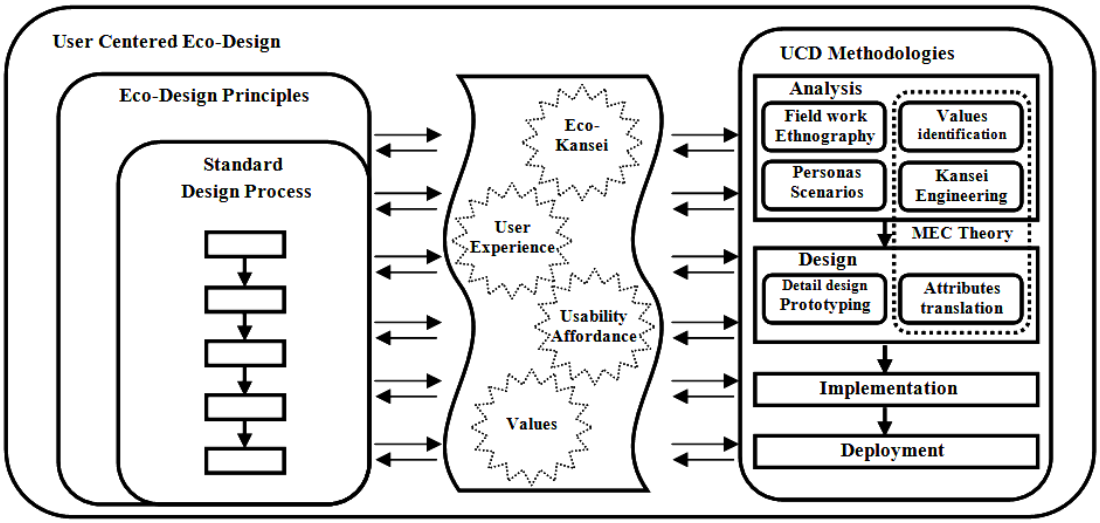


Figure 103. Dimensions à intégrer dans une perspective de mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception.

Cette représentation de la **Figure 103** reprend les grandes lignes du pré-modèle de référence en **Figure 99**. C'est un modèle séquentiel, mais qui se compose de diverses représentations matricielles. Nous retrouvons une intégration des trois domaines concernés dans les trois colonnes : *Conception Centrée Utilisateur*, *Eco-conception* et *Kansei Design.*

De plus, nous proposons dans ce modèle une première vision des catégories de données à prendre en compte. En effet, on a fait ressortir sous forme de nuage dans la colonne du milieu des informations importantes qui permettent de caractériser l'utilisateur dans le cadre de mise en relation des 3 domaines. On peut observer les *Valeurs*, l'*Expérience Utilisateur*, les notions d'*Utilisabilité*, et l'*EcoKansei*. Ce sont autant d'informations qui peuvent définir l'utilisateur et qui permettent de le modéliser.

Par ailleurs, le constat n°2 de notre Etat de l'Art nous dit que qu'il existe des modèles de représentation des utilisateurs issus de différents domaines qui ne sont pas interconnectés. Le **Tableau 22** du paragraphe **§ 2.6.9** de notre Etat de L'art présente différentes formes existantes de modélisation utilisateur dans différents domaines : IHM, Marketing, Sociologie, Psychologie, Ergonomie, Conception Centrée Utilisateur, Politique environnementale, Développement durable, dans les études de tendance, Culture et Valeurs. Nous avons effectué un choix parmi cette liste en fonction de nos objectifs et dressé le **Tableau 63**.

Tableau 63. Sélection des catégories de Modèles Utilisateurs en fonction des objectifs

Domaine	Référence	CONCEPTION	UTILISATEUR/ CONSOMMATEUR	ENVIRONNEMENT	KANSEI
IHM	(Brusilovsky & Millán, 2007; Wahlster & Kobsa, 1989)		(X)		
Marketing	(T. J. Reynolds & Gutman, 1984; Valette-Florence, 1994)		(X)		(X)
Sociologie / Psychologie	(Douglas, 1999; Hofstede & Bond, 1984) (Kahle, 1983; Rokeach, 1973; Schwartz & Bilsky, 1990)		(X)		(X)
Conception Centrée Utilisateur / Ergonomie	(Blomkvist, 2002a; Grudin & Pruitt, 2002; Miaskiewicz & Kozar, 2011)	(X)	(X)		
DfSB	(Lilley, 2009; Tang & Bhamra, 2008)	(X)	(X)	(X)	
Politique environnementale	(DEFRA, 2008; ETHICITY, 2013)		(X)	(X)	
Education & psychologie environnementale	(Blake, 1999; Grob, 1995; Kollmuss & Agyeman, 2002)		(X)	(X)	
Ingénierie Emotionnelle Kansei Information	(Bouchard, Kim, et al., 2009; Geneva Emotion Research Group, 1988; Plutchik, 1980)	(X)	(X)		(X)

Nous nous sommes orientées sur une partie de ces modèles utilisateurs afin de souligner cette intégration. Les modèles utilisateurs que nous mettons en œuvre dans notre étude mettent en relation le Kansei et l'Eco-conception.

Nous mettons en parallèle les différentes formes de modélisation avec 4 catégories : Conception, Utilisateur, Environnement et Kansei. Les catégories qui cadrent le plus avec cette mise en relation sont celles qui ont une correspondance élevée pour l'Environnement et le Kansei, mais qui restent applicables en Conception. Elles sont celles qui se rapprochent le plus de notre objectif grisées sur le **Tableau 63**. On peut citer les modèles de Segmentation de DEFRA pour la politique environnementale, les profils utilisateurs et les personas utilisés dans la Conception Centrée Utilisateur, les modèles stratégiques de Lilley, Tang et Bhamra dans la politique environnementale pour l'Eco-conception, et enfin, les styles de vie et tendances de consommation et les modèles de valeurs de Rokeach qui correspondent à des informations subjectives que nous pouvons associer au Kansei.

5.4.2. Apports expérimentaux : les attributs Kansei « Valeurs et Emotions » dans la conception de produits à faible impact environnemental

Nous avons démontré durant nos expérimentations que les Valeurs sont des informations qui permettent de définir l'utilisateur lors de la conception de produit à faible impact environnemental. Les émotions quant à elles, peuvent être modélisées sous forme de stimulus sur un produit afin d'orienter l'utilisateur qui entre en interaction sur ce produit vers des comportements pro-environnementaux. Les attributs Kansei : Valeurs et Emotions permettent de concevoir des produits qui ont des caractéristiques à forte orientation environnementale.

Dans l'expérimentation EXP1, nous avons utilisé les valeurs pour représenter l'utilisateur et concevoir un produit. Le Résultat 1-2 ont permis d'établir un modèle de segmentation d'utilisateurs en éco-valeurs. A partir de l'information que nous avons recueillie par le biais d'un questionnaire, nous avons généré un modèle de segmentation des utilisateurs en fonction de leurs valeurs personnelles et de leur sensibilité environnementale. Ces conclusions démontrent que les Valeurs personnelles constituent des données importantes dans la modélisation utilisateur.

Dans l'expérimentation EXP2, nous avons mis en œuvre les émotions. Nous avons nous sommes appuyés sur des informations de notre Etat de l'Art, que nous avons complété par une séance de travail afin de catégoriser les émotions. Nous avons ainsi défini un certain nombre d'émotions qui peuvent être associées à une prise en compte environnementale. L'émotion « Culpabilité envers l'environnement » a été utilisée dans cette expérimentation, par conséquent, des concepts de produit ayant des fonctions capables de générer cette émotion spécifique ont été générés. Ces fonctions sont des informations Kansei à bas niveau d'abstraction ou *Low-Level* et sont présentées sous forme de stimulus sur le produit final. A partir du résultat de cette expérimentation (Résultat 2-2), nous avons conceptualisé l'émotion « Culpabilité » envers l'environnement dans le cadre de la conception d'un produit. Nous avons ainsi mis en évidence que les attributs Kansei « Emotions » peuvent être intégré dans les cahiers des charges de conception des produits à faible impact environnemental, afin de concevoir des produits qui répondent concrètement à ces aspects subjectifs.

5.4.3. Apports dans le cadre du Projet EcoUse : Les informations subjectives dans le modèle de contexte EcoUse

Nous avons mis en avant dans le cadre du projet EcoUse un ensemble de caractéristiques qui doivent être prises en compte dans la représentation de l'utilisateur.

Le modèle de contexte est un des outils qui a été réalisé à l'issue des groupes de travail du projet EcoUse dont nous faisons partie intégrante. Le modèle de contexte du projet EcoUse permet de caractériser les informations à prendre en compte dans une démarche d'Eco-Conception Centrée Utilisateur. Le travail que nous avons réalisé est un apport qui permet de renseigner et d'enrichir ce modèle. Le modèle de contexte représente un groupe d'utilisateur et le contexte dans lequel ils vont utiliser le produit. On retrouve dans le modèle de contexte quatre catégories d'information :

- Informations objectives liées à l'utilisateur : les habitudes, les connaissances et les compétences, la situation géographique, la fonction ;
- Informations subjectives liées à l'utilisateur : *les valeurs, la sémantique, les émotions.*
- Informations objectives associées au contexte et à l'environnement externe : *l'infrastructure externe* (les réseaux électriques, hydrauliques, etc.) et *l'infrastructure interne* (les appareils disponibles) ;
- Informations subjectives associées au contexte et à l'environnement externe : *la culture*.

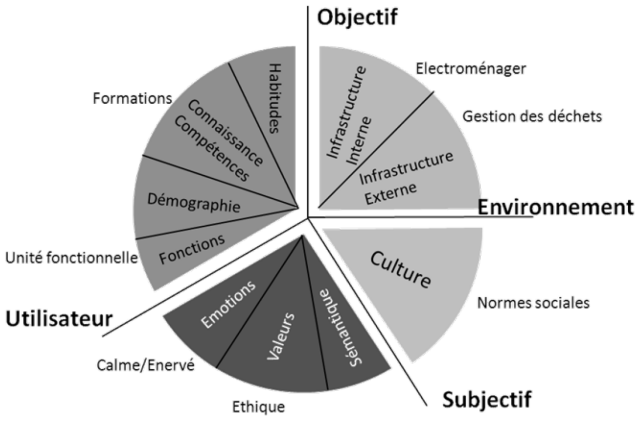


Figure 104. Modèle de contexte (Projet EcoUse)

Nous retrouvons ainsi dans ce modèle de contexte des informations subjectives associées aux études Kansei. Les valeurs, les émotions et la sémantique font partie des informations Kansei de haut niveau d'abstraction ou High-Level, c'est-à-dire internes à l'utilisateur. Il a été démontré dans les expérimentations EXP1 et EXP2 que ces informations subjectives ont une incidence sur le résultat final du produit, en termes d'adéquation à la sensibilité environnementale de l'utilisateur. Dans le cadre du projet EcoUse, ces informations font donc partie des caractéristiques contextuelles à prendre en compte pour la conception de produit à faible impact environnemental.

5.4.4. Résultat : Informations EcoKansei dans la conception

Les différents apports que nous avons énumérés dans cette étape de caractérisation des données nous permettent de définir ce que nous entendons par EcoKansei.

EcoKansei est le terme que nous utilisons pour définir les attributs Kansei qui possèdent une correspondance avec la sensibilité environnementale. Les attributs EcoKansei affectent les comportements des utilisateurs et la façon dont ils interagissent avec un produit spécifique, et par conséquent, contribuent à la génération d'impact sur l'environnement. Cet impact serait par ailleurs mesurable sur le produit en utilisant les méthodes utilisées couramment en Eco-conception : Analyse de Cycle de Vie (ACV) et analyse d'impact environnemental.

Nous suggérons que les informations véhiculées par ces attributs EcoKansei peuvent être de deux ordres : concrets ou abstraits. Les attributs EcoKansei abstraits sont associés aux caractéristiques internes de l'utilisateur. Ces caractéristiques correspondent aux informations Kansei de haut niveau d'abstraction ou *High-Level*. Nous avons mis en avant dans nos expérimentations deux exemples de facteurs EcoKansei qui correspondent à cette catégorie abstraite : les valeurs dans l'expérimentation EXP1, puis les émotions dans l'expérimentation EXP2.

Par ailleurs, en parallèle avec les EcoKansei de haut niveau d'abstraction, on retrouve également les EcoKansei plus concrets associées au produit. Les informations véhiculées par ces facteurs EcoKansei correspondent au Kansei à bas niveau d'abstraction ou *Low-level*. On peut par exemple citer des attributs caractéristiques du produit tels que la forme, la couleur, la texture, la sémantique. L'outil de chainage Valeurs-Fonctions-Solutions que nous avons mis en œuvre dans l'expérimentation EXP1 a permis de générer la correspondance entre les EcoKansei abstraits et les EcoKansei concrets. En effet, les attributs des produits dans les solutions de conception générés à partir de la mise en application de l'outil de chainage cognitif Valeur-Fonctions-Solutions en utilisant les EcoKansei « Valeurs » sont par correspondance des facteurs EcoKansei Produits. Nous avons vu des exemples de ces

attributs dans le résultat de l'expérimentation EXP1 **(Paragraphe § 4.2)**. Nous retrouvons la correspondance entre ces deux dimensions EcoKansei (Produits et Utilisateur) dans le modèle d'interaction Utilisateur-Produit que nous avons réalisé pour positionner les expérimentations.

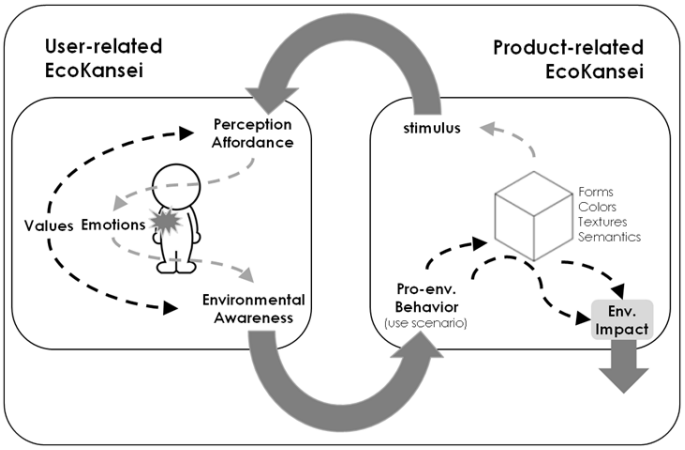


Figure 105. EcoKansei Produit et EcoKansei Utilisateur dans le modèle d'interaction Utilisateur-Produit.

Nous retrouvons dans ce modèle les deux dimensions Kansei et les facteurs EcoKansei correspondants.

D'un côté, les attributs EcoKansei à haut niveau d'abstraction relatifs à l'utilisateur ou « User-related EcoKansei » sont ici représentés à gauche. On retrouve dans cette catégorie deux exemples d'attributs EcoKansei que nous avons mis en œuvre lors de nos expérimentations: les valeurs et les émotions, tous deux orientés autour de la sensibilité environnementale.

De l'autre côté, les attributs EcoKansei à bas niveau d'abstraction relatifs au produit ou « Product-related EcoKansei » sont représentés à droite par des caractéristiques physiques du produit. Dans l'expérimentation EXP1, nous avons mis en avant ces attributs EcoKansei Produit lors de la conception d'une machine à café. Par l'intermédiaire de l'outil de chainage cognitif « Valeurs-Fonctions-Solutions », nous avons ainsi défini des attributs EcoKansei Produits (forme, couleur, sémantique, texture) qui correspondent aux EcoKansei Utilisateurs « valeurs ».

Dans la construction de la méthodologie d'Eco-conception Centrée Utilisateur pour le projet EcoUse, nous avons défini avec le consortium un modèle qui regroupe toutes les informations qui permettent de catégoriser l'utilisateur. Dans ce modèle que nous avons nommé « modèle de contexte », nous avons établi la place des attributs subjectifs dans la représentation de l'utilisateur. Ces attributs subjectifs permettent de segmenter les populations d'utilisateurs selon plusieurs caractéristiques, de choisir la cible d'utilisateurs cible pour notre produit, ou les bons représentants pour les étapes d'évaluation de nos produits finaux. Cela oriente les choix dans les taches de conception pour avoir des produits qui sont à la fois moins impactant pour l'environnement, mais qui prennent également en compte les caractéristiques de l'utilisateur dans sa globalité. Ces caractéristiques vont des plus concrets, comme les CSV, l'âge, etc., aux plus abstraites, comme les valeurs personnelles, les émotions, la culture. Nous avons observé durant nos expérimentations que les attributs EcoKansei sont des facteurs de différentiation importantes dans la modélisation utilisateur. Par conséquent, leur prise en compte a un impact conséquent le mode d'utilisation du produit. Nous avons vu que Les attributs EcoKansei Valeurs et Emotions

font partie d'un ensemble de caractéristiques qui doivent être prises en compte dans une démarche de modélisation utilisateur pour l'Eco-conception.

5.5. Discussions autour du modèle

Nous avons présenté le modèle UniUMI : Universal User Model Integration for Design Methodologies. En termes pratiques, nous avons, dans le cadre de nos expérimentations, mis en œuvre des informations issues de chacune des dimensions présentées dans ce modèle UniUMI. La **Figure 106** présente une version simplifiée du modèle et les différentes informations qui gravitent autour de ses dimensions. Comme nous l'observons dans cette représentation, nous avons tenté de renseigner ces différentes dimensions dans le cadre des expérimentations réalisées autour de cette thèse.

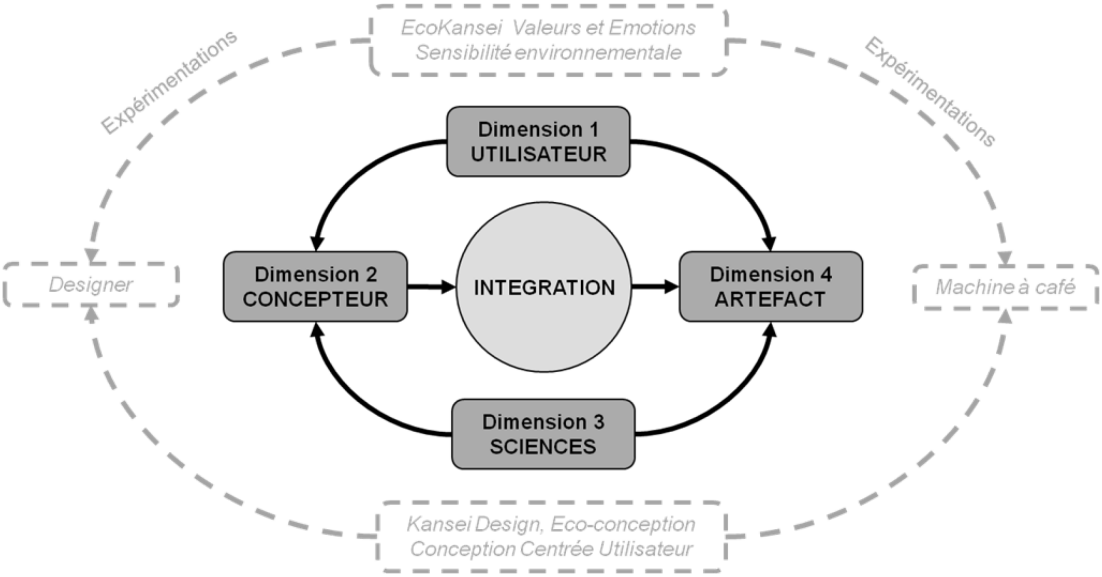


Figure 106. Informations issues du modèle UniUMI dans les expérimentations de la thèse.

Dans la dimension Utilisateur, nous observons par exemple que les informations subjectives Valeurs et Emotions peuvent être utilisées pour représenter l'utilisateur. En effet, nous avons utilisé ces informations pour représenter des facettes de l'utilisateur qui ne sont pas indentifiables dans une démarche classique. Nous sommes ainsi arrivés à définir les Ecokansei Valeurs et Emotions qui font partie des éléments imputables à la dimension Utilisateur de notre modèle UniUMI. Par la suite, dans la dimension Concepteur, nous nous intéressons aux acteurs de la conception. Parmi les acteurs de la conception, l'ingénieur et le designer sont des parties prenantes importantes lors des phases amont du processus de conception de produit. Afin de renseigner une partie de cette phase amont de la conception, l'outil de créativité Brainstorming a été largement utilisé lors de nos expérimentations. La génération d'idées est une étape importante dans une démarche de créativité, l'apport et les compétences du designer y sont donc décisives, que ce soit en termes de proposition d'idées de concept ou de formalisation de ces idées sous forme de dessins. En ce qui concerne la dimension Sciences, il s'agit d'identifier dans le cadre de notre travail les différentes thématiques qui rentrent en considération dans l'étude. Le caractère multidisciplinaire de notre étude fait que nous faisons appel à différents domaines scientifiques afin de le mener à bien : la Conception Centrée Utilisateur, l'Eco-conception, la conception de produit, le

design, le Kansei Engineering. Et puis enfin, pour renseigner la dimension Artefact, nous avons orienté nos expérimentations autour de la conception d'un produit spécifique qui est une machine à café. Nous avons réutilisé cette idée d'artefact pour mener à bien nos trois expérimentations.

Le modèle UniUMI permet de formaliser des informations importantes qui méritent d'être intégrées dans une démarche de conception multidisciplinaire. Ces informations qui ne sont pas identifiables dans une démarche classique de conception ont pu être recensées à l'aide du modèle. Par la suite, le modèle UniUMI va de paire avec un modèle méthodologique. Les informations issues du modèle UNiUMI peuvent être piochées pour être intégrées dans ce modèle méthodologique. A l'aide d'exemples, nous illustrons dans la **Figure 107** l'utilisation des informations issues du modèle UniUMI pour être implémentées dans différentes étapes d'un modèle méthodologique.

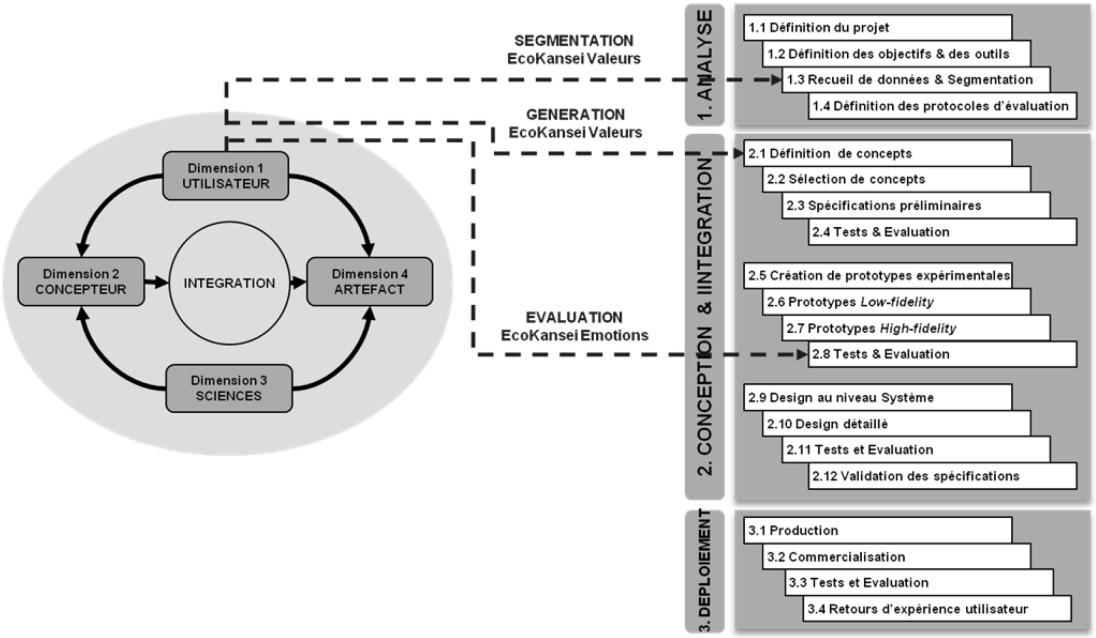


Figure 107. Intégration des informations du modèle UniUMI dans un modèle méthodologique.

Nous prenons ici comme exemple un modèle méthodologique adapté aux besoins de notre sujet d'étude. On retrouve dans ce modèle les étapes-clé d'un processus de conception ainsi que les adaptations nécessaires qui permettent d'associer des informations subjectives. Le modèle méthodologique que nous proposons intègre notamment les différentes étapes de conception centrée utilisateur. Le modèle est divisé en 3 grandes étapes : 1. Analyse, 2. Conception & Intégration et enfin 3. Déploiement.

Nous montrons sur la **Figure 107** que les dimensions UniUMI sont des supports d'informations qui enrichissent le modèle méthodologique. Par exemple, nous pouvons observer à ce titre que les Ecokansei Valeurs issues de la dimension Utilisateur nous permettent de renseigner et d'enrichir l'étape 1.Analyse. En effet, le travail sur la compréhension des valeurs sociétales et les résultats obtenus à l'issue de l'expérimentation EXP1 s'inscrivent dans une démarche de Segmentation. Cette démarche est représentée par une étape spécifique du modèle méthodologique : 1.3 Recueil de données et Segmentation. Les informations EcoKansei peuvent ainsi enrichir les outils de Segmentation. Par la suite, un autre exemple que nous voyons également sur cette figure : les EcoKansei Valeurs et Emotions permettent de renseigner les étapes associées à la Génération, mais aussi à

l'Evaluation. Nous l'avons observé lors de nos expérimentations, d'un côté les Valeurs peuvent être utilisées comme des contraintes de départ lors de la génération de concepts. D'un autre côté, les émotions sont des informations mesurées en phase d'Evaluation.

En résumé, nous avons mis en œuvre les attributs EcoKansei dans nos expérimentations. Nous avons pris en compte les Eco-valeurs pour segmenter les utilisateurs en fonction de leurs valeurs personnelles et de leur sensibilité environnementale dans l'expérimentation EXP1. Les résultats de nos expérimentations montrent que les attributs EcoKansei sont des informations qui peuvent avoir un poids important dans la modélisation utilisateur. Nous pouvons ainsi généraliser les attributs EcoKansei dans des catégories d'Eco-informations, c'est-à-dire, des informations qui ont une correspondance précise avec la sensibilité environnementale. En généralisant ces informations sous l'appellation Eco-X, nous nous retrouvons avec des extensions telles que les éco-valeurs, les éco-humeurs, l'éco-culture, éco-émotions, éco-attributs, et ainsi de suite. D'un point de vue macro, EcoKansei serait une sous-partie de modèle de l'utilisateur et permettrait de définir l'interaction spécifique entre l'utilisateur et le produit. En ce qui concerne le modèle UniUMI, c'est donc un outil qui permet de sélectionner certaines informations qui ne sont pas indentifiables de manière classique et de les intégrer dans un modèle méthodologique. On observe dans ce modèle que les informations issues du modèle UniUMI permettent de renseigner de manière polyvalente les phases de conception de produit ou éventuellement d'enrichir les informations données si elles sont déjà considérées.

Conclusion

CONCLUSION 209

A. APPORTS DE LA THESE 209
B. LIMITES DE L'APPROCHE 211
C. PERSPECTIVES : CHANGEMENT DE COMPORTEMENTS, TRANSFERT D'IMPACT, VALORISATION INDUSTRIELLE ET REUSSITE COMMERCIALE 213

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 217

PRODUCTION SCIENTIFIQUE 233

CONCLUSION

A. Apports de la thèse

Dans le cadre de cette thèse, nous avons mis en avant la possibilité de mettre en lien le Kansei et l'Eco-conception. Nous avons répondu à la question de recherche que nous avons posée « Comment intégrer les approches subjectives associées au « Kansei » dans la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception ? », en élaborant des hypothèses et en les testant dans le cadre de nos expérimentations. La prise en compte des attributs Kansei permet d'enrichir la modélisation utilisateur pour l'Eco-conception en proposant un modèle de compréhension plus complet de l'utilisateur dans son contexte. Nous avons montré tout au long de nos expérimentations que les informations de conception relatives au domaine du Kansei peuvent être utilisées comme des spécifications de conception pour le développement de produits à faible impact environnemental.

Les différents apports de la démarche que nous avons énumérés dans le paragraphe **§ 5** nous ont permis de construire un modèle utilisateur et de formaliser une vision de la modélisation utilisateur à partir de différents apports.

- Apports de l'Etat de l'Art **(§ 5.3.1 et § 5.4.1)**
- Apports expérimentaux **(§ 5.3.2 et § 5.4.2)**
- Apports dans le cadre du projet EcoUse **(§ 5.3.3 et § 5.4.3)**

Les deux modèles résultants : *modèle UniUMI* **(§ 5.3.4)** et *modèle EcoKansei* **(§ 5.4.4)** constituent un ensemble générique qui caractérise la modélisation utilisateur pour une mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception. Outre les apports qui ont conduit à ces résultats, nous avons également produit différents apports plus généraux qui résultent de cet objectif de mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception :

(1) Une meilleure définition de l'utilisateur en conception ;
(2) Un enrichissement de la compréhension de la phase d'utilisation pour l'Eco-conception ;
(3) Un meilleur support pour orienter les prises de conscience envers l'environnement,
(4) Une approche innovante de l'Eco-conception ;
(5) Une extension du périmètre des approches Kansei vers des considérations environnementales (EcoKansei).

(1) Une meilleure définition de l'utilisateur en conception.

Nous avons montré à partir de la modélisation EcoKansei que les informations véhiculées par le Kansei peuvent être intégrés dans la définition de l'utilisateur pour la conception de produits à orientation environnementale. En intégrant les informations Kansei valeurs et émotions dans la représentation de l'utilisateur, nous avons apporté une meilleure définition de l'utilisateur pour l'Eco-conception. Nous avons montré que l'utilisateur peut être défini, non seulement par des informations basiques que nous retrouvons communément dans la Conception Centrée Utilisateur, mais également à partir d'informations subjectives apportées par la dimension Kansei. Les résultats de nos expérimentations illustrent cet apport. Dans l'expérimentation EXP1, la segmentation environnementale de DEFRA a été enrichie avec des informations Kansei Valeurs, afin de définir avec précision les besoins et les caractéristiques des individus. Nous avons validé l'hypothèse qui stipule que les attributs Kansei (Valeurs) peuvent s'intégrer dans la définition des profils environnementaux des utilisateurs d'un produit lors de la conception (H1). Le modèle de segmentation orienté

autour des valeurs que nous avons élaboré dans le cadre de cette expérimentation permet de mieux cerner les utilisateurs et de choisir des représentants d'un segment spécifique d'utilisateurs dans le cadre d'une Eco-conception de produit.

(2) Un enrichissement de la compréhension de la phase d'utilisation pour l'Eco-conception.

Les attributs Kansei ont une influence sur le comportement d'utilisation du produit. Nous avons démontré dans l'expérimentation EXP2 qu'il est parfaitement possible de concevoir un produit qui caractérise un lien entre émotions et comportements pro-environnementaux. Nous proposons un modèle d'interaction utilisateur-produit présentant le cheminement qui formalise ce lien. Le modèle met en parallèle la prise en compte d'une émotion spécifique dans les caractéristiques d'un produit et la sensibilité environnementale qui incite un utilisateur à faire une action pro-environnementale. L'hypothèse H2 est validée par cette possibilité. Les attributs Kansei (émotions) peuvent orienter les utilisateurs d'un produit vers un comportement pro-environnemental. Nous sommes en mesure d'enrichir la compréhension de la phase d'utilisation en mettant en évidence la composante Kansei qui joue dans l'interaction de l'utilisateur avec le produit. Une démarche d'Eco-conception appuyée par le Kansei doit alors permettre la conception de nouveaux produits qui auront l'avantage de s'adapter le mieux possible au comportement des utilisateurs et à leur sensibilité à l'environnement.

(3) Une approche innovante de l'Eco-conception.

La recherche académique trouve un intérêt particulier dans la mise en liaison de deux domaines de recherche qui sont à la base complètement déconnectés. En effet, si nous nous tournons vers le domaine environnemental associé à l'Eco-conception, on sait que la part de responsabilité de la dimension humaine dans les problèmes environnementaux que l'on rencontre aujourd'hui n'est pas négligeable. La préoccupation pour l'environnement est au centre des attentions, et cela permet aux acteurs des politiques environnementales d'entretenir une certaine conscience et même une implication des individus. Cette implication est d'autant plus importante que beaucoup d'efforts restent encore à accomplir en termes de prise en compte environnementale, surtout dans l'Eco-conception des produits à destination du public de grande masse. L'Eco-conception présente donc un intérêt indiscutable à intégrer la dimension humaine dans ses méthodologies. D'autre part, les dimensions humaines sont représentées de manière significative dans les champs de recherche en Science Sociale. Les études Kansei peuvent être considérées comme une branche des études réalisées en Sciences Sociales, et appliquées dans l'Ingénierie, et apportent une dimension subjective dans la représentation des individus. C'est le cas des éléments qui sont associés à la conscience environnementale et qui intéressent particulièrement les études d'Eco-conception en contribuant à l'enrichissement des méthodes.

(4) Une extension du périmètre des approches Kansei vers des considérations environnementales (EcoKansei).

L'introduction de la notion d'EcoKansei est un des résultats de notre thèse. Nous avons introduit la possibilité de caractériser des informations Kansei associées à la sensibilité environnementale. Dans le champ spécifique du Kansei, les études sont traditionnellement associées à des méthodes empiriques qui permettent de traduire la perception d'un utilisateur et de l'impact émotionnel provoqué par des produits de masse. La prise en compte environnementale constitue donc un essor particulier dans le champ de recherche des études

Kansei, et permet de le contextualiser afin de s'intégrer dans notre société actuelle. Les études Kansei contribuent ainsi, non seulement à accroitre la dimension de la sensation, du plaisir, de l'aspect ou de l'esthétique, comme c'est le cas depuis toujours, mais aussi une dimension globale, afin de contribuer au développement durable. On justifie ainsi un apport de cette thèse comme une possibilité d'enrichissement mutuel qui sera avantageuse pour l'un ou l'autre des deux domaines de recherche Kansei et Eco-conception. Cette approche interdisciplinaire et complémentaire est une originalité de la thèse.

B. Limites de l'approche

Nous présentons les limites de l'approche en deux catégories :

(1) Les limites relevées lors des expérimentations,
(2) Les limites globales de l'approche.

(1) Limites relevées lors des expérimentations :

Les différentes limites que nous avons énumérées tout au long de notre démarche sont résumées dans ce paragraphe :

Une limite dans l'expérimentation EXP1 concerne les subtilités du recueil d'informations pertinentes à partir des **questionnaires**. Nous avons constaté la nécessité de faire un compromis entre la pertinence et la taille du questionnaire, que nous avons contourné en proposant un questionnaire en plusieurs sections séparées, de manière à limiter la surcharge cognitive des répondants (voir **§ 4.2.9**). Nous avons également relevé dans le Résultat 1-2 qu'il peut y avoir des différences entre les réponses données dans le questionnaire et les actions réelles effectués par l'utilisateur (voir **§ 4.2.5.6** dans les résultats de l'analyse de tâche). Néanmoins le questionnaire est un outil efficace et relativement simple à mettre en place, qui nous a permis de récolter une quantité importante d'information.

Une limite corrélée avec cette étape de récolte d'informations concerne la **robustesse de nos données au-delà de l'échantillon de 72 personnes** que nous avons prélevées. Nous avons réalisé un modèle utilisateur en fonction des valeurs associées aux comportements environnementaux. Dans l'expérimentation EXP1, nous avons obtenu un modèle de segmentation d'utilisateurs en fonction des valeurs personnelles et de la sensibilité environnementale (voir **§ 4.2.3 Résultat 1-1** en page 116). Notre démarche d'éco segmentation par les valeurs est validée mais la pertinence de nos données est limitée à l'échantillon de 72 personnes. Pour assurer la robustesse des données qui composent notre modèle, il serait intéressant d'envisager un panel plus large d'individus avec une attention particulière à la représentativité de ce panel.

Par la suite, pour la phase de traitement, nous avons effectué des manipulations de tris et de croisements avec Microsoft Excel. Ce **mode de traitement** nous a permis de valider les résultats. Néanmoins, la quantité importante d'information mérite à notre sens un traitement complémentaire pour de futures interprétations, avec des outils statistiques plus complexes de type ACP.

Une limite relevée dans l'expérimentation EXP2 concerne le **positionnement des émotions sur une cartographie valence/potentiel environnemental**. Cette cartographie positionne les 130 émotions autour de 3 critères : valence, potentiel environnemental et possibilité de réalisation (voir **§ 4.3.3 Résultat 2-1** en page 150). Cette classification des émotions autour des deux axes est réalisée de manière subjective. La difficulté réside dans le fait que les

questions de positionnement que nous avons proposé ne sont pas adaptables pour toutes les émotions du panel, notamment sur les critères de potentiel environnemental. Cela n'impacte pas directement le résultat de nos expérimentations, ni ne conditionne la validation de nos hypothèses puisque nous avons appuyé notre choix par l'Etat de l'Art afin de sélectionner l'émotion *Culpabilité envers l'environnement*. Par contre, la perspective d'utiliser d'autres émotions dans le cadre d'une extension ne serait pas pertinente sans une démarche complémentaire. Cette réflexion complémentaire permettrait de valider plus objectivement l'emplacement des émotions sur la cartographie. Nous avons mis en pratique une seule émotion dans le cadre de cette étude, il serait par la suite intéressant de réfléchir sur la question de la mise en œuvre de plusieurs émotions simultanées, à l'issue de ces études complémentaires. Nous avons relevé cette limite dans le paragraphe **§ 4.3.6.**

Une autre limite relevée dans l'expérimentation EXP2 concerne la **difficulté des participants à formaliser des idées sous forme de fiches**. La production d'idées est efficace mais la représentation des idées sous forme de fiches idées est moins évidente, compte-tenu des différences entre les profils des participants. Par conséquent, nous avons du homogénéiser la représentation des idées pour la phase d'évaluation, en ne gardant que la partie limitée à la représentation fonctionnelle du produit. Nous avons ainsi intégré cette représentation fonctionnelle dans un seul concept de machine à café, afin de réaliser la tâche d'évaluation. La représentation de notre produit est limitée à cette représentation intermédiaire sous forme de fonctions. Cela a permis de réaliser notre évaluation émotionnelle et comportementale et de valider nos hypothèses dans la foulée. Mais dans la perspective d'une évaluation complète, il serait intéressant de proposer une représentation plus complète du produit (CAD ou prototype).

Et enfin, la dernière limite relevée dans l'expérimentation EXP2 concerne la taille de **l'échantillon des participants lors de l'évaluation**. Comme nous l'avons précisé dans le paragraphe **§ 4.3.6**, nous avons un panel d'évaluateurs composé essentiellement de profils *Extrême+* ou médian, et pas de représentants des profils Extrêmes-. Cette limite ne nous permet pas de distinguer les actions effectuées par des individus appartenant à deux extrêmes et de proposer une conclusion sur leurs différences en termes de perception et d'actions. Néanmoins, les résultats des évaluations émotionnelles et comportementales lors des tests utilisateurs correspondent bien à ce type de population, ce qui confirme la pertinence de notre segmentation.

(2) Limites observées dans la globalité de l'approche :

Outre les limites relevées tout au long de l'expérimentation, nous avons également relevé des limites globales de l'approche Kansei et Eco-conception.

La première limite générale que nous avons également relevée tout au long de notre démarche concerne le **périmètre des attributs Kansei** que nous avons mis en œuvre lors des expérimentations. Nous avons mis en avant les valeurs personnelles dans l'expérimentation EXP1 et les émotions dans l'expérimentation EXP2. Les valeurs et les émotions font partie des informations subjectives à haut niveau d'abstraction associées au Kansei. Nous avons travaillé sur ces 2 catégories d'information Kansei pour valider les hypothèses. Il existe toutefois d'autres facteurs Kansei qui véhiculent des informations subjectives et qui pourraient également contribuer en tant qu'attributs EcoKansei. A ce stade, le périmètre de notre thèse est limité à ces 2 attributs Kansei : valeurs et émotions. Par contre, il est intéressant d'envisager une perspective de reproductibilité de cette expérience afin de pouvoir étendre cette vision vers les autres facteurs Kansei comme la sémantique et l'expérience.

La **temporalité du déroulement des étapes de conception** mises en œuvre constitue une limite de notre démarche. Nous avons déroulé les étapes du processus amont de la conception de produit lors de nos expérimentations : l'information, la génération et l'évaluation. Les expérimentations ont été réalisées en laboratoire, avec des paramètres restreints et un temps d'exécution largement inférieur en comparaison avec un cas d'application réel en industrie. Une démarche réelle et rigoureuse de conception prend plusieurs mois voire des années à se mettre en place, avec au minimum 2 cycles d'itérations en revue de conception. La démarche que nous avons réalisée est expérimentale et suffisante pour valider nos hypothèses, mais elle serait inadéquate pour valider la représentativité du produit résultant, et ne peut certainement pas se substituer à une démarche réelle de conception. Du fait de cette temporalité raccourcie pour les expérimentations en laboratoire, le produit réalisé permet uniquement d'illustrer les hypothèses de la thèse, à ce stade de sa représentation, mais ne peut être validé en tant que produit fini.

Une autre limite de notre approche concerne le **périmètre de mesure des impacts environnementaux**. Nous prenons en compte principalement la phase d'utilisation du produit sur l'ensemble de son cycle de vie. Dans notre approche, nous avons considéré la phase d'utilisation comme consommatrice d'énergie. Nous avons considéré que la baisse de la consommation d'énergie en utilisation est le facteur de performance environnementale que nous recherchons dans la phase d'utilisation. L'indicateur d'impact correspondant est la consommation énergétique. La maitrise de la consommation énergétique et voire sa réduction est une stratégie mise en œuvre dans le cadre des directives européennes Erp – Eco-conception des produits liés à l'énergie. La diminution d'impact dans le cadre de nos expérimentations est donc associée à un potentiel de baisse de consommation d'énergie. Notre périmètre de performance environnementale est donc limité à cet indicateur de consommation énergétique. L'évaluation de tous les impacts environnementales possibles n'est pas abordée dans notre étude, mais envisageable dans le cadre d'un enrichissement des évaluations.

Enfin, une dernière limite concerne la **phase du cycle de vie prise en compte dans l'étude**. Nous travaillons sur les aspects subjectifs véhiculées par les études Kansei. L'interaction de l'utilisateur avec le produit est donc une condition évidente dans notre approche. Sur le cycle de vie du produit, notre approche concerne donc principalement la phase d'utilisation. La pertinence de notre approche est limitée aux produits qui sont en contact avec l'utilisateur final et qui ont une part non négligeable de leur durée de vie affectée à l'utilisation. Ce sont généralement des produits à destination d'un public de masse. En termes de mesure d'impact environnemental, les transferts d'impact sur les autres étapes du cycle de vie ne sont donc pas abordés dans notre étude. Néanmoins ces transferts existent potentiellement et la perspective de cette analyse est primordiale pour enrichir l'intégration du Kansei dans l'Eco-conception. Il serait donc intéressant d'envisager une prise en compte de l'ensemble du cycle de vie. Par exemple, aborder les étapes de Matières Premières et de Fin de vie du produit sous l'aspect Kansei afin de renseigner les informations qui manquent et de caractériser la possibilité des ces transferts d'impacts.

C. Perspectives : changement de comportements, transfert d'impact, valorisation industrielle et réussite commerciale

Nous proposons les perspectives suivantes :

(1) Mieux orienter les prises de conscience envers l'environnement grâce à un meilleur support,

(2) Envisager l'expansion vers les autres étapes du cycle de vie,
(3) Relever le potentiel de valorisation industrielle,
(4) Vers un Business Model pour la mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception.

(1) Mieux orienter les prises de conscience envers l'environnement grâce à un meilleur support.

L'intégration des aspects subjectifs enrichit la représentation de l'utilisateur et ouvre ainsi toutes les possibilités pour l'optimisation de la phase d'utilisation dès les phases amont de la conception. Les perspectives sont multiples, il serait par exemple envisageable de mieux orienter la sensibilisation des utilisateurs face aux problèmes environnementaux. Les techniques existantes pour orienter la sensibilité environnementale de l'utilisateur sont souvent insuffisantes pour mieux appréhender ce changement de comportement, puisqu'ils ne maitrisent pas totalement la prise en compte des caractéristiques de l'utilisateur. De nombreux utilisateurs ne font pas le lien entre leur comportement quotidien et les problèmes environnementaux **(Tang & Bhamra, 2009)**. Dans certaines études, on propose de diminuer les impacts environnementaux en augmentant la durée de vie apparente du produit à l'aide de valeurs d'attachement **(Chu & Aoki, 2009)**. Ces principes sont néanmoins très théoriques et leur application est considérée avec beaucoup d'attention **(Zafarmand et al., 2009)**. Les innovations technologiques, les informations d'éco-efficacité des produits et l'éducation des consommateurs sont souvent inefficaces dans la création d'un changement radical, à long-terme, de comportement pour réduire l'impact de l'utilisation du produit. Influencer l'utilisateur de manière à obtenir en même temps une adéquation de ces produits et une atténuation des impacts environnementaux lors de l'utilisation de ces produits passe donc par la compréhension de l'utilisateur et du contexte d'utilisation. Notre approche est le support qui offre cette compréhension complète de d'utilisateur. Par notre approche, le changement de comportement et la création de nouvelles habitudes orientées autour de la prise en compte de l'environnement seraient mieux acceptées par les utilisateurs et seraient plus durables dans le temps.

(2) Envisager l'expansion vers les autres étapes du cycle de vie.

Dans notre approche, nous avons optimisé la phase d'utilisation des produits, puisque cette étape n'a pas été suffisamment prise en compte en Eco-conception. Notre approche est donc globalement orientée autour de l'interaction Utilisateur-Produit, qui correspond donc à la phase d'utilisation du produit. Notre vision actuelle dans le cadre de cette thèse est restreinte à cette phase d'utilisation. En termes de mesure d'impact environnemental, les transferts d'impact sur les autres étapes du cycle de vie ne sont donc pas abordés dans notre étude. C'est une des limites que nous avons relevées dans notre approche. Nous ne pouvons cependant pas ignorer que les transferts peuvent occasionner des impacts plus importants sur les autres étapes du cycle de vie. Une perspective intéressante serait alors de passer de cette vision restreinte à la phase d'utilisation vers une vision plus globale qui peut prendre en compte l'ensemble du cycle de vie du produit. Par exemple, la liaison avec les étapes en amont : Matières Premières et Conception est déjà évidente. Le choix des matériaux, la couleur, les textures ou autres attributs Kansei en amont de la conception peut influencer le mode d'utilisation du produit. Cela pourrait constituer un complément efficace pour combler les pertes d'énergie intrinsèques liées à la conception technique du produit (mauvaise isolation, chaleur résiduelle) qui sont souvent inévitables et ne sont pas déterminées par la façon dont le produit est utilisé. Un autre exemple de liaison possible concerne la fin de vie. La gestion des déchets doit aller au-delà de la simple élimination ou du recyclage des produits. Pour réduire les déchets, on cherchera par exemple à mettre en place une approche préventive de gestion des déchets qui serait axée sur les changements de mode de vie et des

modes de production et de consommation. Cette perspective constituerait une des possibilités pour étendre les dimensions EcoKansei vers les autres étapes de cycle de vie de produit.

(3) Relever le potentiel de valorisation industrielle.

La démarche que nous avons mises en place est expérimentale, mais elle a vocation à être mise en application dans le cadre d'un cas pratique en Industrie. Nous considérons que ce potentiel d'application industrielle est réaliste. En effet, on envisage un élargissement du périmètre de l'Eco-conception vers des considérations plus orientées sur la réalité de la population. Les entreprises qui sont les plus impactés par cette avancée seront celles qui accorderont une importance particulière à la prise en compte environnementale, ou celles dont les résultats économiques sont directement impactés par les problèmes associées au non respect de l'environnement. Ces impacts peuvent être directs c'est-à-dire, agissant directement sur le produit ou le savoir-faire de l'entreprise, ou imposées par un système gouvernemental par l'intermédiaire de bonus écologiques ou même par des pénalités économiques dans certains cas. Puis, en dernier lieu, on retrouve les entreprises qui sont inscrites dans une démarche éco-responsable de manière consentante. Aujourd'hui, ces entreprises éco-responsables ne sont pas encore tellement répandues, mais dans le rythme d'avancement actuel, on peut supposer que la tendance ira dans le sens de ces dernières et que les autres entreprises suivront le pas.

(4) Vers un Business Model pour la mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception.

Par ailleurs, le marché s'adapte également aux évolutions de la prise en compte environnementale, à l'image de la société actuelle. De nouveaux impératifs environnementaux sont ainsi considérés. Cela se traduit sur le quotidien par la multiplication des choix et des possibilités qui s'offrent aux consommateurs, ou par de nouveaux modes de vie qui permettent de prendre en compte les sensibilités environnementales. Cela se ressent aussi dans les besoins et dans le mode de consommation. Les contributeurs scientifiques dans la recherche en Conception Centrée Utilisateur ne sont pas insensibles à cette transformation de la société. Les concepteurs de produits de masse à usage des utilisateurs accordent une importance croissante sur ces sujets. Les concepteurs ont compris qu'il est important de considérer l'utilisateur non seulement en tant que besoin à intégrer dans un cahier des charges mais aussi en tant qu'individu ayant des caractéristiques multiples. C'est dans cette optique que cette mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception représente un potentiel d'apport industriel. En effet, cette mise en relation du Kansei et de l'Eco-conception laisse une grande possibilité aux entreprises. Elle apporte une meilleure prise en compte du marché, qui évolue dans le sens de la prise en compte environnementale. La connaissance des utilisateurs du produit affine la conception, et assure une meilleure adéquation du produit aux besoins et aux envies de la population, ce qui a été démontré dans cette thèse. Par conséquent, le produit résultant bénéficierait inexorablement d'une meilleure acceptation par ses utilisateurs. L'entreprise est gagnante puisque l'apport de la prise en compte des études Kansei dans la conception de produits à faible impact environnemental (Eco-conception) entrainera probablement une réussite commerciale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abbate, J. (2000). *Inventing the internet*. MIT press.

Abel, F., Herder, E., Houben, G., Henze, N., & Krause, D. (2011). Cross-system user modeling and personalization on the social web. *User Modeling and User-Adapted Interaction (UMUAI), Special Issue on Personalization in Social Web Systems*, *22*(3), 1–42.

Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). User-centered design. In *W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Thousand Oakes: Sage Publications.

Airiau, R. (France T. R., & Millien, E. (Laboratoire C.-I. (2002). Technologies et sciences sociales dans les projets d'innovation : mode ou nécessité ?. Etude de cas : Stylocom. *Les Cahiers Du Numérique*, *3*(4), 173–186.

Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). Understanding attitudes and predicting social behaviour.

Akrich, M. (1992). The de-scription of technical objects. *Shaping Technology/building Society*, 205–224.

Allen, J. F. (1979). A plan-based approach to speech act recognition.

Amaya, J., Lelah, A., & Zwolinski, P. (2013). Environmental Benefits of PSS Strategies: A Bicycle Sharing System Case Study. In *The Philosopher's Stone for Sustainability* (pp. 339–344). Springer.

Andreasen, M. M., & Hein, L. (2000). *Integrated product development*. IPU.

Aoussat, A. (1990). La pertinence en innovation: nécessité d'une approche plurielle. *LCPI. Paris, ENSAM. PhD Manuscript*.

Araujo, L., & Spring, M. (2006). Services, products, and the institutional structure of production. *Industrial Marketing Management*, *35*(7), 797–805.

Arroyo, E., Bonanni, L., & Selker, T. (2005). Waterbot: exploring feedback and persuasive techniques at the sink. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 631–639). ACM.

Aunger, R. (2010). Types of technology. *Technological Forecasting and Social Change*, *77*(5), 762–782.

Bacha, E. L., Greenhill, R., & (Firm), M. M. & E. J. (1992). *150 Years of Coffee: Marcellino Martins & E. Johnston*. Salamandre.

Baker, S., Knox, S., & Chernatony, L. De. (1992). *Product Attributes and Personal Values: A Review of Means-end Theory and Consumer Behaviour*. Cranfield School of Management.

Becker, E., & Jahn, T. (1999). *Sustainability and the social sciences*. Zed Books New York.

Berkun, S. (2010). *The myths of innovation*. " O'Reilly Media, Inc."

Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human-Computer Studies*, *55*(4), 533–552.

Bevan, N. (2011). Bringing clarity to the concept of user experience. *Result from Dagstuhl Seminar on Demarcating User Experience*, (September 15-18, 2010).

Blake, J. (1999). Overcoming the "value-action gap" in environmental policy: Tensions between national policy and local experience. *Local Environment*, *4*(3), 257–278.

Blomkvist, S. (2002a). Persona – an overview Personas and goal-directed design. In *Theoretical perspectives in Human-Computer Interaction* (pp. 1–8).

Blomkvist, S. (2002b). The User as a Personality Personas and goal-directed design. In *Theoretical perspectives in Human-Computer Interaction*.

Bock, T., & Uncles, M. (2002). A taxonomy of differences between consumers for market segmentation. *International Journal of Research in Marketing*, *19*(3), 215–224.

Bødker, S. (2000). Scenarios in user-centred design—setting the stage for reflection and action. *Interacting with Computers*, *13*(1), 61–75.

Boks, C. (2003). How research institutions can contribute towards research progress in true operationalisation of ecodesign. In *Proceedings of the 10th international seminar on life cycle engineering*.

Boks, C. (2006). The soft side of ecodesign. *Journal of Cleaner Production*, *14*(15), 1346–1356.

Bongard, K. (2013). *L'expérience de l'utilisateur dans la conception amont : de la génération a l'évaluation des idées*. Arts & Métiers ParisTech.

Bonvoisin, J., & Mathieux, F. (2010). Design for energy efficiency: proposition of a guidelines-based tool. ... *Conference-DESIGN* ..., 629–638.

Boothroyd, G. (1994). Product design for manufacture and assembly. *Computer-Aided Design*, *26*(7), 505–520.

Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (1994). Product design for assembly and manufacture. Marcel Dekker, New York.

Bouchard. (1997). *Modélisation du processus de style automobile. Méthode de veille stylistique adaptée au design du composant d'aspect*. (Doctoral Dissertation, Arts et Métiers ParisTech).

Bouchard, Brissaud, D., & Aoussat, A. (2010). User kansei modelling and eco-design. Communication in GCMM2010.

Bouchard, C., Kim, J. E., Omhover, J. F., & Aoussat, A. (2010). Cognitive Designers Activity Study, Formalization, Modelling, and Computation in the Inspirational Phase. In *Interdisciplinary Design: Proceedings of the 21st CIRP Design Conference* (p. 63). Mary Kathryn Thompson.

Bouchard et al. (2003a). Rapport intermédiaire du Projet TVi. *Arts et Métiers ParisTech*.

Bouchard, Kim, J., & Aoussat, A. (2009). Kansei Information Processing in Design. *Proceeding of IASDR'09*.

Bouchard, Lim, D., & Aoussat, A. (2003b). Development of a KANSEI ENGINEERING SYSTEM for Industrial design. *Journal of the Asian Design International Conference*, *Vol 1*.

Bouchard, Mantelet, F., Aoussat, A., Solves, C., Gonzalez, J., Pearce, K., … Coleman, S. (2009). A European emotional investigation in the field of shoe design. *International Journal Of Product Development*, *7*(1), 3–27.

Bouchard, Mantelet, F., Ziakovic, D., Setchi, R., Tang, Q., & Aoussat, A. (2007). Building a design ontology based on the Conjoint Trends Analysis. In *Proc. of the 3rd IPROM Int. Conf., Cardiff, UK, July*.

Bouchard, Mougenot, C., Omhover, J., Setchi, R., & Aoussat, A. (2007). Building a domain ontology for designers: towards a Kansei based ontology. In *Proc. of the 3rd I* PROMS Int. Conf., Cardiff, UK, July* (pp. 2–13).

Bourg, D., & Buclet, N. (2005). L'économie de fonctionnalité. Changer la consommation dans le sens du développement durable. *Futuribles*, (313), 27–38.

Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, *25*(1), 49–59.

Brezet, H., Hemel, C. Van, & Böttcher, H. (1997). Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption, 346.

Brezet, H., Stevels, A., & Rombouts, J. (1999). LCA for ecodesign: the Dutch experience. In *Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, 1999. Proceedings. EcoDesign '99: First International Symposium On* (pp. 36–40).

Brianti, G. (2004). The Large Hadron Collider project: historical account. *Physics Reports*, *403–404*(0), 349–364.

Brüning, O., Burkhardt, H., & Myers, S. (2012). The large hadron collider. *Progress in Particle and Nuclear Physics*, *67*(3), 705–734.

Brusilovsky, P., & Millán, E. (2007). User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems. *The Adaptive Web*, 3–53.

Bulow, J. (1986). An economic theory of planned obsolescence. *The Quarterly Journal of Economics*, 729–750.

Burton, R. R., & Brown, J. S. (1976). A tutoring and student modelling paradigm for gaming environments. In *ACM SIGCUE Outlook* (Vol. 10, pp. 236–246). ACM.

Cajaiba-Santana, G. (2014). Social innovation: Moving the field forward. A conceptual framework. *Technological Forecasting and Social Change*, *82*, 42–51.

Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction. *Man-Machine Systems, IEEE Transactions on*, *11*(4), 190–202.

Carroll, J. M. (2000). Five reasons for scenario-based design. *Interacting with Computers*, *13*(1), 43–60.

Carroll, J. M., & Rosson, M. B. (1987). *Paradox of the active user.* The MIT Press.

Chadwick, A. (2006). *Internet politics: States, citizens, and new communication technologies*. Oxford University Press.

Champin, P.-A., & Prié, Y. (2002). Modéliser l'utilisateur ou l'utilisation. *Document Virtuel Personnalisable 2002*, 97–102.

Chen, C., Yeh, C., & Lin, Y. (2009). A Kansei Engineering Approach to Eco-product Form Design. In *Proceedings of International Association of Societies of Design Research (IASDR 2009), 18-22 October 2009, Seoul, South Korea* (pp. 2689–2697).

Chu, D., & Aoki, H. (2009). Initiative of Service and Product Design Based on Kansei Engineering - ... Keep and Improve Product Value. In *Proceedings of International Association of Societies of Design Research (IASDR 2009), 18-22 October 2009, Seoul, South Korea*.

Clancey, W. J., & Letsinger, R. (1982). *NEOMYCIN: Reconfiguring a rule-based expert system for application to teaching*. Department of Computer Science, Stanford University.

Clemmensen, T. (2011). Templates for cross-cultural and culturally specific usability testing: results from field studies and ethnographic interviewing in three countries. *Intl. Journal of Human–Computer Interaction*, *27*(7), 634–669.

Cochoy, F. (2002). Une petite histoire du client, ou la progressive normalisation du marché et de l'organisation. *Sociologie Du Travail*, *44*(3), 357–380.

Cochoy, F. (2010). *Une histoire du marketing: discipliner l'économie de marché*. La découverte.

Cooper, A. (1999). *The inmates are running the asylum:[Why high-tech products drive us crazy and how to restore the sanity]* (Vol. 261). Sams Indianapolis.

Cooper, A., Reimann, R., & Cronin, D. (2003). Modeling users: Personas and goals. *Erschienen in About Face*, *2*, 55–74.

Costa, A. I. de A., Dekker, M., & Jongen, W. M. F. (2004). An overview of means-end theory: potential application in consumer-oriented food product design. *Trends in Food Science & Technology*, *15*(7), 403–415.

Courage, C., & Baxter, K. (2005). *Understanding Your Users: A practical guide to user requirements Methods*. *Tools, & Techniques*. Morgan Kauffman.

Creswell, J. W. (2006). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage Publications.

Cross, N. (2001). Designerly ways of knowing: design discipline versus design science. *Design Issues*, *17*(3), 49–55.

Dahlgaard, J. (2008). Kansei/Affective Engineering Design. *The TQM Journal - The International Review of Organizational Improvement*, *20*(4).

David, A. R. (2002). *The pyramid builders of ancient Egypt: a modern investigation of pharaoh's workforce*. Routledge.

DEFRA. (2008). *A FRAMEWORK FOR PRO- ENVIRONMENTAL BEHAVIOURS : Report*. Retrieved from DEFRA. (2008). A FRAMEWORK FOR PRO- ENVIRONMENTAL BEHAVIOURS.

Dekoninck, E. A., & Elias, E. W. A. (2011). Eco-design: the evolution of dishwasher design and the potential for a more user-centred approach. *Handbook of Human Factors in Consumer Product Design-Part*, *3*.

DeLucas, L. J. (1996). International space station. *Acta Astronautica*, *38*(4–8), 613–619.

Dillon, B., & Mukherjee, S. (2006). A guide to the design and execution of segmentation studies. *The Handbook of Marketing Research: Uses, Misuses, and Future Advances*, 523–545.

Domingo, L. (2013). *Méthodologie d'éco-conception orientée utilisation.* Université de Grenoble.

Domingo, L., Rasamoelina, F., Bouchard, C., Brissaud, D., & Aoussat, A. (2013). Performing Environmental Segmentation to Ecodesign with Users. In *Proceedings of International Conference on Engineering Design 2013 (ICED)*. Seoul, South-Korea.

Douglas, M. (1999). Four cultures: the evolution of a parsimonious model. *GeoJournal*, *47*(3), 411–415.

Duchamp, R. (1988). *La conception de produits nouveaux*. Hermès.

Dumas, J. S., & Salzman, M. C. (2006). Usability Assessment Methods. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, *2*(1), 109–140.

Durand, J., Telenko, C., & Seepersad, C. C. (2010). How Does Modularity Affect Green Design? *ASME Conference Proceedings*, *2010*(44144), 405–415.

Eason, K. D. (2005). Information technology and organisational change.

Ecofaire. (2008). Methological tool ECOFAIRE. *SEM Régionale Des Pays de Loire et ADEME*.

Elias, E. W. A., Dekoninck, E. A., & Culley, S. J. (2008). Assessing user behaviour for changes in the design of energy using domestic products. In *Proceedings of the 2008 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment* (pp. 1–6). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society.

ETHICITY. (2013). Les Français et la consommation responsable.

Falzon, M.-A. (2009). *Multi-sited ethnography: Theory, praxis and locality in contemporary research*. Ashgate Publishing Company.

Fink, J., & Kobsa, A. (2000). A review and analysis of commercial user modeling servers for personalization on the world wide web. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, (1998).

Fischer, G. (2001). User modeling in human–computer interaction. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, *11*, 65_86.

Flichy, P. (1995). L'innovation technique: récents développements en sciences sociales, vers une nouvelle théorie de l'innovation., *París.*

Fogg, B. J. (2002). Persuasive technology: using computers to change what we think and do. *Ubiquity*, *2002*(December), 5.

Fri, R., & Savitz, M. (2014). Rethinking energy innovation and social science. *Energy Research & Social Science*.

Froschl, C. (2005). User modeling and user profiling in adaptive e-learning systems. *Unpublished Master's Thesis, Graz University, Austria*. Retrieved from http://bernstein.iicm.tugraz.at:8080/Ressourcen/Theses/cfroeschl.pdf

Geert-Hofstede.com. (n.d.). Hofstedte Cultural Dimensions.

Geneva Emotion Research Group. (1988). Appendix F. Labels describing affective states in five major languages. In K. R. Scherer (Ed.) (1988). Facets of emotion: Recent research (pp. 241-243). Hillsdale, NJ: Erlbaum., *[Version r.* Retrieved from http://www.unige.ch/fapse/emotion/resmaterial/resmaterial.html

Gentner, A. (2014). *Definition and representation of user experience intentions in the early stage of the industrial design process: a focus of the kansei process*.

Goedkoop, M., Effting, S., & Collignon, M. (2000). *The Eco-indicator 99: A Damage Oriented Method for Life-cycle Impact Assessment: Manual for Designers*. PRé Consultants.

Goedkoop, Van Halen, C. J. G., te Riele, H. R. M., & Rommens, P. J. M. (1999). Product Service Systems, Ecological and Economic Basics. *VROM: Hague, the Netherlands*.

Green, W. S., & Jordan, P. W. (2003). *Pleasure with products: Beyond usability*. CRC Press.

Grob, A. (1995). A structural model of environmental attitudes and behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, *15*(3), 209–220.

Groff, A. (2004). *Construction d'un modèle visant à favoriser l'innovation produit par l'optimisation de la production de solutions innovantes, leur intégration et leur capitalisation dans le processus de conception*. ENSAM.

Grudin, J., & Pruitt, J. (2002). Personas, Participatory Design and Product Development: An Infrastructure for Engagement. *Design*.

Gu, P., Hashemian, M., & Nee, A. Y. C. (2004). Adaptable design. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, *53*(2), 539–557.

Gu, P., Rao, H. A., & Tseng, M. M. (2001). Systematic design of manufacturing systems based on axiomatic design approach. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, *50*(1), 299–304.

Guinée, J. B. (2002). Handbook on life cycle assessment operational guide to the ISO standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *7*(5), 311–313.

Hammersley, M., & Atkinson, P. (1983). *Ethnography principles in practice* (p. 275). Routledge.

Han, S. H., Hwan Yun, M., Kim, K.-J., & Kwahk, J. (2000). Evaluation of product usability: development and validation of usability dimensions and design elements based on empirical models. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *26*(4), 477–488.

Harada, A. (1998). On the definition of Kansei. *Research Papers by Tsukuba University Project on Kansei Evaluation Structure Model and the Model Building*, 41–47.

Hassenzahl, M. (2005). The thing and I: understanding the relationship between user and product. In *Funology* (pp. 31–42). Springer.

Heymann, M. (2005). *“ Kunst” und Wissenschaft in der Technik des 20. Jahrhunderts: zur Geschichte der Konstruktionswissenschaft*. Chronos.

Hofstede, G., & Bond, M. H. (1984). Hofstede’s Culture Dimensions: An Independent Validation Using Rokeach's Value Survey. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *15*(4), 417–433.

Hofstede, G., Hofstede, G. J., & Minkov, M. (2010). *Cultures and organizations, software of the mind, intercultural cooperation and its importance for survival. Revised and expanded 3rd edition*. New York: McGraw-Hill.

Holtzblatt, K. (2009). Contextual design. *Hum Factors Ergon*, 55–69.

Huang, G. Q. (Ed. . (1996). *Design for X : concurrent engineering imperatives.* (G. Q. Huang, Ed.). Springer.

Hubka, V., & Eder, W. E. (1996). Design science: introduction to the needs, scope and organization of engineering design knowledge.

ICO. (2012). *International Coffee Organization Annual Review 2011-2012*.

Irons, L. R. (2003). Usable Products Gone Unused: Experience Design and Customer Research.

Ishihara, S. (2010). Psychological Methods of Kansei Engineering. In *Kansei/Affective Engineering* (pp. 31–38). CRC Press.

ISO 13407. (1999). ISO 13407 : 1999. Human-centred design processes for interactive systems. *Geneva: ISO*, *1999*.

ISO 9241-11. (1998). ISO 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). *The International Organization for Standardization*.

ISO 9241-210. (2010). ISO 9241-210 : 2010. Ergonomie de l’interaction homme-système - Partie 210: Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs.

ISO/DIS 14040. (2006). ISO/DIS 14040. Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principes et cadre.

ISO/TR 14062. (2002). *ISO/TR 14062 : 2002. Environmental management - Integrating environmental aspects into product design and development* (Vol. 2002).

ISO/TR 16982. (2002). *ISO/TR 16982:2002. Ergonomie de l’interaction homme-système - Méthodes d'utilisabilité pour la conception centrée sur l'opérateur humain*.

Järvi, P., & Paloviita, A. (2007). Product-related information for sustainable use of laundry detergents in Finnish households. *Journal of Cleaner Production*, *15*(7), 681–689.

Jelsma, J., & Knot, M. (2002). Designing environmentally efficient services; a “script” approach. *The Journal of Sustainable Product Design*, *2*(3-4), 119–130 LA – English.

Jiao, J., Zhang, Y., & Helander, M. (2006). A Kansei mining system for affective design. *Expert Systems with Applications*, *30*(4), 658–673.

Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., & Rosenbaum, R. (2003). IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *8*(6), 324–330.

Kahle, L. R. (1983). *Social values and social change: Adaptation to life in America*. Praeger Publishers.

Kelly, J. (2004). *Understanding implicit feedback and document preference: A naturalistic user study (State of the Art)*.

Kim. (2011). *Modélisation des processus cognitifs et affectifs en conception amont: application aux opérations de catégorisation mentale présentes lors des phases génératives*. (Doctoral dissertation, Arts et Métiers ParisTech).

Kim, Bouchard, C., Omhover, J., & Aoussat, A. (2010). Towards a model of how designers mentally categorise design information. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *3*(3), 218–226.

Kim, J., & Moon, J. Y. (1998). Designing towards emotional usability in customer interfaces—trustworthiness of cyber-banking system interfaces. *Interacting with Computers*, *10*(1), 1–29.

Kim, W. C., & Mauborgne, R. (2005). *Blue ocean strategy: How to create uncontested market space and make competition irrelevant*. Harvard Business Press.

Kimura, F., Matoba, Y., & Mitsui, K. (2007). Designing product reliability based on total product lifecycle modelling. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, *56*(1), 163–166.

Kimura, F., Umeda, Y., Takahasi, S., Tanaka, N., Nagata, K., Fujimoto, J., … Mitsuhashi, T. (2004). Handbook of inverse manufacturing. *Maruzen Company, Limited: Tokyo, pp170-171*.

King, S. C., & Meiselman, H. L. (2010). Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Quality and Preference*, *21*(2), 168–177.

Kobsa, A. (2001). Generic user modeling systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, *11*(1), 49–63.

Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, *8*(3), 239–260.

Kujala, S., & Kauppinen, M. (2004). Identifying and selecting users for user-centered design. *Proceedings of the Third Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 297–303.

Kuo, T.-C., Huang, S. H., & Zhang, H.-C. (2001). Design for manufacture and design for "X": concepts, applications, and perspectives. *Computers & Industrial Engineering*, *41*(3), 241–260.

Laflaquière, J., Champin, P. A., Prié, Y., & Mille, A. (2005). Approche de modélisation de l'expérience d'utilisation de systèmes complexes pour l'assistance aux tâches de veille informatiquement médiées. *ISKO-France 2005*, 209–230.

Lamothe, J., & Aldanondo, M. (2001). Une approche d'ingénierie intégrée pour la logistique: intérêts et limites de la coopération. In *3ème conférence Francophone de Modélisation et Simulation Conception, Analyse et Gestion des Systèmes Industriels-Troyes (France)*.

Le Coq, M. (1992). Approche intégrative en conception de produits.

Le Moigne, J.-L. (1977). La théorie du système général. *Paris PUF-1977*.

Le Moigne, J.-L. (1990). La modélisation des systèmes complexes. *Paris: Bordas, Dunot, 1990*, *1*.

Lee, S., Harada, A., & Stappers, P. J. (2002). Pleasure with products: Design based on Kansei. *Pleasure with Products: Beyond Usability*, 219–229.

Leiner, B. M., Cerf, V. G., Clark, D. D., Kahn, R. E., Kleinrock, L., Lynch, D. C., … Wolff, S. (2009). A brief history of the Internet. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, *39*(5), 22–31.

Levy, P., Lee, S., & Yamanaka, T. (2007). ON KANSEI AND KANSEI DESIGN A DESCRIPTION OF JAPANESE DESIGN APPROACH, 1–18.

Levy, P., & Yamanaka, T. (2006). Towards a definition of Kansei. In *Design Research Society, International Conference in Lisbon* (pp. 1–4).

Levy, P., & Yamanaka, T. (2007). Interdisciplinary Design Method for EcoDesign Introducing Kansei research for design to EcoDesign. In *Proceeding of: 5th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, EcoDesign2007*.

Lewandowska, A., & Kurczewski, P. (2010). ISO 14062 in theory and practice—ecodesign procedure. Part 1: structure and theory. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *15*(8), 769–776 LA – English.

Lewis, H., Gertsakis, J., Grant, T., Morelli, N., & Sweatman, A. (2001). *Design+ environment: a global guide to designing greener goods*. Greenleaf.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*.

Lilley, D. (2009). Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions. *Design Studies*, *30*(6), 704–720.

Lim, D. (2003). *Modélisation du processus de conception centrée utilisateur, basée sur l'intégration des méthodes et outils de l'ergonomie cognitive: application à la conception d'IHM pour la télévision interactive*. Arts et Métiers ParisTech.

Lin, Y.-C., Lai, H.-H., & Yeh, C.-H. (2007). Consumer-oriented product form design based on fuzzy logic: A case study of mobile phones. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *37*(6), 531–543.

Lindahl, M. (2006). Engineering designers' experience of design for environment methods and tools–Requirement definitions from an interview study. *Journal of Cleaner Production*, *14*(5), 487–496.

Liu, L., & Yu, E. (2004). Designing information systems in social context: a goal and scenario modelling approach. *Information Systems*, *29*(2), 187–203.

Lockton, D., Harrison, D., & Stanton, N. A. (2008a). Design with intent: Persuasive technology in a wider context. *Persuasive Technology*, 274 – 278.

Lockton, D., Harrison, D., & Stanton, N. A. (2008b). Making the user more efficient: Design for sustainable behaviour. *International Journal of Sustainable Engineering*, *1*(1), 3–8.

Lofthouse, V. (2006). Ecodesign tools for designers: defining the requirements. *Journal of Cleaner Production*, *14*(15–16), 1386–1395.

Lokman, A. M. (2010). Design & Emotion : The Kansei Engineering Methodology. *Design & Emotion : The Kansei Engineering Methodology*, *1*(1), 1–14.

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

Love, T. (2002). Constructing a coherent cross-disciplinary body of theory about designing and designs: some philosophical issues. *Design Studies*, *23*, 345–361.

Luttropp, C., & Lagerstedt, J. (2006). EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, *14*(15–16), 1396–1408.

Ma, J., & LeRouge, C. (2007). Introducing user profiles and personas into information systems development.

Maguire, M. (2001). Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, *55*(4), 587–634.

Maiani, L. (1999). The large hadron collider project. *Fusion Engineering and Design*, *46*(2–4), 433–447.

Mantelet, F. (2006). *Prise en Compte de la Perception Emotionnelle du Consommateur*.

Mao, J., Vredenburg, K., Smith, P., & Carey, T. (2005). The state of user-centered design practice. *Communications of the ACM*, *48*(3), 105–109.

Maslow, A. H. (1943). A theory of human motivation. *Psychological Review*, *50*(4), 370.

Maussang, N., Zwolinski, P., & Brissaud, D. (2008). Evaluation of product-service systems during early design phase. In *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier* (pp. 547–552). Springer.

McCalley, L., & Midden, C. (2006). Making energy feedback work. *User Behavior and Technology Development*, 127–137.

Miaskiewicz, T., & Kozar, K. a. (2011). Personas and user-centered design: How can personas benefit product design processes? *Design Studies*, *32*(5), 417–430.

Mizuno, S. (1994). *QFD: the customer-driven approach to quality planning and deployment*. Asian Productivity Organization.

Mont, O. . (2002). Clarifying the concept of product–service system. *Journal of Cleaner Production*, *10*(3), 237–245.

Morelli, N. (2003). Product-service systems, a perspective shift for designers: A case study: the design of a telecentre. *Design Studies*, *24*(1), 73–99.

Mougenot, C. (2008). *Modélisation de l'activité de recherche d'informations dans les phases amont de la conception de produits. Application pour la définition d'un outil d'aide à la créativité*. ENSAM.

Nagamachi, M. (1995a). Kansei Engineering: A new ergonomic consumer-oriented technology for product development. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *15*(1), 3–11.

Nagamachi, M. (1995b). Requisites and practices of participatory ergonomics. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *15*(94), 371–377.

Nagamachi, M. (1995c). The story of Kansei engineering. *Japanese Standards Association*, *6*.

Nagamachi, M. (2002). Kansei engineering as a powerful consumer-oriented technology for product development. *Applied Ergonomics*, *33*(3), 289–94.

Nagamachi, M. (2010). Kansei/Affective Engineering and History of Kansei/Affective Engineering in the World. In *Kansei/Affective Engineering* (pp. 1–12). CRC Press.

Nagamachi, M. (2011). *Kansei/Affective Engineering*. (M. Nagamachi, Ed.). CRC Press.

Nagamachi, M., & Lokman, A. M. (2011). *Innovations of Kansei Engineering*. (M. Nagamachi & A. M. Lokman, Eds.). CRC Press.

Nagasawa, S. (2004). Present state of Kansei engineering in Japan. In *International Conference on Systems, Man and Cybernetics*.

Nakata, C. (2009). *Beyond Hofstede: Culture frameworks for global marketing and management*. Palgrave Macmillan.

Navarro, O., Forest, F., Lavoisy, O., & Chanal, V. (2009). L'utilisation du scénario dans le processus d'innovation Une lecture pluridisciplinaire.

Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. In *Conference companion on Human factors in computing systems* (pp. 413–414). ACM.

Norman, D. (1988). *The psychology of everyday things*. Basic books.

Norman, D. (2002). *The design of everyday things*. Basic books.

Norman, D. (2004). *Emotional Design : Why we love (or hate) everyday things*. Basic books.

Norman, D., & Draper, S. (1986). *User centered system design; new perspectives on human-computer interaction*. Erlbaum.

Ocnarescu, I. (2013). *Aesthetic experience & innovation culture : the aesthetic experience in an R&D department through design and for innovation culture*. Arts & Métiers ParisTech.

Osgood, C. E. (1952). The nature and measurement of meaning. *Psychological Bulletin*, *49*(3), 197.

Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. (1967). *The measurement of meaning* (Vol. 47). University of Illinois Press.

Overbeeke, C. J., & Hekkert, P. (1999). Design & Emotion. *Delft University of Technology*, *3*(4).

Pahl, G., & Beitz, W. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*. (J. Feldhusen & K.-H. Grote, Eds.). Springer.

Paloviita, A., & Järvi, P. (2008). Environmental value chain management of laundry detergents in the use phase. *International Journal of Consumer Studies*, *32*(6), 607–612.

Papanek, V. (1995). *The green imperative: ecology and ethics in design and architecture*. Thames and Hudson London, UK.

Perrault, C. R., Allen, J. F., & Cohen, P. R. (1978). Speech acts as a basis for understanding dialogue coherence. In *Proceedings of the 1978 workshop on Theoretical issues in natural language processing* (pp. 125–132). Association for Computational Linguistics.

Pettersen, I. N., & Boks, C. (2008). User-centred Design Strategies for Sustainable Patterns of Consumption. In *2nd Conference of the Sustainable Consumption Research Exchange (SCORE!) Network, 10-11 March 2008, Brussels, Belgium* (pp. 107–128).

Plutchik, R. (1980). *Emotion: A psychoevolutionary synthesis*. Harper & Row New York.

Pré_Consultants. (2008). Introduction to LCA with SimaPro 7. *Report Version*, *4*.

Preece, J. R., & Rogers, Y. (2007). SHARP (2002): Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction. *Crawfordsville: John Wiley and Sons, Inc. Answers. Com Technology*.

Pruitt, J., & Adlin, T. (2006). *The persona lifecycle: keeping people in mind throughout product design*. Morgan Kauffman.

Pruitt, J., & Grudin, J. (2003). Personas: practice and theory. In *Proceedings of the 2003 conference on Designing for user experiences* (pp. 1–15). New York, NY, USA: ACM.

Pugh, S. (1991). *Total design: integrated methods for successful product engineering*. Addison-Wesley Wokingham.

Quarante, D. (1984). *Eléments de design industriel*. Maloine.

Rasamoelina, F., Bouchard, C., & Aoussat, A. (2013a). EcoKansei : Emotional Dimension for Sustainable Behavior. In *Proceedings of the 5th IASDR World Conference on Design Research 2013 (IASDR)*. Tokyo, Japan.

Rasamoelina, F., Bouchard, C., & Aoussat, A. (2013b). Towards a Kansei-Based User Modeling Methodology for Eco-design. *International Journal of Affective Engineering - Special Issue on KEER 2012*, *12*(2), 337–348.

Razmerita, L. (2003). *Modèle Utilisateur et Modélisation Utilisateur dans les Systèmes de Gestion des connaissances: une approche fondée sur les ontologies*. (Doctoral dissertation, Thèse doctorat, Presentée a l'IRIT Toulouse, France).

Reinecke, K., & Bernstein, A. (2009). Tell me where you've lived, and i'll tell you what you like: Adapting interfaces to cultural preferences. *User Modeling, Adaptation, and Personalization*, (53511101), 185–196.

Reinecke, K., Bernstein, A., & Schenkel, S. (2010). Modeling a user's culture. In E. G. Blanchard & D. Allard (Eds.), *Handbook of Research on Culturally-Aware Information Technology*. IGI Global.

Reynolds, T. J., & Gutman, J. (1984). Advertising is image management. *Journal of Advertising Research*.

Reynolds, T. J., & Gutman, J. (1988). Laddering theory, method, analysis, and interpretation. *Journal of Advertising Research*, *28*(1), 11–31.

Reynolds, T., & Olson, J. (2001). *Understanding consumer decision making: the means-end approach to marketing and advertising strategy*. Lawrence Erlbaum.

Riaz, T., & Talib, K. (2010). *User-Driven Innovation at local companies*. Institute of Technology - Sweden.

Rich, E. (1979). User modeling via stereotypes*. *Cognitive Science*, *3*(4), 329–354.

Rieuf, V. (2013). *Impact of the Immersive Experience on Kansei During Early Design*. Arts & Métiers ParisTech.

Rokeach, M. (1973). *The nature of human values*. Free press.

Roozenburg, N. F. M., & Eekels, J. (1995). *Product design: fundamentals and methods* (Vol. 2). Wiley Chichester.

Roth, K. (1982). *Konstruieren mit konstruktionskatalogen*. Springer Berlin etc.

Sacharin, V., Gonzalez, R., & Andersen, J.-H. (2009). Object and user levels of analyses in design: the impact of emotion on implicit and explicit preference for "green" products. *Journal of Engineering Design*, *22*(4), 217–234.

Salvador, T., & Howells, K. (1998). Focus troupe: using drama to create common context for new product concept end-user evaluations. In *CHI 98 conference summary on Human factors in computing systems* (pp. 251–252). ACM.

Scherer, K. R. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social Science Information*, *44*(4), 693–727.

Schifferstein, H. N. J., & Hekkert, P. (2007). *Product experience*. Elsevier Science Limited.

Schifferstein, H. N. J., Mugge, R., & Hekkert, P. (2004). Designing consumer-product attachment.

Schütte, S. T. W. (2005). Engineering emotional values in product design: kansei engineering in development.

Schütte, S. T. W., Eklund, J., Axelsson, J. R. C., & Nagamachi, M. (2004). Concepts, methods and tools in Kansei Engineering. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *5*(3), 214–231.

Schwartz, S. H., & Bilsky, W. (1990). Toward a theory of the universal content and structure of values: Extensions and cross-cultural replications. *Journal of Personality and Social Psychology*, *58*(5), 878.

Shackel, B. (1991). Usability-context, framework, definition, design and evaluation. Human factors for informatics usability, 21-37. *Human Factors for Informatics Usability*, 21–37.

Shigehara, M., & Ohtaka, A. (1996). A construction methodology of the large solar array system of a solar power satellite. *Acta Astronautica*, *38*(4–8), 223–229.

Simon, H. (1969). *The sciences of the artificial* (Vol. 136). MIT press.

Simon, H. A. (1960). The new science of management decision.

Smith, W. R. (1956). Product differentiation and market segmentation as alternative marketing strategies. *The Journal of Marketing*, 3–8.

Sosnovsky, S., & Dicheva, D. (2010). Ontological technologies for user modelling. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, *5*(1), 32–71.

Steen, B. (1999). *A Systematic Approach to Environmental Priority Strategies in Product Development (EPS): Version 2000-General System Characteristics*. Citeseer.

Steen, M., Kuijt-Evers, L., & Klok, J. (2007). Early user involvement in research and design projects–A review of methods and practices. *23rd EGOS Colloquium, Vienna*, 1–21.

Steenkamp, J.-B. E. M., & Ter Hofstede, F. (2002). International market segmentation: issues and perspectives. *International Journal of Research in Marketing*, *19*(3), 185–213.

Stern, P. C. (1992). Psychological dimensions of global environmental change. *Annual Review of Psychology*, *43*(1), 269–302.

Stoeltzlen, N. (2004). *Intégration de la dimension visiographique dans les phases amont du processus de conception de produits pour favoriser la coopération et la construction commune de projet*. ENSAM.

Suh, N. P. (1990). *The principles of design* (Vol. 990). Oxford University Press New York.

Suh, N. P. (1998). Axiomatic Design Theory for Systems. *Research in Engineering Design*, *10*(4), 189–209.

Suh, N. P. (2001). Axiomatic Design: Advances and Applications (The Oxford Series on Advanced Manufacturing).

Suh, N. P. (2005). Complexity in engineering. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, *54*(2), 46–63.

Tang, T., & Bhamra, T. A. (2008). Changing energy consumption behaviour through sustainable product design. In *Proceedings of DESIGN 2008, the 10th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia, 19th-22nd May* (pp. 1359–1366).

Tang, T., & Bhamra, T. A. (2009). Understanding Consumer Behaviour to Reduce Environmental Impacts through Sustainable Product Design. In *Undisciplined! Design Research Society Conference 2008, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK, 16-19 July 2008*.

Tang, T., & Bhamra, T. A. (2012). Putting consumers first in design for sustainable behaviour: a case study of reducing environmental impacts of cold appliance use. *International Journal of Sustainable Engineering*, *5*(4), 288–303.

Telenko, C., & Seepersad, C. C. (2010). A Methodology for Identifying Environmentally Conscious Guidelines for Product Design. *Journal of Mechanical Design*, *132*(9), 091009.

Telenko, C., Seepersad, C. C., & Webber, M. E. (2008). A Compilation of Design for Environment Principles and Guidelines. *ASME Conference Proceedings*, *2008*(43291), 289–301.

Telenko, C., Seepersad, C. C., & Webber, M. E. (2009). A Method for Developing Design for Environment Guidelines for Future Product Design. *ASME Conference Proceedings*, *2009*(49057), 291–302.

Tischner, U., Schmincke, E., Rubik, F., & Prosler, M. (2000). *How to do EcoDesign? A Guide for Environmentally and Economically Sound Design*. (G. F. Environmenta_Agency, Ed.). Art Books Intl Ltd (Nov 2000).

Tomiyama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, C., & Kimura, F. (2009). Design methodologies: Industrial and educational applications. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, *58*(2), 543–565.

Triandis, H. C. (2000). Triandis ' Theory of Interpersonal Behaviour.

Tsao, Y.-C., & Chan, S.-C. (2011). A study on embarrassment associated with product use. *Applied Ergonomics*, *42*(3), 503–10.

Ullman, D. G. (2002). *The mechanical design process*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2008). *Product Design and Development* (4e édition.). McGraw-Hill/Irwin.

Upassoc.org. (n.d.). Usability Professionals Association Website.

Usabilityfirst.com. (n.d.). Usability first.

Valette-Florence, P. (1994). Introduction à l'analyse des chaînages cognitifs. *Recherche et Applications En Marketing*, *9*(1), 93–117.

Vallet, F., Eynard, B., Millet, D., Mahut, S. G., Tyl, B., & Bertoluci, G. (2013). Using eco-design tools: An overview of experts' practices. *Design Studies*, *34*(3), 345–377.

Van Halen, C., Vezzoli, C., & Wimmer, R. (2005). *Methodology for product service system innovation: how to develop clean, clever and competitive strategies in companies*. Uitgeverij Van Gorcum.

Van Velsen, L., Van Der Geest, T., Klaassen, R., & Steehouder, M. (2008). User-centered evaluation of adaptive and adaptable systems: a literature review. *Knowledge Engineering Review*, *23*(3), 261.

Vasantha, G. V. A., Roy, R., Lelah, A., & Brissaud, D. (2012). A review of product–service systems design methodologies. *Journal of Engineering Design*, *23*(9), 635–659.

VDI_2221. (1993). Systematic Approach to the Development and Design of Technical Systems and Products. *Beuth Verlag*.

VDI_2222. (1997). Part 1. Methodic Development of Solution Principles. *Beuth Verlag*.

Wahlster, W., & Kobsa, A. (1989). *User models in dialog systems*. Springer.

Waldman, M. (1993). A new perspective on planned obsolescence. *The Quarterly Journal of Economics*, 273–283.

warwick.ac.uk. (2014). Design for X.

Weber, C. (2005). CPM/PDD–an extended theoretical approach to modelling products and product development processes. In *Proceedings of the 2nd German-Israeli Symposium on Advances in Methods and Systems for Development of Products and Processes* (pp. 159–179).

Wenzel, H., Hauschild, M. Z., & Alting, L. (2000). *Environmental Assessment of Products: Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development* (Vol. 1). Springer.

Wever, R., Kuijk, J. Van, Boks, C., & van Kuijk, J. (2008). User-centred design for sustainable behaviour. *International Journal of Sustainable Engineering*, *1*(1), 9–20.

Wimmer, W., & Züst, R. (2003). *ECODESIGN Pilot: Product-Investigation-, Learning-and Optimization-Tool for Sustainable Product Development with CD-ROM* (Vol. 3). Springer.

Wimmer, W., Züst, R., & Ch, S. (2002). The Application of the ECODESIGN PILOT and Methodical Support for the Implementation of ECODESIGN in Products. In *Proceedings of the 7th International Design Conference-DESIGN 2002* (pp. 1357–1364).

Yang, G. (2003). The co-evolution of the Internet and civil society in China. *Asian Survey*, *43*(3), 405–422.

Yudelson, M., Gavrilova, T., & Brusilovsky, P. (2005). Towards user modeling meta-ontology. *User Modeling 2005*, 149–149.

Zafarmand, S. J., Sugiyama, K., & Watanabe, M. (2003). Aesthetic and Sustainability: The Aesthetic Attributes Promoting Product Sustainability. *The Journal of Sustainable Product Design*, *3*(3-4), 173–186.

Zafarmand, S. J., Tauchi, T., Terauchi, F., Kubo, M., & Aoki, H. (2009). An Analytical Study on Product Subjective Sustainability through Kansei Engineering Approach. In *Proceedings of International Association of Societies of Design Research (IASDR 2009), 18-22 October 2009, Seoul, South Korea*.

PRODUCTION SCIENTIFIQUE

- **INTERNATIONAL JOURNAL (Special Issue) :**

Rasamoelina, F., Bouchard, C., & Aoussat, A. (2013). Towards a Kansei-Based User Modeling Methodology for Eco-design. *International Journal of Affective Engineering*, *12*(2), Special Issue on KEER 2012, 337–348.

- **CONFERENCES A COMITE DE LECTURE :**

Rasamoelina, F., Bouchard, C., & Aoussat, A. (2012). Towards a Kansei Based User Modeling Methodology for Eco-design. *Proceedings of Kansei Engineering and Emotional Research Conference 2012 (KEER)*. Penghu, Taiwan.

Rasamoelina, F., Bouchard, C., & Aoussat, A. (2013). EcoKansei : Emotional Dimension for Sustainable Behavior. *Proceedings of the 5th IASDR World Conference on Design Research 2013 (IASDR)*. Tokyo, Japan.

Domingo, L., Rasamoelina, F., Bouchard, C., Brissaud, D., & Aoussat, A. (2013). Performing Environmental Segmentation to Ecodesign with Users. *Proceedings of International Conference on Engineering Design 2013 (ICED)*. Seoul, South-Korea.

DEVELOPPEMENT D'UN MODELE UTILISATEUR POUR UNE MISE EN RELATION DU KANSEI ET DE L'ECO-CONCEPTION

RESUME : La prise en compte des enjeux environnementaux est un sujet très présent dans notre société actuelle. Dans le domaine du développement de produits, l'Eco-conception est une démarche qui permet la considération de ces enjeux en proposant de réduire les impacts environnementaux des produits tout au long de leur cycle de vie. La phase d'utilisation du cycle de vie est une étape cruciale puisque le mode d'utilisation des produits peut avoir des conséquences non négligeables sur leur performance environnementale. Nous proposons dans cette thèse d'enrichir la compréhension de cette phase d'utilisation en mettant en évidence les composantes Kansei qui jouent un rôle dans l'interaction de l'utilisateur avec le produit et qui peuvent être intégrées en amont de la conception de produits à faible impact environnemental. Notre démarche permet de mieux renseigner la phase d'utilisation, contribuant ainsi à la maitrise de la performance environnementale des produits. Nous démontrons à travers notre recherche que l'utilisateur peut être défini, non seulement par des informations basiques que nous retrouvons communément dans la Conception Centrée Utilisateur, mais également à partir d'informations subjectives apportées par la dimension Kansei. A travers nos expérimentations, nous mettons en application deux attributs EcoKansei correspondants aux valeurs et aux émotions afin d'illustrer la modélisation utilisateur pour la conception de produits à faible impact environnemental. L'approche que nous proposons vient en complément au projet EcoUse qui vise à développer une méthodologie d'Eco-conception centrée utilisateur. Les apports de notre démarche sont multiples. Du point de vue de la recherche, une mise en relation de l'Eco-conception et du Kansei, qui sont à la base complètement déconnectées entraine un enrichissement mutuel entre ces deux approches. Du point de vue industriel, une démarche d'Eco-conception appuyée par les études Kansei doit permettre la conception de nouveaux produits qui auront l'avantage d'être à la fois mieux acceptés par les utilisateurs car en adéquation avec leur sensibilité environnementale et en même temps moins impactants pour l'environnement.

Mots clés : ingénierie Kansei, éco-conception, modélisation utilisateur, conception centrée utilisateur, conception amont, comportement des utilisateurs, interaction utilisateur produit.

USER KANSEI MODELING FOR ECODESIGN

ABSTRACT : The consideration of environmental issues is a very strong topic in our society nowadays. In the field of Product Development, Ecodesign is a methodology that allows the consideration of these issues by proposing to reduce the environmental impacts of products throughout their life cycle. The use phase of the life cycle is a critical step as the way how the products are managed can have significant impact on their environmental performance. We propose in this thesis to enrich the understanding of the use phase by highlighting the Kansei Information that can play a major role in the interaction between the user and the product and thus can be integrated in the early phase of the Ecodesign process. Our approach provides a better understanding the use phase, by contributing to the mastery of the environmental performance of products. Our research points out that the user can be defined not only from basic information commonly used in the User Centered Design, but also from subjective information brought by the Kansei dimension. We carry out experiments in which we implement two EcoKansei attributes corresponding to the values and emotions in order to illustrate user modeling for Ecodesign. The approach we propose is a part of EcoUse project that aims to develop a methodology for user-centered Ecodesign. Various contributions of our approach can be pointed out. For the Research, linking Ecodesign with the Kansei studies, which are basically unconnected leads to mutual enrichment between these two approaches. For Industry, an Eco-design approach supported by Kansei Information enables the design of new products which will have the benefits of both providing less impacts to the environment, and at the same time being more accepted by users as these products match with their environmental sensitivity.

Keywords : Kansei engineering, eco-design, user modeling, user-centered design, early phase of design, user behavior, product user interaction.

ARTS ET MÉTIERS ParisTech

ParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY