



HAL
open science

Design, Technologie et Perception : Mise en relation du design sensoriel, sémantique et émotionnel avec la texture et les matériaux

Everton Sidnei Amaral da Silva

► To cite this version:

Everton Sidnei Amaral da Silva. Design, Technologie et Perception : Mise en relation du design sensoriel, sémantique et émotionnel avec la texture et les matériaux. Matériaux. Ecole nationale supérieure d'arts et métiers - ENSAM, 2016. Français. NNT : 2016ENAM0063 . tel-01563158

HAL Id: tel-01563158

<https://pastel.hal.science/tel-01563158>

Submitted on 17 Jul 2017

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.

École doctorale n° 432 : Science des Métiers de l'ingénieur

Doctorat ParisTech

THÈSE

pour obtenir le grade de docteur délivré par

l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Spécialité " Conception "

présentée et soutenue publiquement par

Everton Sidnei AMARAL DA SILVA

le 30 novembre 2016

DESIGN, TECHNOLOGIE ET PERCEPTION : Mise en relation du design sensoriel, sémantique et émotionnel avec la texture et les matériaux

Directeur de thèse : **Carole BOUCHARD**

Co-directeur de thèse : **Wilson KINDLEIN JUNIOR**

Co-encadrement de la thèse : **Jean-François OMHOVER**

Jury

Mme Brigitte BORJA DE MOZOTA, Professeur, Université Paris Ouest

M. Xianyi ZENG, Professeur, GEMTEX, ENSAIT

Mme. Carole BOUCHARD, Professeur, LCPI, ENSAM

M. Wilson KINDLEIN JUNIOR, Professeur, LdSM, UFRGS

M. Jean-François OMHOVER, Maître de Conférences, LCPI, ENSAM

M. Hideyoshi YANAGISAWA, Professeur associé, Université de Tokyo

M. Jonathan BOITTIAUX, Responsable développement, Autoliv Isodelta

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examineur

Examineur

Examineur

Invité

T
H
È
S
E

“ The best way to predict the future is to create it ”
(Peter Drucker)

Remerciements

Je mesure aujourd'hui l'étendue des relations humaines que j'ai nouées pendant la réalisation de cette thèse de doctorat, j'ai rencontré des personnalités de divers profils : des professeurs, des collègues, des amis et des connaissances que je souhaiterais aujourd'hui remercier, puisqu'ils ont contribué, chacun à leurs niveaux, à modeler ma vision tout au long de ces quatre années et permettre aujourd'hui l'accomplissement de mon travail de thèse.

Mes premières pensées s'adressent à ma directrice de thèse **Professeur Carole BOUCHARD**, qui a dédié un effort incroyable à toutes les étapes de ce travail, je la remercie pour sa constante disponibilité, pour m'avoir toujours encouragé et orienté vers les meilleures solutions, notamment sur les questions d'analyse de données. Je ne saurais énumérer la quantité d'outils et de méthodes que j'ai appris grâce à elle et je tiens à la remercier pour avoir toujours été patiente, et pour m'avoir accompagné jusqu'au bout malgré mes difficultés de communication en langue française (et je pense en avoir encore un peu !).

Je remercie mon co-encadrant de thèse **Jean-François OMHOVER** qui a depuis le début largement participé dans plusieurs parties de ma thèse, et qui m'a toujours fait avancer lors de nos réunions de Groupe de Travail de Thèse (GTT), merci Jean-Francois pour ton dynamisme et ta bonne humeur légendaire qui m'a remis maintes fois sur les bonnes bases.

Je remercie mon co-directeur de thèse **Wilson KINDLEIN JUNIOR** qui m'a beaucoup encouragé lors de ma candidature pour le doctorat au LCPI, et qui par la suite m'a beaucoup aidé à distance depuis le Laboratoire de Design et Sélection de Matériaux – LdSM au Brésil. Le professeur KINDLEIN qui dirige ce Laboratoire brésilien m'a accueilli depuis 1998 dans son équipe, dans lequel je suis toujours aujourd'hui. Je remercie également **toutes les personnes du LdSM** qui m'ont aidé à réaliser ma thèse.

D'autre part, l'environnement du laboratoire LCPI s'est révélé particulièrement formidable au développement de cette recherche, et je tiens à remercier le Directeur du laboratoire, Monsieur **Améziane AOUSSAT** pour m'avoir accepté comme doctorant au sein de son laboratoire, et pour le soutien que le laboratoire m'a accordé, que ce soit au niveau du support matériel ou immatériel. Ensuite, je tiens à remercier tous les **collègues du LCPI** qui m'ont soutenu, par leur écoute et les conseils qui ont contribué à l'élaboration de ce travail, que soit dans les réunions de GTT ou dans les réunions informels, notamment **Francis RASAMOELINA, Vincent RIEUF, et bien d'autres**. Ainsi que tous les **élèves PJE** qui ont collaboré sur des activités expérimentales, soit comme participant ou comme collaborateur.

Enfin, je tiens à remercier les partenaires industriels **AUTOLIV Isodelta** en France et **TAKATA** du Brésil qui m'ont offert la possibilité d'utiliser des échantillons de volants automobiles dans mes expérimentations. C'est grâce à eux que j'ai réussi à développer cette étude de cas dans le secteur automobile.

Je remercie le **CNPq** – (*Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico*) pour le support financier du gouvernement brésilien qui m'a permis de réaliser cette étude avec une bourse de 4 ans de recherche au LCPI.

Pour conclure, je souhaiterais remercier ma famille, mes amis, mes proches, spécialement celle qui est parvenue à me supporter au quotidien, **Daniela Souto**, pour m'avoir soutenu tout au long de cette épreuve de 4 ans avec mon fils **Pedro Souto Amaral**.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	05
SOMMAIRE	06
GLOSSAIRE DES ABREVIATIONS	08
GLOSSAIRE DES SYMBOLES ET UNITES DE MESURE	09
LISTE DES FIGURES	10
LISTE DES TABLEAUX	13
INTRODUCTION	14
A. Contexte et problématique de la recherche.....	14
B. Périmètre de la recherche.....	19
C. Objectif de la recherche	20
D. Synoptique de thèse et structure du document	21
E. Considérations méthodologiques.....	23
<hr/>	
Chapitre 1 : ETAT DE L'ART	26
PARTIE 1 - VARIABLES SUBJECTIVES	26
1.1 L'Etude des Sens	26
1.1.1 La vue	28
1.1.2 Le toucher	29
1.2 Sémantique et Sémiotique	32
1.2.1 Descripteurs sémantiques	35
1.3 L'Etude des Emotions	39
1.3.1 Design Emotionnel	41
1.3.2 Les Echelles d'Emotions	44
1.3.3 Ingénierie <i>Kansei</i>	47
1.3.4 Matériauthèques	49
PARTIE 2 - VARIABLES TECHNIQUES	56
2.1 Textures tactiles.....	56
2.1.1 Concepts et Classifications	57
2.1.2 Matériaux vs Processus de Fabrication	64
2.1.3 Paramètres de texture	70
2.1.4 Analogies et Applications	76
2.1.5 Base de données de textures	80
2.2 Méthodes d'Analyse et de Sélection	82
2.2.1 Sélection des Matériaux	85
2.2.2 Analyse des Textures et Métrologie Sensorielle	87
2.2.3 Analyse de la Valeur d'Estime	92
PARTIE 3 – CONCLUSION DE L'ETAT DE L'ART	97
3.1 Constats	97
<hr/>	
Chapitre 2 : PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES	101
2.1 Problématique	101
2.2 Hypothèses de modélisation	102

Chapitre 3 : EXPERIMENTATIONS	105
3.1 Introduction	105
3.2 EXP1A : Perception visuelle – matériaux/textures	107
3.2.1 Objectifs	107
3.2.2 Protocole expérimental – EXP1A	107
3.2.3 Résultats et discussion	110
3.2.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2	122
3.3 EXP1B : Perception visuelle – matériaux/macrotextures/produits	123
3.3.1 Objectifs	123
3.3.2 Protocole expérimental – EXP1B	123
3.3.2.1 Protocole – Sélection de volants du marché	123
3.3.2.2 Protocole – Questionnaire utilisateur	128
3.3.3 Résultats et discussion	130
3.3.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2	134
3.4 EXP2 : Perception visuo-tactile – matériaux/macrotextures/produits	137
3.4.1 Objectifs	137
3.4.2 Protocole expérimental – EXP2	137
3.4.2.1 Protocole – Perception visuo-tactile de volants du marché	138
3.4.2.2 Protocole – Questionnaire utilisateur	143
3.4.3 Résultats et discussion	144
3.4.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2	168
3.5 EXP3 : Analyse technique de macrotextures.....	172
3.5.1 Objectifs	172
3.5.2 Protocole expérimental – EXP3	172
3.5.2.1 Protocole EXP3A – Mesure de la rugosité	173
3.5.2.2 Résultats EXP3A	176
3.5.2.3 Protocole EXP3B – Mesure de la dureté	178
3.5.2.4 Résultats EXP3B	179
3.5.2.5 Protocole EXP3C – Mesure de la dissipation thermique	180
3.5.2.6 Résultats EXP3C	183
3.5.2.7 Protocole EXP3D – Caractérisation visuel de macrotextures	186
3.5.2.8 Résultats EXP3D	188
3.5.3 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2	190
3.6 Apports expérimentaux	192
3.7 Mise en relation des expérimentations	194

Chapitre 4 : MODELE DE MISE EN RELATION DES DIMENSIONS DU DESIGN EMOTIONNEL AVEC LA TEXTURE ET LES MATERIAUX	206
4.1 Structure et corrélations	206
4.2 Discussions sur le modèle	210
4.3 Apports scientifiques et industriels	213

Chapitre 5 : CONCLUSION	215
5.1 Apports globaux	215
5.2 Conclusion générale	218
5.3 Suggestions pour la poursuite de la recherche	218

REFERENCES	220
-------------------------	------------

ANNEXES	235
ANNEXE 1 – ANALYSE D'EXISTANT	236
ANNEXE 2 – EXP1A	237
ANNEXE 3 – EXP1B	247
ANNEXE 4 – EXP2	261
ANNEXE 5 – EXP3	288

GLOSSAIRE DES ABREVIATIONS

LCPI	Laboratoire de Conception de Produits et Innovation
LdSM	<i>Laboratorio de Design e Seleção de Materiais</i> - Brésil
ENSAM	Ecole National Supérieure d'Arts et Métiers
UFRGS	<i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul</i> - Brésil
TRENDS	Projet du Laboratoire CPI (base de données des outils cognitifs)
WEB	<i>World Wide Web</i>
EXP	Expérimentation
EN	English - (langue)
FR	Française – (langue ou population)
BR	Brésilienne – (langue ou population)
CES	<i>Cambridge Engineering Selector</i>
IDEO	Renommé bureaux de design centré sur l'utilisateur
UNISINOS	<i>Universidade do Vale dos Sinos</i> - Brésil
CIENTEC	<i>Fundação de Ciência e Tecnologia</i> - Brésil
FEEVALE	<i>Universidade Feevale</i> - Brésil
UCS	<i>Universidade de Caxias do Sul</i> - Brésil
MATERIO	Matériauthèques Materio - Paris
ENSAD	Ecole National Supérieure d'Arts Décoratifs
INNOVATECH	Matériauthèque - l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois
CERTESENS	Centre d'Etudes et de Recherches sur les Technologies du Sensoriel
STL	Stérolithographie (format de donnée informatique)
FCBA	l'Institut Technologique Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
TAP	<i>Think-aloud protocols</i>
SENSOTACT	Instrument universel pour la mesure tactile
GEW	<i>Geneva Emotion Wheel</i>
SSE	Sensoriel, Sémantique et Emotionnel (relatif aux descripteurs)
H1 et H2	Hypothèse 1 et Hypothèse 2
G1A et G1B	Groupes de mots SSE (106 descripteurs chaque)
ACP	Analyse de Composantes Principales
HYP	Hypothèse (1, 2, ...)
DES	Dictionnaire Electronique des Synonymes
CRISCO	Centre de Recherche Inter-langues sur la Signification en Contexte
XERFI	l'Institut d'Etudes Economiques Sectorielles
IBGE	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
INMET	<i>Instituto Nacional de Meteorologia</i> - Brésil
ARDUINO	<i>Open-source electronics platform</i>
HR	<i>Heart Rate</i> (fréquence Cardiaque)
V01, V04,...	Modèles de Volants automobiles
IT	Impulsion au Toucher
UX	<i>User Experience</i>
HFC	Haute Fréquence de Conduite
BFC	Basse Fréquence de Conduite
AOI	<i>Areas of Interest</i> (zone d'intérêt)
TO	Toucher Orthogonal
TT	Toucher Tangentiel
TO/TT	Combinaison entre Toucher Orthogonal et Toucher Tangentiel
NOLDUS	<i>Noldus Information Technology</i> – logiciel d'analyse comportemental
AHA	American Heart Association
AV	Analyse de la Valeur
AF	Analyse Fonctionnelle du besoin
Cut-off	Paramètre des harmoniques de longueur d'onde pour la rugosité
ABS	Acrylonitrile Butadiène Styrene
PU	Polyuréthane
TPE	Elastomère Thermoplastique
TPU	Polyuréthane Thermoplastique
RV	Réalité Virtuelle
T	Transdisciplinaire
EFC	Expressions Faciales Confondues

GLOSSAIRE DES SYMBOLES ET UNITES DE MESURE

Symboles :

(ϕ)	Caractéristiques de l'utilisateur
(π)	Caractéristiques du produit
(φ)	Caractéristiques physiologiques
(ψ)	Caractéristiques psychologiques
(ψ - φ)	Caractéristiques psychophysiologiques
(β)	Caractéristiques comportementales
(\heartsuit)	Ressenti émotionnel d'utilisateur
(+) ou (-)	Valences positives ou négatives pour les descripteurs

Unités de mesure :

μm	Micromètre (unité de mesure de la rugosité)
Ra	Index de la Rugosité moyenne Arithmétique
Shore A	Echelle de dureté pour les élastomères
Shore D	Echelle de dureté pour les thermoplastiques
LUX	Unité de mesure de l'éclairement
Lm	Lumens (unité de mesure de flux lumineux / puissance lumineuse)
K	Kelvin (unité de mesure de la température de couleur)
bpm	Battement par minute (<i>Heart Rate</i>)
MP	Megapixels
m/s	Mètre par seconde
cm²	Centimètre carré
Kg/m³	Masse volumique - densité
MW	mégawatt

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Exemples de textures standard dans le secteur automobile (photographie macro 2:1).....	16
Figure 02 : Exemples de revêtements de volants texturés présents sur le marché	17
Figure 03 : Synoptique du travail de thèse.....	21
Figure 04 : Interaction sémiotique vers le produit basée sur PINKER (2008) et SANTAELLA (2010)...	32
Figure 05 : Groupe des attributs.....	35
Figure 06 : Véhicule de personnalité dominante et véhicule de personnalité mineure	37
Figure 07 : Graphique CES des attributs tactiles des matériaux.....	38
Figure 08 : Durée des émotions	40
Figure 09 : Transposition de la pyramide hiérarchique des Besoin de Maslow dans le contexte de conception centrée utilisateur.....	41
Figure 10 : Modèle cyclique de l'interaction des phases de NORMAN (2002).....	43
Figure 11 : A) Echelle des émotions de Plutchik ; B) Geneva Emotion Wheel - GEW.	45
Figure 12 : A) Echelle des émotions (DESMET et al, 2012) ; B) Adaptation caricaturé de SNYDER, PERILLI, SEEHOUSE et SPECTOR (2012)	46
Figure 13 : Matrice de relations – utilisateur et système.....	48
Figure 14 : Tech Box – matériauthèque portable d'IDEO.....	51
Figure 15 : Positionnement technique et émotionnel (Matériauthèques françaises et brésiliennes).....	53
Figure 16 : Formes (standards dépassés des mégatexture) - Bâtiment La Défense (A) ; Centre commercial Selfridges (B) et Stade de Beijing (C)	59
Figure 17 : Microtextures (ailes de papillon) – échelle : 500, 300, 100 et 50µm	59
Figure 18 : Macrotextures – (A) paramètres dimensionnels et (B) modulation	60
Figure 19 : Macrotextures – modulation de formes géométriques	60
Figure 20 : Macrotextures – modulation de formes organiques	61
Figure 21 : Jonction de modules de formes organiques	61
Figure 22 : Écosystème de la Banque de textures	62
Figure 23 : Evolution chronologique de l'importance des matériaux	65
Figure 24 : Exemples de cylindres de gaufrage	68
Figure 25 : Exemples de moules pour injection de pièces automobiles texturées	68
Figure 26 : Effet optique (diffraction de la lumière) de la nanotexturation sur l'acier inoxydable.....	69
Figure 27 : A) Profilomètre à contact ; (B) Scanner à laser	72
Figure 28 : Duromètre et dispositif perforant avec pointe diamantée	74
Figure 29 : Caméras thermiques portatifs (A et B) et Thermomètre infrarouge (C)	75
Figure 30 : Microtexture inspirée par la peau de requin. (A) Peau de requin – écailles placoides ; (B) Tissu de natation Speedo® avec sa microtexture	77
Figure 31 : Microtextures inspirées dans la surface de la feuille de Lotus (hydrophobique).(A) Feuille de Lotus ; (B) L'image magnifiée : 1250x ; (C) Tissu avec nanotexture de Lotus ; (D) Ancre « Lotusan® » autonettoyant	78
Figure 32 : Macrotextures tactiles des fruits et respectives emballages de jus. (A) fruit Kiwi ; (B) emballage texturé - Kiwi ; (C) fruit fraise ; (D) emballage texturé - fraise.....	79
Figure 33 : Macrotextures visuelles « épluchables » des fruits sur bouteille de boisson alcoolisée	79
Figure 34 : Analyse de répétition de textures	82
Figure 35 : Modèle de Lebahar sur l'interaction système-objet des artefacts avec les domaines de connaissance	83
Figure 36 : Montre Philippe Starck (Matériel et forme innovante)	87
Figure 37 : L'évaluation subjective et ses domaines connexes – adapté de (BOUCHON-MEUNIER, 1997).....	91
Figure 38 : But d'une action AV.....	93
Figure 39 : Exemple de texture basique avec faible valeur ajouté – photographie macro	94
Figure 40 : Evolution chronologique de l'importance des matériaux	98
Figure 41 : Mise en relation – Constats, Hypotheses, Expérimentations	103
Figure 42 : Cadre expérimental	106
Figure 43 : EXP1A – génération manuelle de traces de relation entre les termes sur des panneaux en papier	108
Figure 44 : Schéma Protocole EXP1A	110

Figure 45 : Réalisation manuelle de traces de différentes densités - EXP1A	110
Figure 46 : Résultats globaux de l'EXP1A	112
Figure 47 : Analyse visuelle de la densité des traces sur les panneaux miniature	113
Figure 48 : Variance sur la population FR et BR par rapport le nombre de liens différents créés	114
Figure 49 : L'optimisation de descripteurs émotionnels (sacs de mots) - EXP1A	116
Figure 50 : Formule de corrélation de descripteurs synonymes - EXP1A	116
Figure 51 : ACP interprétée de la dimension émotionnelle - EXP1A – F1 et F2	117
Figure 52 : ACP interprétée de la dimension émotionnelle - EXP1A – F1 et F3	119
Figure 53 : Comparaison de l'expérience tactile antérieure sur la population FR et BR	121
Figure 54 : Codage appliquée sur la régularité de textures dans les volants	124
Figure 55 : Codage appliquée sur la caractérisation géométrique dans les volants. (A) Périphérie, (B) Intermédiaire, (C) Centre	125
Figure 56 : Codage appliqué sur la variation des couleurs sur les volants	125
Figure 57 : Formule d'équivalence des échelles sur les caractéristiques visuelles	126
Figure 58 : Panneau 3D de 33 groupes de volants	127
Figure 59 : Séquence de 10 volants sélectionnés – EXP1B	128
Figure 60 : Echelle de différentiel sémantique avec facteur déterminant – EXP1B	129
Figure 61 : Partie du questionnaire – EXP1B	129
Figure 62 : Comparaison des profils SSE du volant idéal avec les volants de l'échantillon	131
Figure 63 : Mapping de l'ACP de la dimension sémantique avec le volant idéal – EXP1B	132
Figure 64 : Mapping de l'ACP de la dimension sensorielle avec le volant idéal – EXP1B	133
Figure 65 : Mapping de l'ACP de la dimension émotionnel avec le volant idéal – EXP1B	134
Figure 66 : Relations descripteurs et volants du marché par rapport l'idéal	136
Figure 67 : (A) Volant V10 dans l'EXP1B ; (B) Volant V10 dans l'EXP2	139
Figure 68 : Echantillon de volants pour l'EXP2	139
Figure 69 : (A) Cockpit simulé ; (B) Tableau de bord et panneau scénographique ; (C) Participant installé	140
Figure 70 : Cap1 : (A) Carte Arduino® et compteur ; (B) Capteur infrarouge ; (C) Clip d'oreille	141
Figure 71 : Cap2 : (A) Eye-tracking SMI et (B) Logiciel SMI iView XTM ; Cap3 : (C) Luxmètre ; Cap4 : (D) Station de température	141
Figure 72 : Cam1 : (A) Camera reflex capteur full frame + objectif 70-200mm ; Cam2 : (B) Camera grand angle full HD ; Cam3 : (C) Camera VGA pour le dispositif d'eye-tracking.....	141
Figure 73 : Dispositif de calibration de l'eye-tracking - EXP2	142
Figure 74 : Représentation spatiale de l'EXP2	142
Figure 75 : Application de la 2ème phase de l'EXP2 : préparation du questionnaire	143
Figure 76 : Mise en relation de variables - EXP2	145
Figure 77 : Moyenne global des expressions faciales (France et Brésil) sur l'interaction d'EXP2	147
Figure 78 : Filtre sur la fréquence cardiaque normalisée d'une sélection de la population. (Pic > 1.3 = 80% ou plus sur le range HR moyenne).....	147
Figure 79 : Concomitance de pics sur les courbes HR et Pupille (Logiciel Noldus® Observer XT)	149
Figure 80 : Inversion des valences entre France et Brésil selon les EFC filtrées par rapport aux pics de fréquence cardiaque	150
Figure 81 : Différence d'intensité entre France et Brésil sur les EFC (filtrées par rapport aux pics HR)	151
Figure 82 : Appréciation positive ou négative des volants sur les dimensions visuelle et tactile en France et au Brésil – basée sur les valences affectives récupérées lors des verbalisations	151
Figure 83 : Modèles de volants (V01, V08 et V10) – occurrences IT	155
Figure 84 : Exemple de masque AOI sur le volant – V08	158
Figure 85 : Pourcentage de la fixation de regard sur chaque zone d'intérêt	158
Figure 86 : (A) Toucher Orthogonal - TO, (B) Toucher Tangentiel - TT, (C) Toucher Orthogonal et Tangentiel - TO/TT	161
Figure 87 : Les textures positives ou négatives de chaque volant par verbalisation écrite	162
Figure 88 : Durée cumulée des expressions gestuelles liées au toucher	163
Figure 89 : Relations entre expressions faciales et gestuelles pour le volant V09	165
Figure 90 : Nuage de mots, descripteurs sémantiques du volants V10, phase visuo-tactile	166
Figure 91 : Mises en relations positives et négatives des volants automobiles – Résultats EXP2	169
Figure 92 : Schéma de l'EXP3	173
Figure 93 : Regions analysés sur les volants dans l'EXP3 – Poignée (verte), Centre (rouge)	173

Figure 94 : Scanner laser 3D - Tecnodrill® Digimill 3D	174
Figure 95 : Protocole EXP3A	175
Figure 96 : (A) et (B) Découpage du revêtement des volants. (C) application des échantillons sur les supports	175
Figure 97 : Numérisation des lignes sur les échantillons des volants	176
Figure 98 : Capture d'écran du logiciel d'analyse de rugosité - EXP3A	177
Figure 99 : Ra moyenne sur les volants - EXP3A	177
Figure 100 : Protocole EXP3B	178
Figure 101 : (A) Duromètre analogique « Instrument & MFG® », (B) La pointe pour l'échelle Shore D.	179
Figure 102 : Mesure de la dureté avec le duromètre analogique - EXP3B	179
Figure 103 : Dureté moyenne sur les volants - EXP3B	180
Figure 104 : Protocole EXP3C	181
Figure 105 : (A) Station de température, (B) Thermographe Infrarouge - EXP3C	182
Figure 106 : (A) Réchauffement du volant, (B) Thermogramme de l'intervalle du réchauffement - EXP3C	183
Figure 107 : Réchauffement et dissipation thermique sur la poignée des volants - EXP3C	184
Figure 108 : Courbes thermique tous volants - EXP3C	185
Figure 109 : Equipements pour la macrophotographie. (A) Appareil photo reflex, objectif macro, flash macro, (B) rail micrométrique, (C) trépied photo	186
Figure 110 : Protocole EXP3D	188
Figure 111 : Résultats d'analyse descriptive de textures - EXP3D	189
Figure 112 : Réseau de corrélations de variables dans le cadre des expérimentations	207
Figure 113 : Modèle multidimensionnel de mise en relation du design émotionnel avec les textures et les matériaux	209
Figure 114 : Hémisphère concret de l'artefact sur le modèle multidimensionnel de mise en relation	210
Figure 115 : Hémisphère abstrait humain du modèle multidimensionnel de mise en relation	211
Figure 116 : Relation temporelle sur le modèle multidimensionnel de mise en relation	212
Figure 117 : Relation transdisciplinaire Design-Ingénierie-Psychologie	215

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : <i>Attributs dominant et mineurs des produits</i>	36
Tableau 02 : <i>Attributs des matériaux pour le sens visuel, tactile et auditive</i>	37
Tableau 03 : <i>Matrice des relations utilisateur – textures</i>	48
Tableau 04 : <i>Evaluation techniques et émotionnelles des matériauthèques</i>	52
Tableau 05 : <i>Attributs de classification de textures tactiles</i>	63
Tableau 06 : <i>Groupes de procédés de texturation</i>	67
Tableau 07 : <i>Valeurs de cut-off pour profils périodiques</i>	73
Tableau 08 : <i>Relation entre la valeur de Cut-off et la distance de pics et creux</i>	73
Tableau 09 : <i>Groupes d'échelles de dureté pour les matériaux</i>	74
Tableau 10 : <i>Tableau de synthèse de caractéristiques techniques pour les macrotextures</i>	76
Tableau 11 : <i>Impacte sur les Méthodologies de Conception Produits</i>	82
Tableau 12 : <i>Critères de sélection des matériaux</i>	85
Tableau 13 : <i>Sélection des descripteurs liés aux matériaux</i>	108
Tableau 14 : <i>Relation de valeur propre cumulé sur l'ensemble des axes factoriels</i>	115
Tableau 15 : <i>Fréquence des émotions positives et négatives – EXP1A</i>	120
Tableau 16 : <i>Exemples de codages appliqués sur les 56 modèles de volants</i>	126
Tableau 17 : <i>Liste de descripteurs utilisés dans l'EXP2B</i>	128
Tableau 18 : <i>Descripteurs liés au volant idéal et ces correspondants les plus proches au marché.</i>	131
Tableau 19 : <i>Phases de l'EXP2 en détails</i>	138
Tableau 20 : <i>Spécifications des équipements utilisés dans l'EXP2</i>	141
Tableau 21 : <i>Prétraitement des données de l'EXP2</i>	144
Tableau 22 : <i>Classement de volants par l'utilisateur via questionnaire</i>	152
Tableau 23 : <i>Analyse comportementale sur les groupes BFC et HFC</i>	157
Tableau 24 : <i>Classement des 3 premiers points de regard - Zones d'intérêt</i>	160
Tableau 25 : <i>Synthèse de descripteurs sémantiques et sensoriels – verbalisation orale sur la phase visuelle</i>	160
Tableau 26 : <i>Synthèse de descripteurs sémantiques et sensoriels – verbalisation orale sur la phase visuo-tactile</i>	166
Tableau 27 : <i>Classement de 3 points du toucher concernant les zones d'intérêt</i>	167
Tableau 28 : <i>Spécifications des équipements utilisés dans l'EXP3D</i>	186
Tableau 29 : <i>Tableau de correspondance de variables sur l'EXP1A, l'EXP1B, l'EXP2 et l'EXP3</i>	194

INTRODUCTION

Cette thèse porte sur la compréhension des valeurs subjectives dans les activités de conception produit basée sur une relation interdisciplinaire du Design et l'Ingénierie. Dans ce sens, l'interaction entre les domaines du Design Emotionnel et la Sélection de Matériaux particulièrement, montre des lacunes. Nous proposons d'investiguer ces lacunes et plus des facteurs déterminants tels que le ressenti émotionnel (\heartsuit), la perception et la réponse physiologique de l'utilisateur, pour aider le concepteur dans la définition de paramètres de design convenables. Ces paramètres sont qualifiés par le compromis optimal entre la satisfaction du consommateur et les limitations techniques du produit. Ainsi, un modèle de mise en relation est présenté à partir d'une application de conception dans le secteur automobile. Ce modèle prend en compte les différentes modalités sensorielles du consommateur par rapport la macrotexture tactile et aux attributs techniques de rugosité, de dureté et de dissipation thermique de volants de la catégorie Grand Public. Une analyse comparative a été effectuée entre une population française et une population brésilienne, en considérant les caractéristiques physiologiques (ϕ), cognitives (ψ) et comportementales (β), pendant l'interaction avec le produit.

A - Contexte et problématique de la recherche

Au cours du temps, le secteur industriel a développé des nouvelles alternatives de matériaux pour les produits les plus divers, au rythme de l'évolution des besoins du consommateur. Cependant, l'instabilité du marché requiert, de la part des entreprises, de porter l'attention sur différents facteurs, principalement économiques. Cette évolution oblige les entreprises à trouver des alternatives pour rester compétitives.

L'offre d'innombrables matériaux existants sur le marché confronte les designers à des conditions à la fois favorables et défavorables (MANZINI, 1993). Favorables, parce qu'ils peuvent, en investissant l'effort nécessaire, trouver un compromis optimal de sélection des matériaux pour un produit défini. Défavorables, parce que ce processus prend du temps, si l'on considère la grande variété d'options induites par les critères sélectionnables pour chaque projet. Ce grand nombre de matériaux entraîne le renouvellement des références de valeurs implicites des matériaux les plus traditionnels, de sorte que les produits et leurs

matériaux respectifs ne sont plus aussi faciles à associer comme durant l'ère industrielle antérieure.

La difficulté de cette association (produit & matériaux) rend plus difficile les choix de conception réalisés par les designers. On considère également que les « valeurs perceptives ajoutées »¹ sont perçues avec une plus grande difficulté par le consommateur. Ainsi, il devient nécessaire de réaliser une investigation qui vienne contribuer à une meilleure maîtrise des paramètres du projet, et valoriser de nouveaux modes de perception. L'étude des textures relative aux produits de notre quotidien peut permettre d'affiner ces valeurs perceptives. La prise en compte de variables subjectives² relatives à un public cible devient fondamentale.

Ces variables subjectives se basent sur les cinq sens sollicités conjointement selon diverses combinaisons. Elles vont au-delà des simples attributs des objets tels que dimension, la forme et la couleur. Elles englobent aussi les qualités expressives et sémantiques des objets. Ces qualités s'expriment notamment à travers les sensations plus ou moins agréables ou désagréables, de similitude ou différence, etc.

Une étude de VALAN (2012) montre l'évolution chromatique en conception de produits au cours des 60 dernières années, avec les attributs visuels les plus pertinentes et les couleurs mises en évidence dans chaque décennie. Cette analyse montre également l'intérêt réduit sur la dimension tactile jusqu'aux années 90. Les textures tactiles et les palettes de couleurs associés sont d'avantage devenues un centre d'intérêt depuis les années 2000. La « texture tactile » est comprise par la sensation réelle en trois dimensions d'une surface qui peut être touché (SAW, 2012).

Avec la croissance de la demande pour des produits déterminés, l'offre s'étend, mais elle doit prendre en compte les plus grandes exigences du consommateur. Depuis deux décennies, une grande importance a été portée sur l'expérience acquise par l'utilisateur à travers le produit ou même les matériaux et ses textures (CSIKSZENTMIHALYI, 1991 ; MANZINI, 1993).

Par ailleurs, il apparaît que les textures tactiles utilisées dans divers secteurs de produits, suivent des standards relativement réguliers (KINDLEIN, COLLET et

¹ On entend par valeurs perceptives, les attributs qualitatifs et quantitatifs d'appréhensions psychologiques influencées par les propriétés techniques et basées sur les sensations neurophysiologiques (BALONE, 2007), dans ce cas, gérées par l'interprétation des textures où leur signification présente des concepts indéfinis ou dissociés d'une réalité de produit (perte de reconnaissance).

² Selon le dictionnaire Aurélio, subjectif est relatif à sujet. Il intègre, en effet, le domaine des activités psychiques, sentimentales, émotionnelles. Les variables subjectives remettent à la condition interprétative et mutable des descripteurs de chaque champ perceptif de l'individu.

DISCHINGER, 2006). A l'exemple du secteur automobile, nous pouvons identifier tout au long des années les textures typiques du cuir, à partir du vrai matériau à l'origine, ou de polymères présents l'habitacle, comme le tableau de bord, le volant, les panneaux de porte, la console centrale, etc. (voir Figure 1). Les applications en polymères et leurs « aspect plastique », sont souvent identifiées par le grand public à travers l'expression de connotations négatives.



Figure 1 : Exemples de textures standards dans le secteur automobile (photographie macro 2:1).

Ces textures plastiques en se multipliant entraînent une perte de valeur aussi du fait de leur popularité excessive, projetant souvent une image banalisée. Du côté utilisateur, nous nous posons la question suivante : "est-ce que l'utilisateur est toujours satisfait par rapport la valeur ajoutée qu'apportent les macrotextures industrielles du secteur automobile ?"

Cette demande se justifie par la banalisation des matériaux polymères et des finitions auxquels les personnes sont constamment soumises, réduisant ainsi leur impact émotionnel positif. Il est alors possible de débattre sur ce sujet à partir des questions suivantes : quelles sont les dimensions du produit qui vont impacter nos émotions lors de l'expérience ? Est-il possible de provoquer de nouvelles émotions à partir d'expériences tactiles mémorisées par les individus et que celles-ci répondent aux attentes suscitées par le produit ? Quelle serait la méthode pour trouver de nouvelles références et comment évaluer ces références en termes d'interaction émotionnelle ?

La banalisation des textures, risque de devenir encore plus endémique dans la vie des utilisateurs de voitures. Dans ce sens, il existe sur le marché des matériaux bas de gamme, qui offrent différentes sensations visuo-tactiles, comme les volants texturés ou les housses de volants (voir Figure 2).

Néanmoins, les revêtements des volants proposent fréquemment des textures tactiles inhabituelles, généralement du type géométrique.



Figure 2 : Exemples de revêtements de volants texturés présents sur le marché.

Les équipementiers automobile qui conçoivent les accessoires recherchent aujourd'hui à rajouter de l'adhérence au niveau du volant. En effet, ils veulent mettre en avant tout d'abord l'aspect sécurité, puis le confort tactile, donc forcément en gagnant de l'épaisseur dans la zone périphérique. Par contre, en ce qui concerne les aspects visuels, il y a une tendance dans l'excès de couleurs hors contexte, étant donné que les textures tactiles sont composées habituellement sur une échelle plus large que les volants des constructeurs automobile (sans harmonie avec l'intérieur).

Ce qui nous amène à nous poser la question : *" est-ce que la présence importante de « couvre-volants texturés » sur le marché peut être considéré comme un demande motivée des utilisateurs, et justifier un besoin des équipementiers industriels automobile de travailler sur l'amélioration de cette faible appréciation visuo-tactile des textures lors de la conception des volants? "*

La faible importance donnée à la perception tactile par l'industrie en général, appelle le développement de nouvelles méthodologies. Dans ce sens, il faut veiller à ce que les textures utilisées dans l'industrie ne soient pas répétitives où qu'elles soient trop similaires, (DISCHINGER, COLLET et KINDLEIN, 2006). En effet, des produits, ayant le même type de texture seront probablement perçus de la même façon par les usagers.

Selon BAUDRILLARD (2004), les matériaux dits traditionnels possèdent une qualité perçue bien supérieure. Cela est le cas du chêne massif, du cuir naturel, etc. Ces matériaux sont actuellement utilisés pour des articles de luxe alors que les nouveaux matériaux de

remplacement (polymères, composites, etc.) sont utilisés pour des articles populaires. Par conséquent, les substituts les moins chers diminuent la valeur perçue subjectivement pour les consommateurs.

A ce jour, il existe peu de méthodes scientifiques appropriées qui permettent aux concepteurs une analyse et une sélection des textures tactiles pour les produits industriels.

L'étude de CSIKSZENTMIHALYI (1991) met l'accent sur l'importance de la relation affective entre l'utilisateur et l'objet, et sur l'importance accordée à la participation des utilisateurs lors de la création de l'objet (l'expérience de l'utilisateur en faveur de la conception). Par conséquent, la temporalité de cette expérience affective entre la phase de création et la phase d'utilisation implique la considération d'une forme de "longévité émotionnelle" établie avec le produit. Cela permet d'instaurer une durabilité sociale et environnementale, et contribue à orienter le comportement en société de l'individu vers une réduction d'actes de consommation compulsive.

Une relation affective au produit qui est réussie est la garantie du lien avec le consommateur. Elle peut éviter un rejet prématuré. Les produits "émotionnellement" font l'objet d'une appropriation plus long terme par les utilisateurs.

Actuellement, il existe plusieurs dimensions pour caractériser la dénomination d'une nouvelle tendance. Ces dimensions sont respectivement l'émotion, l'attachement, la satisfaction, et le plaisir qui est essentiellement lié aux raisons pour lesquelles un produit a été conçu.

La thématique scientifique relative au design émotionnel (Design & Emotion) inclue, selon KURTGÖZÜ (2006) des sous-thèmes tels que l'Ingénierie Kansei, le Design Affectif, et le Design d'Expérience. Dans son livre "*Emotional Design*", NORMAN (2008) cherche à rendre évident le fait que, non seulement nous utilisons, mais aussi nous adorons ou nous détestons les objets.

L'anthropologie de la consommation, selon MIGUELES (2007) nous aide à comprendre en plus de l'acte d'achat, les significations que le consommateur attribue au produit, la manière dont le produit l'aide à s'insérer socialement, la reconnaissance, prestige, et la manière dont le produit le relie à une référence statutaire. Cette relation au produit lui permet aussi de se positionner vis à vis des règles, et les idéologies de la société.

L'histoire du Design a intégrée différents dimensions au cours du temps pour la conception d'un produit. Les méthodologies de conception ont évolué peu à peu de manière à atteindre de meilleurs résultats en moins de temps, et en prenant en compte les apports basés sur la subjectivité dans les processus de perception du produit, ainsi que dans les étapes stratégiques de conception créative et les spécifications des paramètres produit.

Ainsi, il devient évident qu'une recherche sur la mise en relation entre les matériaux, leurs aspects superficiels, et leur impact émotionnel si l'on considère l'objet sous le lien affectif, dévient cruciale en ce moment.

Les recherches positionnées dans le domaine du Design Emotionnel, peuvent contribuer à l'identification des facteurs qui relient les aspects subjectifs de l'interaction et les textures ou matériaux des produits industriels. Ce travail de thèse apporte une base scientifique ainsi que de nouvelles méthodes, techniques et outils qui permettront au designer ou au concepteur de spécifier et d'évaluer les solutions de conception qui intègrent un fort impact émotionnel. Les résultats de ce travail contribuent aujourd'hui à enrichir, et peuvent devenir indispensables dans le futur, pour supporter la génération, l'intégration et la communication d'idées innovantes en conception amont.

B - Périmètre de la recherche

Cette recherche se concentre sur la mise en relation de caractéristiques techniques et subjectives des matériaux prioritairement polymériques du fait des avantages économiques de ce type de matériaux en contexte industriel.

Nous proposons ici de nous centrer sur une étude de cas dans le secteur automobile. Le cas porte plus précisément sur l'interaction d'utilisateurs avec des volants. Ces derniers constituent un objet riche en éléments sensoriels, sémantiques et émotionnels.

L'analyse subjective, que nous proposons permet de synthétiser les principaux paramètres de qualité perçue du produit sur la base d'une analyse comparative des éléments visuo-tactiles de la surface des volants.

La catégorie de véhicules automobiles « grand public », a constitué le secteur d'application de notre expérimentation de thèse. Le facteur économique de cette catégorie a été plus compatible avec le pouvoir d'achat Français, selon les données de l'Institut d'Etudes Economiques Sectorielles - XERFI (2014).

Dans la phase expérimentale (EXP2 et EXP3), nous avons analysé un ensemble de 7 modèles de volants sur 10 présélectionnés (EXP1B), en raison de la disponibilité de produits chez nos partenaires industriels, AUTOLIV Isodelta (France) et TAKATA Brasil S.A. (Brésil).

Les résultats provenant de l'analyse technique des textures (propriétés de rugosité, dureté, dissipation thermique et analyse descriptive), ont été mises en relation avec les dimensions subjectives qui touchent les utilisateurs. Cette mise en relation a fait intervenir

deux laboratoires de recherche, le LCPI et le LdSM. Ces deux laboratoires possèdent des équipements, logiciels et technologies disponibles, qui nous ont permis d'exécuter les expérimentations prévues. Ces moyens seront détaillés dans la partie expérimentale.

C - Objectif de la recherche

Ce travail a pour objectif général de **proposer un modèle de mise en relation des dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles relatives à la macrotexture et aux matériaux industriels**. Ce modèle contribue à l'identification de paramètres de design pour aider le concepteur à la sélection de macrotextures tactiles sur des produits automobiles pendant la phase amont de la conception. Il cherche à valoriser le produit à travers l'exploration des mécanismes sensoriels, et émotionnels inhérents au système produit-consommateurs. Ce processus inclue l'importance de la reconnaissance des sens de manière à améliorer la conception en intégrant les variables subjectives et qualitatives avec les variables techniques et quantitatives telles que la rugosité, la dureté, et la dissipation thermique des matériaux.

- **Objectif Scientifique :**

L'objectif de cette thèse est de définir et promouvoir un modèle de réflexion capable d'enrichir les mécanismes d'apprentissage dans l'environnement académique, encourageant les jeunes concepteurs à considérer les variables subjectives par rapport aux dimensions sensorielles, sémantique et émotionnelles dans les activités de conception de produit, et favoriser la sélection de macrotextures tactiles.

Il s'agit également de contribuer au développement de relations internationales entre les laboratoires de Conception Produit et Innovation - LCPI et Laboratoire de Design et Sélection de Matériaux - LdSM dans les domaines du Design Emotionnel et de la Sélection de Matériaux. Cela permettra de stimuler les perspectives de futures recherches collaboratives associées à ses thématiques.

- **Objectif Industriel :**

A partir du modèle de mise en relation que nous proposons, nous encourageons les industriels à un changement de paradigme en considérant aussi l'inclusion de variables subjectives dans les phases amont de la conception de produit. L'expérience utilisateur sera

enrichie lors de l'interaction du consommateur avec le produit grâce à un impact émotionnel positif et accru de cette interaction.

D - Synoptique de thèse et structure du document

Pour aider à la compréhension du développement de cette thèse dans son ensemble, le synoptique de thèse présenté Figure 3, propose un schéma global de l'ensemble des phases de travail.

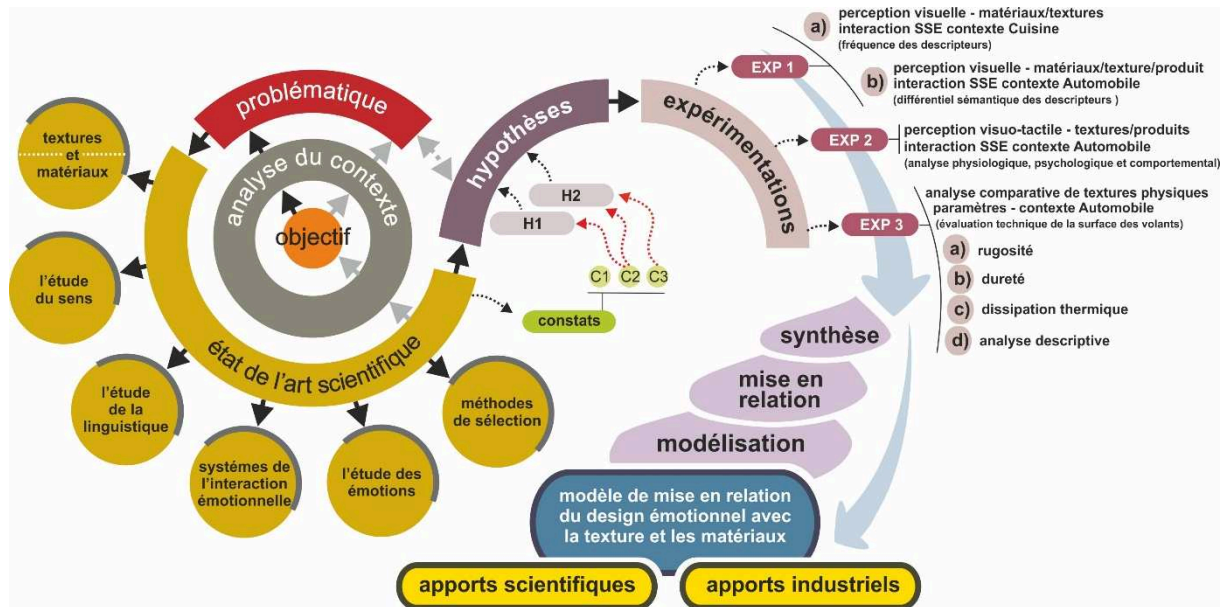


Figure 3 : Synoptique du travail de thèse.

Le document de thèse a été divisé selon les 5 principaux chapitres suivants :

Chapitre 1 – Etat de l'Art

L'état de l'art propose une base théorique comprenant une dimension « Subjective », avec les thèmes de la perception, de la sémantique et des émotions et une dimension

« Technique », avec les notions de caractérisation, de paramètres et de méthodes d'analyse et de sélection de matériaux et textures tactiles. Pendant la phase de réalisation de l'état de l'art nous avons aussi développé des partenaires dans le secteur automobile en France et au Brésil en particulier pour fournir les cas d'expérimentations et données d'entrée associés.

Chapitre 2 – Problématique et Hypothèses

L'établissement des constats à partir de l'Etat de l'Art nous a permis de formuler la question de recherche suivante : « Comment définir une modèle de mise en relation des dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles relatives à la macrotexture industrielle ? » Dès cette question, nous avons pu établir des hypothèses puis un protocole expérimental présenté dans le chapitre suivant.

Chapitre 3 – Expérimentation

Le chapitre « expérimentation » est structuré en 4 étapes : La première partie de l'**EXP1A**, est relative à la construction d'une large base sémantique liée à partie des matériaux et appliquée au contexte des ustensiles de cuisine. La seconde partie **EXP1B**, relate la composition d'une base sémantique optimisée et dérivée de la première. Cette deuxième version s'applique à la perception visuelle d'utilisateurs de produits dans le contexte automobile, en récupérant les valences affectives jugées. La seconde expérimentation, **EXP2**, propose une immersion contextualisée de perception visuo-tactile. Elle se base sur le protocole de l'expérimentation précédent avec des échantillons physiques de volants automobiles. Une analyse exhaustive a été réalisée en considérant la mise en relation de données physiologiques (φ), cognitives (ψ) et comportementales (β). La troisième expérimentation **EXP3**, a permis de rajouter des variables techniques relatives aux macrotextures tactiles de volants automobiles. Les mesures techniques sont de rugosité, de dureté, de dissipation thermique et d'analyse descriptive, réalisés à partir des essais appliqués sur les échantillons. Cette dernière expérimentation, a permis l'intégration d'attributs objectifs de l'ingénierie liés aux matériaux pour établir une mise en relation avec les attributs subjectifs du design. La clôture de ce chapitre est caractérisée par les apports expérimentaux et la mise en relation entre les expérimentations en cherchant à répondre aux hypothèses.

Chapitre 4 – Modèle de mise en relation des dimensions du design émotionnel avec la texture et les matériaux

Tout d'abord dans ce chapitre nous présentons les principaux facteurs, basés sur les apports expérimentaux, pour structurer et ensuite proposer le modèle de mise en relation du design émotionnel avec les textures et les matériaux. Ce modèle enrichit le processus de conception en apportant une valeur ajoutée dans ce processus par la prise en compte de la dimension émotionnelle et la relation avec les macrotextures tactiles industrielles. Après les discussions autour du modèle, nous présentons les apports scientifiques et industriels.

Chapitre 5 – Conclusion

Nous terminons par une conclusion dans laquelle nous mettons l'accent sur les possibilités de valorisation de la méthode de conception, appuyé sur le modèle, ainsi que les apports et les limites du travail réalisé. Nous proposons des pistes d'amélioration pour de futures recherches relatives à ce sujet.

E - Considérations méthodologiques

Selon SANTAELLA (2001), la recherche scientifique exige un certain état d'alerte du chercheur vis-à-vis des questions philosophiques, spécialement épistémologiques, sur les lois qui régissent la connaissance, sa recherche, son acquisition et sa validité.

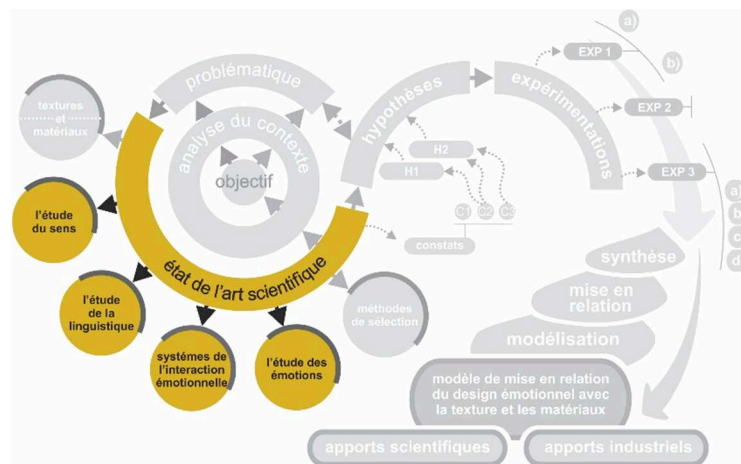
Sur ces bases, nous proposons d'élaborer une étude consolidée sur des étapes bien définies, afin d'identifier le problème, les objectifs, de s'approprier les savoirs spécifiques, de définir et mettre en œuvre une méthode analytique pour mettre en relation les macrotextures tactiles avec des descripteurs subjectifs provenant de l'appréciation de l'utilisateur.

Pour atteindre cet objectif, nous proposons de considérer les caractéristiques de la recherche exploratoire qui, selon GIL (1996), aide à clarifier le problème, grâce à l'analyse du comportement des utilisateurs lors de l'interaction homme-produit.

Selon SCHERER (2005), la méthode d'analyse comportementale, et l'analyse des expressions verbales (orales et écrites) et non-verbales (expressions faciales, vocales et gestuelles), peuvent être utilisées pour déduire l'état émotionnel d'un individu. Certaines de ces approches seront adoptées et combinées entre elles dans cette recherche, avec l'objectif de proposer un modèle capable de nourrir de nouvelles recherches. Ces recherches d'ordre

méthodologique assisteront la sélection de matériaux et macrotextures tactiles dans la conception produit.

Pour ce faire, nous nous appuyerons sur les bases scientifiques développés par le Laboratoire de Conception de Produits et Innovation - LCPI/ENSAM (France) et le Laboratoire de Design et Sélection des Matériaux - LdSM/UFRGS (Brésil).



Chapitre 1 : ETAT DE L'ART

PARTIE 1 - VARIABLES SUBJECTIVES

- 1.1 L'Etude des Sens
 - 1.1.1 La vue
 - 1.1.2 Le toucher
- 1.2 Sémantique et Sémiotique
 - 1.2.1 Descripteurs sémantiques
- 1.3 L'Etude des Emotions
 - 1.3.1 Design Emotionnel
 - 1.3.2 Les Echelles d'Emotions
 - 1.3.3 Ingénierie *Kansei*
 - 1.3.4 Matériauthèques

Chapitre 1 : ETAT DE L'ART

Partie 1 – VARIABLES SUBJECTIVES

La première partie de l'Etat de l'Art, traite des relations subjectives entre le produit et l'utilisateur. Une investigation scientifique est menée sur le processus d'interaction avec le produit et les aspects sensoriels d'utilisateur. On cherche à acquérir une plus grande compréhension des sensations et des perceptions auprès des utilisateurs à propos des matériaux et des textures tactiles dans les produits de la vie quotidienne. Cette première partie considère également le contexte du Design Emotionnel et de l'Ingénierie Kansei.

Les caractéristiques intangibles des produits sont associées à une perception dite subjective, c'est-à-dire que cette perception met en œuvre des associations ou des réactions émotionnelles très variables d'un individu à l'autre. Une première discussion importante dans l'interaction homme-produit est ces dimensions sensorielles traitée dans la partie 1.1.

1.1 L'Etude des Sens

Rechercher des produits avec des matériaux nouveaux, alternatifs et/ou recyclés avec cependant une finition similaire aux matériaux plus traditionnels et reconnus comme plus nobles, est une option habituelle des entreprises en raison de la nécessité de réduction de coûts.

Selon MANZINI (1993), cette tendance industrielle pousse l'utilisateur produit à chercher l'identité des matériaux en définissant ce qui est « faux » ou « vrai », à partir de ce qui est attendu sur un produit donné. L'auteur définit encore que ces nouvelles conditions d'interprétation ambiguës des matériaux amènent le consommateur à utiliser la méthode cognitive pour clarifier sa perception par rapport le produit. Cette méthode est basée par la connaissance empirique d'utilisateur en lui donnant le support minimal pour valider cette mise en relation entre les matériaux et la dimension sensorielle. Suivant cet exemple, on peut décrire la condition perceptive d'un plat ou d'une tasse qui présentent les caractéristiques brillantes et lisses de la porcelaine traditionnelle mais qui, au toucher,

présentent une situation différente de légèreté et de conductivité thermique, typique des polymères dans une tentative d'imitation.

Selon BALONE (2007), chez les personnes dites normales, les sensations concernent principalement des éléments neurophysiologiques alors que les perceptions sont liées aux fonctions psychologiques. Pour cet auteur, la perception du monde de l'objet ne dépend pas exclusivement d'un type de sens à travers lequel les objets sont appréhendés. La détection d'un stimulus est appelé sensation et l'interprétation de ce stimulus qui implique la conscience est appelée perception. Les sens fonctionnent ensembles et se complètent. Dans le cadre de la conception de produits, MACDONALD (2001) complète cette théorie. Il affirme que l'exploitation des multiples aspects sensoriels contribue à créer des expériences riches dans l'interaction entre le produit et l'utilisateur.

Selon l'enquête de LINDSTROM (2010), les sens ont des niveaux similaires d'importance pour la société, même si la vision est souvent considérée comme en première place. (MACDONALD, 2001 et BALONE, 2007).

LINDSTRON (2010) explique d'autre part que les sens des personnes visent à détecter le danger plus qu'à répondre aux attentes de plaisir sensoriel. Sa publication dans le domaine du marketing, souligne que le marché néglige encore la plupart des sens humains comme moyen d'interaction avec les produits.

De façon complémentaire KUNZLER (2003, p. 15) explique que la perception est l'appréhension d'une situation objective basée sur la sensation, accompagnée de représentations et très souvent, de jugements. Sous l'angle cognitif, « la sensation est la réponse spécifique à une stimulation sensorielle particulière », différemment de la perception considérée comme l'ensemble de mécanismes de codification et de coordination des différentes sensations élémentaires, visant à une signification (FIALHO, 1999).

POMBO et TSCHIMMEL (2005), mentionnent que la perception correspond à un acte qui est toujours une interprétation caractérisé comme un exercice biologiquement influencé par des significations. En ce sens, ces auteurs soulignent que les sensations résultant d'un concept original, dépendent de la capacité de détachement des perceptions mécaniques habituelles. Autrement dit, elles dépendent de la capacité de l'individu à être mentalement flexible pour de nouvelles découvertes sensorielles.

MANZINI (1993) souligne le fait que la culture sollicite l'idée abstraite de qualité formelle, au-delà de l'idée concrète et physique de qualité sensorielle, spécifiée par le designer avec en particulier les aspects visuels, tactiles, olfactifs, etc.

D'un point de vue visuel, on perçoit que la dégradation d'un produit est initialement ressentie à partir de sa surface qui montre les marques de sa transformation. Il s'agit en particulier du facteur de vieillissement.

On attribue différents degrés à la dégradation des matériaux. Par exemple, les matériaux considérés comme plus traditionnels, tels que ceux utilisés dans la construction ou dans le mobilier, voient leur valeur augmenter grâce aux caractéristiques de vieillissement (la patine du temps) ce qui, d'ailleurs, est beaucoup plus courant en Europe qu'au Brésil. Alors que pour des matériaux plus modernes de type polymères, les premiers signes de vieillissement, suscitent la nécessité d'un remplacement.

1.1.1 La vue

La perception est fondamentale pour la survie. En effet c'est sur la base de la connaissance de l'environnement que le cerveau gère ses plans d'action. Ainsi, la perception transforme les stimuli en fonction de l'environnement DAY (1972). La perception est un acte, en partie, intentionnel grâce auquel un objet et certaines de ses qualités sensorielles peuvent être représentés mentalement. L'image mentale conserve des éléments de qualités sensibles et restrictives rendant difficile une description complète du dit objet.

Le résultat de la perception visuelle est, de fait, déterminé par les relations entre les images visualisées et leur contexte. Ces relations sont propres à chacun d'entre nous. Elles sont balisées par les expériences antérieures personnelles à travers nos sens.

Lors de l'observation d'un objet, l'œil humain actionne simultanément les mécanismes perceptifs pour une définition qui satisfasse ses doutes au détriment de son état à ce moment (DAY, 1972). Les facteurs perceptifs et sensoriels sont mis en relation avec l'expérience vécue.

COURONNE (2007) a étudié l'interaction et la complexité perceptive du système visuel humain qu'il a explicitée avec des scènes réelles où les objets constituent des stimuli. Selon lui, la complexité d'une scène renvoie à la densité d'objets présents ainsi qu'à leur cohérence.

D'après OLIVA (2004), la complexité d'une scène est liée à la variété des stimuli visuels. Il s'agit aussi bien des items sémantiques que des matériaux ou surfaces qui sont présents dans la scène avec leurs différentes intensités.

Afin de répondre à un plaisir visuel, on constate actuellement une demande croissante de matières et textures variées sur le marché.

La difficulté à répondre à cette demande a conduit à la recherche de nouvelles références visuelles. Une solution de réponse a été de conserver les aspects visuels des matériaux considérés comme les plus nobles (généralement d'origine naturelle avec une information graphique typique ou même tridimensionnelle).

Pour valider ce point de vue, BERGERET (2008), et MANZINI (1993) soulignent le fait que les nouveaux matériaux prennent les caractéristiques visuelles d'autres matériaux. De cette manière, l'innovation consiste à conserver la même apparence à moindre coût.

Concernant les **textures graphiques** ou **visuelles**, la liberté de création est importante. Par contre, l'évolution concernant les **textures tactiles** (tridimensionnelles) est moindre. Les nouveaux stimuli visuels et même tactiles, sont plus rares.

Selon GOMEZ (2007), la texture visuelle est strictement bidimensionnelle, avec une perception, dont l'apparence dépend des effets de la lumière et de l'ombre (les aspects de contraste). Elle consacre la réponse esthétique de l'objet au moyen de combinaisons de couleurs et de formes. Sont générés "sensations" de rugosité (non tactile), peut-être entre âpre - doux, lisse - rugueux, opaque - brillant, linéaire - méandres, etc.

Toutefois textures tactile ou haptique, en plus d'être visuels, génèrent perceptions intrinsèques à expérience tridimensionnelle du toucher. Les sensations tactiles aident à l'identification des poids, de la structure / forme, de la température et de la rugosité de l'objet touché (KUNZLER, 2003). Celles-ci dépendent des sens cutanés.

Les difficultés rencontrées lors de la confection de moules de reproduction de textures tridimensionnels sont dues au fait de la complexité de sa création, prenant en compte les modules de répétition qui a besoin d'être parfaitement montés. Cette difficulté augmente le temps et le coût de production de moules.

L'industrie d'aujourd'hui s'abstient d'investir dans le domaine des textures tactiles de manière à apporter une valeur au gris sensoriel et esthétique du consommateur.

1.1.2 Le toucher

Depuis la fin du 19e siècle, les artistes se sont préoccupés de l'aspect haptique (tactile ou tangible) des formes visuelles, que ce soit en peinture, en sculpture ou en architecture selon MCLUHAN (1961). Bien que le sens de la vision soit d'une extrême importance, selon MANZINI (1993) le toucher apparaît comme plus analytique et les messages qu'il envoie constituent une base importante de notre système de représentation. DIAS (2009) quant à lui met en évidence la perception tactile comme un système important

dans la relation utilisateur-produit. Ce système met en œuvre des facteurs tels que le confort, la satisfaction ou les préférences. En effet chaque matériau, grâce à ses propriétés, conduit à une perception unique et particulière à chaque utilisateur.

En réponse aux sensations tactiles sur les produits, plusieurs variables indépendantes influent sur la perception de l'utilisateur. Ces variables sont liées à la matière, comme par exemple, la dureté, la rugosité, la conductivité thermique, l'élasticité, etc ou bien elles sont liées à l'environnement, comme l'humidité, la température et pression.

Dans le contexte somesthésique³, DAY (1972) souligne que les cellules sensorielles adaptées pour recevoir l'énergie (les récepteurs), peuvent être largement distribuées dans les tissus superficiels ou profonds. Ces récepteurs de pression sont regroupés en régions limitées ou concentrées sur un organe sensoriel. Ils se situent sous la peau et leur concentration est importante dans les doigts et la paume de la main. Ils permettent de percevoir les sensations de chaleur, de froid, de texture, de douleur et de pression.

FAGIANI (2011) explique que les vibrations et les déformations induites par les organes mécanorécepteurs (corpuscule de Pacini et de Meissner, Disques de Merkel et corpuscules de Ruffini) sont transformées en signaux neuronaux. La vitesse de transmission des signaux des récepteurs tactiles au cerveau peut varier entre 2 et 70m/s. Elle dépend du type de fibres nerveuses. C'est le doigt qui possède le plus d'unités récepteurs en comparaison avec la palme de la main. Selon ce même auteur, la rugosité perceptible par le doigt humain est comprise entre 200 et 100 micromètres (0,2 à 0,1 mm). KATZ (1989), ajoute que sur une échelle de moins de 100 micromètres, l'être humain n'est pas en mesure de distinguer les variations de la rugosité de surface ni de percevoir les macrotextures. Au dessus de 100 micromètres il est nécessaire d'utiliser le toucher tangentielle, c'est-à-dire une interaction dynamique et longitudinale sur la surface. Selon KATZ, le toucher orthogonal est considéré comme moins efficace pour la perception de la rugosité. Cependant, les expériences de HUGHES (2006) révèlent que lorsque les textures sont explorées avec la pulpe des doigts, les jugements de rugosité sont presque équivalents lorsque la surface est déplacée contre la peau statique (toucher orthogonal - TO) ou quand elle est activement explorée (toucher tangentiel - TT ou dynamique). Globalement, la relation perceptive du toucher des textures et matériaux à travers les doigts est considérée comme un moyen fondamental de communication entre l'utilisateur et le produit.

³ Relative à la sensibilité générale (cutanée, interne, posturale), excluant les perceptions fournies par les organes sensoriels (ROBERT, 2005).

KLATZKY & LEDERMAN, (1993) expliquent que la perception de la forme peut se détériorer si un seul doigt est utilisé, mais ce n'est pas le cas de la texture. En utilisant cette règle, KUNZLER (2003) a développé une recherche concernant la relation des variables techniques de rugosité, de dureté et de conductivité thermique (sur des échantillons de matériaux différents) avec les capacités perceptives des individus. Les méthodes d'expérimentation de KUNZLER n'ont été appliquées que pour le sens du toucher (test à l'aveugle). Ces expérimentations ont démontré qu'une perception correcte de l'intensité de la rugosité se produit dans les groupes d'échantillons possédant une plus grande variation de la rugosité moyenne arithmétique "Ra". Les échantillons possédant une rugosité plus intense (Ra entre 20 et 30 μm) correspondent également à des perceptions réussies. La perception de la conductivité thermique et la dureté (KUNZLER, 2003) est réduite lorsque les échantillons appartiennent à la même classe de matériaux. En particulier, la perception tactile de la dureté de métaux ou des céramiques, devient impraticable.

KERCKHOVE (1997), décrit les extensions neurologiques et psychologiques relatives à la perception tactile. Selon cet auteur, grâce au support 3D rendu commun par l'informatique, il est possible de transférer la plupart du processus cognitif de la vision vers le toucher. Normalement, les personnes pensent les trois dimensions comme visuelles, mais la sensation dominante en 3D est tactile. Le toucher n'est non seulement pas la base de la réalité, mais aussi une de celle de la compréhension. KERCKHOVE propose même l'hypothèse selon laquelle le toucher serait le plus important outil cognitif.

En complément, les recherches de LAWSON et BRACKEN (2011) portant sur l'interaction haptique testée avec des utilisateurs aveugles montrent que leurs capacités à reconnaître des objets 3D par le toucher sont en réalité beaucoup plus rapides que dans les cas des représentations graphiques en braille. Les utilisateurs aveugles utilisent environ 2 à 4 secondes pour les objets 3D et environ 1 minute pour reconnaître un dessin en braille. La marge d'erreur est également réduite de 50% à 5% avec des objets 3D. Selon ces auteurs, il est évident que la fourniture d'informations supplémentaires entraîne simultanément une identification quasi instantanée de l'objet, grâce à la découverte de textures, de températures, du poids et de la forme de l'objet. En renforçant ce concept, KUNZLER (2003) explique que les interprétations distinctes du toucher sont basées sur la combinaison entre différentes rugosités, duretés et conductivités thermiques du matériau appliquées sur le produit. Dans ce sens, nous pouvons renforcer l'hypothèse selon laquelle les textures des matériaux appliqués aux formes tridimensionnelles des objets réels contribuent de manière significative à la vitesse du processus de perception.

1.2 Sémantique et Sémiotique

Nous recourons au dictionnaire pour connaître le sens des mots. Cependant, le dictionnaire ne nous informe pas toujours sur les sens dérivés dans des métaphores ou lorsque nous sommes en face de néologismes et de l'argot par exemple. Ainsi, la sémantique est définie comme le vaste univers des significations habituelles et limité aux significations possibles, en fonction de relations associatives (ECO, 1984). Selon PINKER (2008), la sémantique traite de la relation entre les mots et les pensées, mais aussi la relation des mots à la réalité. Il s'agit d'un engagement à une compréhension commune de la vérité.

PINKER (2008) souligne également que la sémiologie est la relation entre les mots et les émotions. Cela signifie que certains mots indiquent non seulement les choses, mais aussi des sentiments. Nous nous intéressons donc entre la sémantique et sémiotique. Les interprétations cognitives rencontrées dans la plupart de produits sont basées sur la conceptualisation sémiotique des objets. La sémiotique et la science cognitive sont les sciences qui étudient les représentations visuelles et mentales (SANTAELLA, 2010). La figure 4 ci-dessous précise l'influence de la sémiotique pour définir des produits, basés sur des définitions de SANTAELLA (2010) et PINKER (2008).

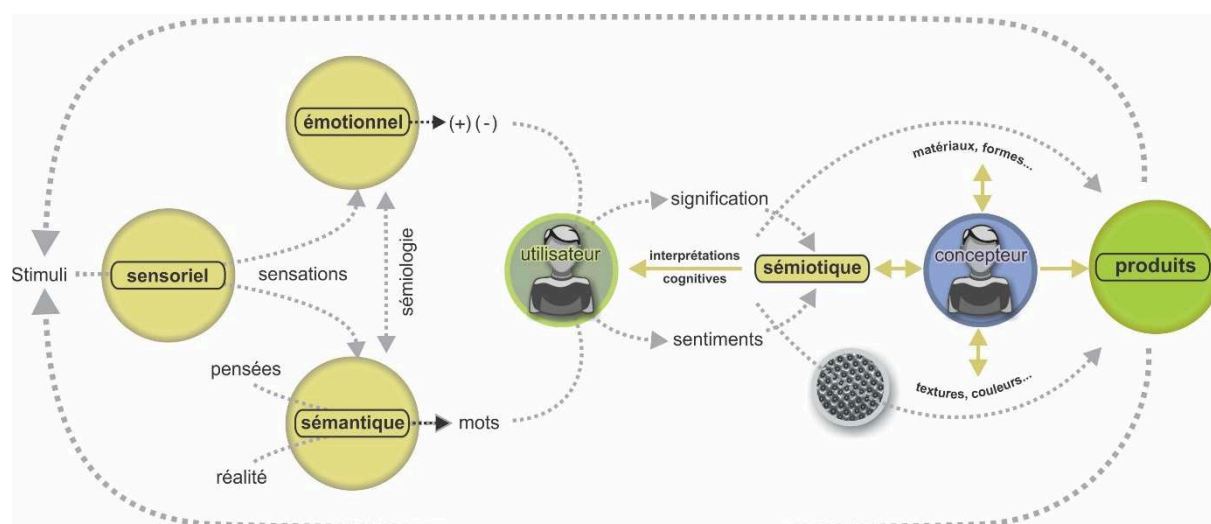


Figure 4 : Interaction sémiotique vers le produit basée sur PINKER (2008) et SANTAELLA (2010).

Les indicateurs qui établissent l'harmonie entre matériaux, textures, couleurs et formes, sont renseignés par le concepteur lorsque l'utilisateur révèle les sentiments et les

significations des termes attribués au produit. Ces valeurs subjectives (sentiments et significations) sont caractérisées par l'utilisateur dans la conceptualisation sémiotique des objets lors de l'interaction avec le produit (*voir Figure 4*). Cette réponse de l'utilisateur est guidée par ses interprétations cognitives. Cependant, la difficulté pour le concepteur est de comprendre la mise en relation entre les éléments visuo-tactiles du produit et les interprétations cognitives de l'utilisateur qui correspondent à des valences émotionnelles positives.

Selon DAMASIO (2001), les émotions ne sont pas des actes rationnels. Elles ne sont donc pas induites par la connaissance immédiate. Les émotions génèrent des sentiments, des actes rationnels, et ceux-ci sont utilisés pour l'apprentissage, en augmentent la probabilité que des situations similaires puissent être anticipées. Par conséquent, les émotions initient le processus d'apprentissage, qui motivera à la suite la construction de la base cognitive (NORMAN, 2008). Alors que la cognition⁴ sert à comprendre les choses, le sentiment sert au jugement. On peut donc dire que cette interdépendance entre cognition et émotion influe sur les décisions relatives aux choix des matériaux, de leurs caractéristiques de forme, de finition, de texture et de couleur. Ces critères sont les principaux critères du Design Emotionnel. L'approche du design émotionnel est de plus en plus utilisée pour concevoir de nouveaux produits. Les matériaux constituent l'interface perceptive avec l'utilisateur. Ils sont en effet capables de transmettre une partie de la personnalité des objets à travers des caractéristiques plus ou moins tangibles. Selon CARLSON (1997), l'expérience cognitive correspond au flux d'information perçu par les humains durant un processus conscient. En sémiotique, la sémantique est la compréhension qui rend compte de la signification de tout signe ou de toute composition. Le domaine sémantique concerne n'importe quel type de signe, et pas seulement les mots écrits ou parlés. Il fournit également une compréhension des sons, des images ainsi que de toute information qui nous vient par les sens ou la préparation mentale. Concernant la sémiotique, COURONNE (2007) indique que l'image d'un objet est à la fois une projection de la réalité et une réalité en soit.

Dans le contexte de surfaces rugueuses, la manifestation de DONDERO (2010) signale qu'il n'y a pas d'appréhension globale qui transformerait des éléments isolés en des formes. Cette interprétation globale ne peut avoir lieu que si la texture est relativement homogène.

DISCHINGER, COLLET et KINDLEIN (2006) affirment que les produits qui possédant des textures tactiles sont émotionnellement capables de générer une relation durable avec

⁴ Cognition c'est-à-dire l'acte de connaître, du Latin « *cognitio* » [ROBERT, 2005].

l'utilisateur. C'est-à-dire que l'enrichissement de l'expérience sensoriel de l'utilisateur sur le produit texturé permettre d'augmenter le temps d'intérêt sur lui en évitant de l'abandonner de façon prématurée. Dans ce sens, un principe important de la méthode « d'eco-conception » ou « d'ecodesign⁵» est envisagé en cherchant l'extension de vie du produit.

Ainsi, l'aspect fonctionnel n'est plus l'unique critère exigé. Les facteurs humains, émotionnels et surtout perceptifs de chaque utilisateur sont aussi à considérer. Ceci est à mettre en relation avec les bases théoriques de la Gestalt⁶, qui représentent l'interface entre le monde physique et mental. VILLAFANE et MINGUEZ, (2002) définissent la *Gestalt* comme une configuration non-aléatoire des stimuli qui se manifestent dans l'acte de reconnaissance de la structure de l'objet. GOMES FILHO (2004) présume que l'organisation formelle de l'objet, dans le sens psychologique, tendra à être toujours la meilleure possible du point de vue structurel quand elle est reconnue comme de bonne conception⁷.

GARCIA-ROZA, (1972) fait une discussion sur la « théorie du champ de Kurt Lewin ». La théorie de Lewin présente une approche s'en basant sur la *Gestalt* et est appelé aussi comme « théorie de la motivation ». Le concept de champ est défini comme « l'environnement psychologique total dont une personne a l'expérience subjective ». Cette théorie donne accent sur la perception individuelle et est considérée une théorie phénoménologique. C'est-à-dire que la perception que l'individu a de la réalité est plus important que la réalité pour comprendre le comportement de l'individu.

En complément, la sémiotique des objets permet d'évaluer leur signification en fonction des formes et textures. Il est d'ailleurs impossible de séparer la forme (*Gestalt*) du contenu (sémiotique). En effet il n'existe ni formes pures sans signification, ni contenus sans formes. FALLER (2009) souligne que le matériau sans l'adjonction de la forme limite la capacité à générer des émotions et à stimuler les sensations.

⁵ L'*Ecodesign* est un modèle de conception basé sur des critères écologiques (MANZINI, 2002, p.17)

⁶ En synthèse c'est la mise en relation par l'expression des émotions

⁷ GOMES FILHO (2004) définit la Conception comme la Loi Basique de la perception visuelle de la *Gestalt* où « Quelque standard de stimulation tend à être vu de telle sorte que la structure résultante est aussi simple que les conditions la définissent »

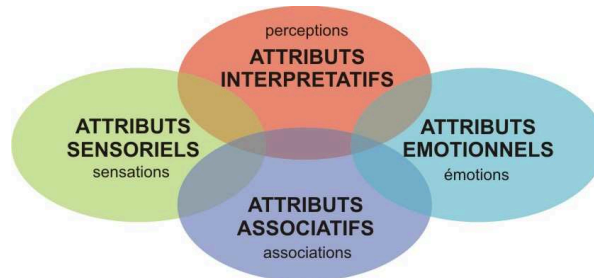
1.2.1 Descripteurs Sémantiques

Ce chapitre traite des descripteurs sémantiques. Ces descripteurs relevant principalement de la sémantique et de la sémiotique (discuté dans le chapitre précédent).

La perception appliquée aux objets se base sur les attributs sollicités qui permettent de les regrouper et les comparer. Ces attributs sémantiques, liés aux facteurs émotionnels⁸, sociaux et esthétiques, se traduisent sous forme de descripteurs verbaux⁹. Ces descripteurs sont également appelés comme « Mots Kansei » et peuvent être représentés non seulement par les adjectifs sémantiques, mais toute la classe des informations mises en œuvre par les concepteurs, en haute, moyen ou bas niveau d'abstraction (BOUCHARD *et al.* 2009).

On peut citer, par exemple, le classement de l'attribut « intensité » en le remettant aux descripteurs « simple-complexe », « brut-délicat », etc.

FALLER (2009), a proposé une liste d'attributs verbaux qui caractérisent et décrivent les matériaux. Il les classe en groupes appelés « attributs sensoriels, attributs associatifs, attributs interprétatifs et attributs émotionnels » (*voir Figure 5*). Nous avons identifié que les « attributs interprétatifs » sont, dans ce cas, caractérisés comme descripteurs sémantiques.



*Figure 5 : Groupe des attributs.
Source : Adapté de Faller (2009)*



Cet auteur a appliqué un sondage auprès de 115 personnes dans le but d'identifier les meilleurs attributs verbaux associés aux produits. Le questionnaire a demandé aux participants à expliciter librement les 5 descripteurs les plus importants relatifs à la perception/interprétation d'utilisateur dans l'analyse d'un produit quelconque. Parmi les

⁸ Les facteurs émotionnels lient les conditions sentimentales d'ordre moral ou intellectuel de l'individu.

⁹ Les descripteurs verbaux sont des mots ou expressions utilisés pour représenter, sans ambiguïté, un concept déterminé, bien souvent liés, ici, aux adjectifs relatifs aux stimulations sensorielles.

« attributs interprétatifs » les plus cités, se démarquent les descripteurs « beau », « fonctionnel », « durable » et « pratique ».

KUNZLER (2003) mentionne dans ses recherches huit descripteurs pertinents relatifs au toucher. Ces descripteurs présentés par ordre d'importance sont la texture, la dureté, la température, la forme, la matière, le poids, l'ergonomie et l'utilité. Par ailleurs, VAN GORP (2012) a mis en évidence une sélection de 12 paires de mots (bipolaires), classées par facteurs dominants (stimulus intense) ou mineurs (stimulus faible) et qui réfèrent aux interactions visuelles et tactiles des produits (*voir Tableau 1*).

		Caractéristiques	
		Dominants	Mineurs
Sens	Visuel 	Anguler	Courbe
		Droit	Ronde
		Monter	Descendre
		Au-dessus	Au-dessous
		Grand	Petit
		Lourd	Léger
		Robuste	Délicat
		En mouvement	Au repos
		Argenté	Doré
		Froid	Chaud
	Tactile 	Rugueux	Lisse
		Dur	doux

*Tableau 1 : Attributs dominant et mineurs des produits.
Source : VAN GORP (2012).*

Un produit ayant un trait de personnalité dominant va générer une réponse émotionnelle hautement stimulante caractérisée par des éléments visuels tels que des formes angulaires et droites, lourdes et robustes. A l'inverse, un produit avec un trait de personnalité mineur va générer une faible stimulation caractérisée par des éléments de formes courbés et ronds, avec une apparence délicate et légère (*voir Figure 6*).



Dominant



Mineur

Figure 6 : Véhicule de personnalité dominante et véhicule de personnalité mineure.

De la même façon, ASHBY et JOHNSON (2002) présentent une liste de 21 attributs de matériaux liés aux sens visuel, tactile et auditif (voir tableau 2).




Sens	Attributs - EN	Attributs - FR
Visuel 	<i>optically clear</i>	qualité visuelle
	<i>transparent</i>	transparent
	<i>translucent</i>	translucide
	<i>opaque</i>	opaque
	<i>reflective</i>	réfléchissant
	<i>glossy</i>	brillant
	<i>matte</i>	mat
	<i>textured</i>	texturé
Tactile 	<i>warm</i>	chaud
	<i>cold</i>	froid
	<i>soft</i>	doux
	<i>hard</i>	dur
	<i>flexible</i>	flexible
	<i>stiff</i>	rigide
Auditive 	<i>muffled</i>	étouffé
	<i>dull</i>	ennuyeux
	<i>sharp</i>	pointu
	<i>resonant</i>	résonnant
	<i>ringing</i>	retentissant
	<i>low pitched</i>	grave
	<i>high pitched</i>	aiguë

Tableau 2 : Attributs des matériaux pour le sens visuel, tactile et auditif.
Source : Adapté de ASHBY and JOHNSON (2002).

Les attributs sensoriels ont trait à la perception de la matière. Cette dernière dépend aussi de propriétés techniques telles qu'elles mentionnés dans la base de données du logiciel « CES Edu 2009 ® » (Cambridge Engineering Selector).

Les propriétés techniques les plus mises en avant par KUNZLER (2003) sont les propriétés de dureté et de conductivité thermique. Le graphique suivant (voir Figure 7) illustre cette relation sensorielle entre la température (conductivité thermique) et la dureté, sur une échelle de zéro à 10, mettant en comparaison des classes de matériaux très éloignées (métaux, céramiques, polymères et naturel). Les limites de la perception humaine ne sont pas considérés sur ce diagramme (i.e. dureté entre les différents métaux ou même conductivité thermique entre différents polymères) et ce schéma est basé sur les références techniques de chaque matériau (CES Edu, 2009 ®).

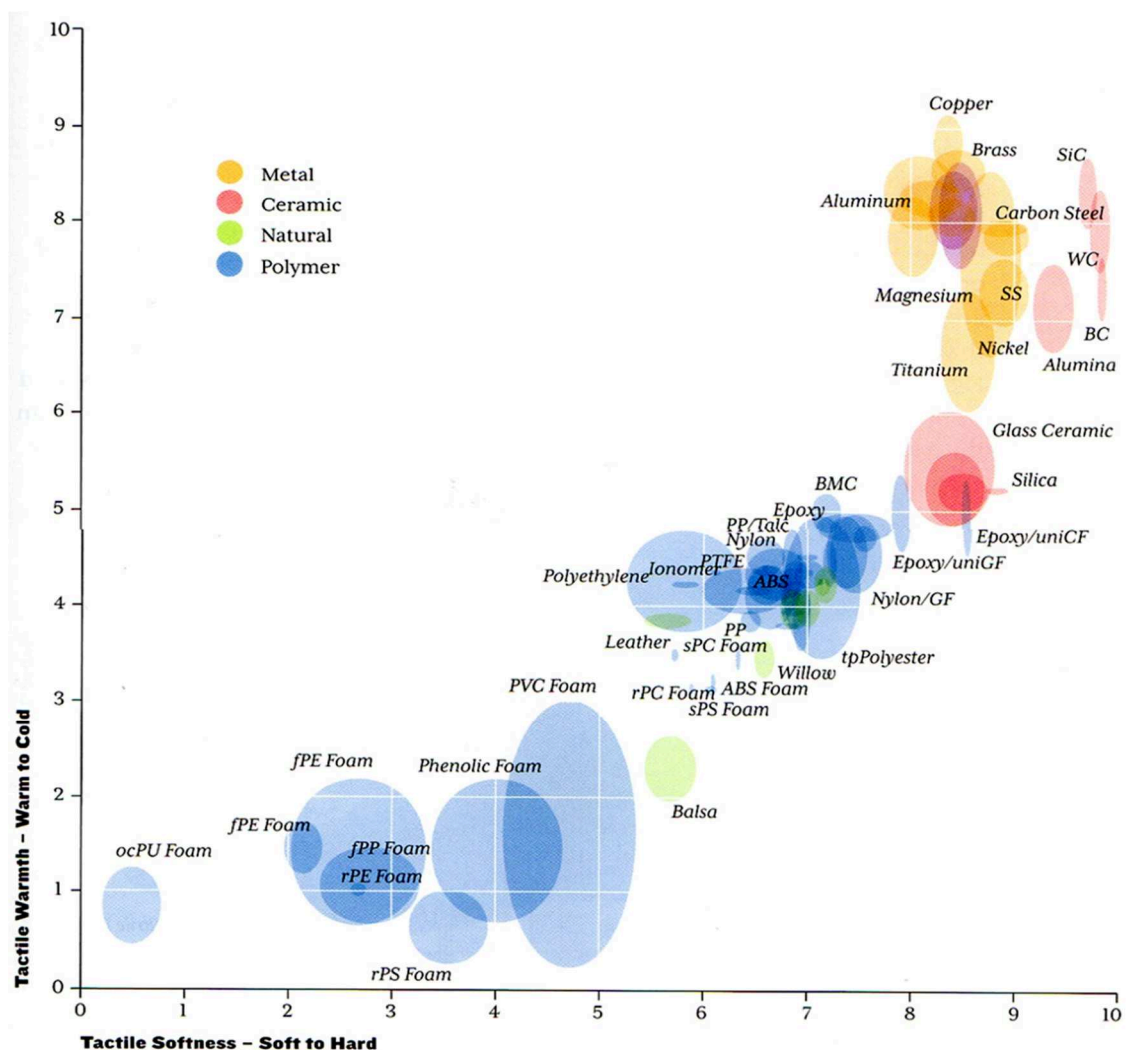


Figure 7 : Graphique CES des attributs tactiles des matériaux.
Source : ASHBY and JOHNSON (2002).

1.3 L'Etude des Emotions

DESMET (2001) distingue trois types d'émotions, liés à trois types d'intérêt : opérationnelles, normatives et appréciatives. La première réfère aux objectifs désirés des produits (utilitaires, sociaux, affectifs et cognitifs) et peuvent être jugés comme désirables ou non. La deuxième nous conduit aux règles et standards qui nous amènent à penser ce qui est agréable ou non. La dernière remet à l'appréciation personnelle (j'aime, je n'aime pas). NORMAN (2008) classe aussi les émotions en 3 niveaux : le niveau viscéral, le niveau comportemental qui inclue les processus cérébraux qui contrôlent le comportement, et le niveau réflexif qui concerne la partie contemplative du cerveau. Selon SAINT-AIME et al (2008), une émotion est l'expression de l'état interne d'une personne. Elle peut être décrite selon des critères physiologiques (φ) ou psychologiques (ψ) (RIEUF, 2013). Par exemple, la réponse physiologique pour le sentiment de peur ou panique est caractérisée par une accélération cardiaque d'une durée plus longue. Compte-tenu du modèle de réflexe cardiaque de GRAHAM & CLIFTON (1966), une forte surprise peut accélérer la fréquence cardiaque avec des pics sur un intervalle court de 1 à 3 secondes. De plus, pour une plus longue durée d'accélération cardiaque (3 à 6 secondes) nous identifions des réflexes défensifs en réaction aux stimuli. L'indice de l'accélération cardiaque est défini par la différence entre la vitesse maximale dans les 5 secondes qui suivent le stimulus, et la vitesse moyenne dans les 12 secondes précédant le stimulus (BERG et BEEBE-CENTER, 1941).

Selon « American Heart Association » (AHA, 2015), la variabilité de fréquence cardiaque au repos d'un adulte en bonne santé est de 60-100bpm. L'état d'esprit et l'état physiologique individuelle du corps peut provoquer cette variance.

Selon la théorie de CANNON (1927) et BARD (1928), lorsque l'individu est confronté à un événement qui l'affecte d'une certaine façon, l'influx nerveux arrive en premier au thalamus¹⁰ et à partir de là, le message est divisé. Une partie de ce message va se diriger vers le cortex cérébral, entraînant des émotions primaires et secondaires et l'autre partie va vers l'hypothalamus, provoquant des changements physiologiques ou « symptômes ». Ainsi, les changements physiologiques ne sont pas conçus comme une cause mais comme une conséquence de l'émotion. SCHERER (2001) définit l'émotion comme un ensemble de variations épisodiques dans plusieurs composantes de l'organisme en réponse à des

¹⁰ Le thalamus constitue un relais pour les voies sensitives et un « centre de réactivité affective » situé dans le cerveau (PIERON, 1953).

événements évalués comme importants pour l'organisme. Selon cette définition, l'émotion est constituée de cinq composantes : l'évaluation cognitive, les changements psychophysiologiques, l'expression motrice, les tendances à l'action et le sentiment subjectif. ZAJONC (2000) considère que les émotions sont souvent inconscientes, car elles sont causées par des événements inconscients.

Certaines émotions durent plus longtemps que d'autres. Selon VERDUYN et LAVRIJSEN (2015) les émotions de plus courte durée sont généralement provoquées par des événements d'importance relativement faible. D'autre part, les émotions durables ont tendance à représenter quelque chose de très important. Ces auteurs classent les émotions en fonction de leur durée, basée sur une enquête demandée à 233 étudiants de se rappeler des épisodes émotionnels récentes (voir Figure 8). Par exemple, la tristesse dure 240 fois plus longtemps que le dégoût, dans la moyenne.

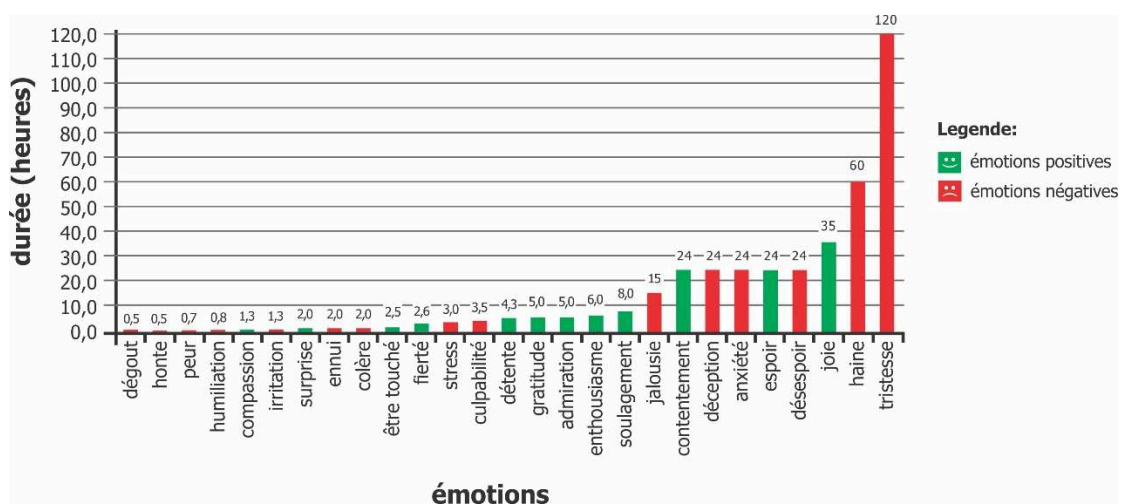


Figure 8 : Durée des émotions
Source : Adapté de VERDUYN et LAVRIJSEN (2015).

Dans cette thèse nous nous intéressons aux émotions dérivés de l'interaction utilisateur avec les produits industriels. DESMET (2002) met relation le design avec les émotions. Il souligne l'importance de comprendre, connaître et étudier les réactions émotionnelles suscitées par des objets.

Selon MANU (1995), l'usager cherche généralement des objets qui puissent combler ses nécessités fonctionnelles tout comme celles d'ordre émotionnel. En conception, les émotions ne doivent pas être vues comme une conséquence, mais plutôt comme un aspect que le designer doit constamment chercher en amont du projet. En complément, NORMAN (2002) indique qu'un bon concept est un concept qui présente un certain équilibre entre

l'esthétique et la fonctionnalité de manière à susciter les émotions des utilisateurs. Dans cette thèse, nous recherchons cet équilibre en appliquant les théories du Design Emotionnel sur les macrotextures tactiles de différents produits.

Selon G HO et SIU (2009), le terme Design Emotionnel (*Emotional Design*) serait le plus utilisé par les chercheurs universitaires, plus que les expressions « Emotion Design », « Affective Design », entre autres.

1.3.1 Design Emotionnel

KRIPPENDORFF (2000) s'appuie sur le concept de design émotionnel. Selon lui la conception de produits qui sont purement fonctionnels, constitue un paradigme dépassé. Actuellement, le design centré sur le produit et ses aspects objectifs a été remplacé par une conception centrée et dirigée vers l'homme.

Cet auteur souligne que toute action est liée à des pratiques sociales, des symboles et des préférences. Les utilisateurs ne réagissent donc pas aux qualités physiques des choses, mais à ce qu'elles signifient pour eux. Dans son livre « Design émotionnel » WALTER (2012) décrit un modèle des besoins humains, représenté par la Pyramide hiérarchique des Besoin de Maslow (voir Figure 9).

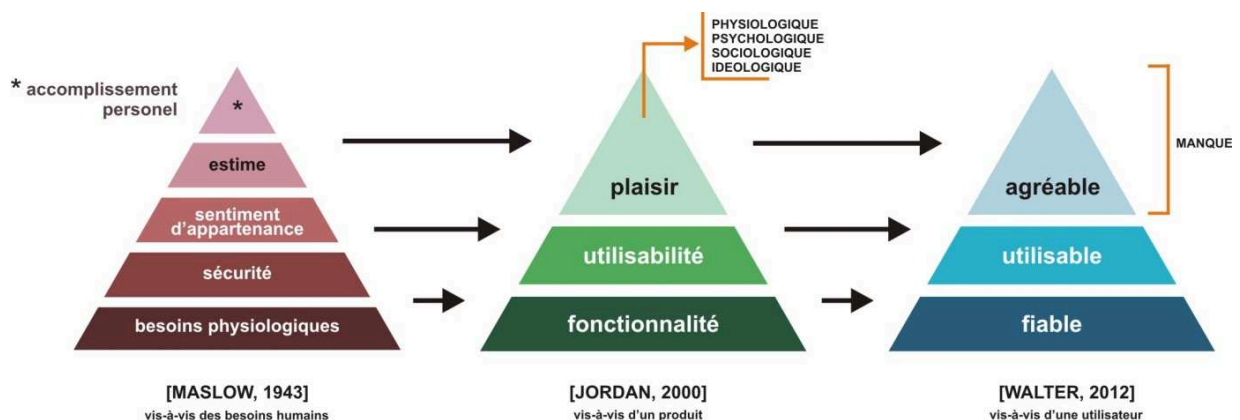


Figure 9 : Transposition de la pyramide hiérarchique des Besoin de Maslow dans le contexte de conception centrée utilisateur.

Les trois niveaux les plus élémentaires de cette pyramide se concentrent essentiellement sur le sentiment de satisfaction prioritaire à travers les interactions humaines (besoin physiologique, sécurité et sentiment d'appartenance). C'est le niveau supérieur de ce

modèle qui complète l'individu à travers «l'estime» et «l'accomplissement personnel». JORDAN (2000) et WALTER (2012) ont ré-interprété cette pyramide vis-à-vis des besoins du consommateur ou de l'utilisateur. Ils redéfinissent les niveaux équivalents de chaque pyramide avec beaucoup de similarité (fonctionnalité / fiable ; utilisabilité / utilisable ; plaisir / agréable). L'accès au niveau de satisfaction maximal (plaisir / agréable) est aujourd'hui un fait rare dans la société. Ce sujet d'études commence à se développer [WALTER, 2012].

L'objectif d'atteindre le sommet de cette pyramide peut être accompli par la contribution thématique du design émotionnel orienté vers la satisfaction de l'utilisateur. Des auteurs comme DESMET (2010), NORMAN (2008), KARANA et al (2006), DAMAZIO (2008), et NAGAMACHI (2010), entre autres, proposent des discussions constructives sur les interactions émotionnelles des utilisateurs avec des formes et des matériaux qui seront à leur tour associés à divers produits de notre vie quotidienne.

Selon les réflexions de ces auteurs, il est évident que l'objectif principal est non seulement de promouvoir une plus grande acceptation du produit acheté par le consommateur, mais aussi d'assurer l'expansion de la durée de vie utile du produit par des gains de valeur affective (analyse de la valeur). En d'autres termes, il s'agit de favoriser une acceptation durable du produit avec son propriétaire, en prenant également en compte la notion de bien-être.

Cependant il faut considérer que certaines variables importantes, ont une influence sur des valeurs subjectives intangibles. Parmi les variables subjectives qui sont techniquement complexe à quantifier, il est possible de mettre en évidence les valeurs culturelles et sociales, l'état d'esprit, l'équilibre émotionnel, l'humeur, etc. (KEMP, 1998 ; DESMET, 2001 ; NIEMEYER et SPOSEL, 2006 ; TZVETANOVA et al, 2006 ; NORMAN, 2008). Ces variables vont agir sur les sensations de l'utilisateur à différents niveaux, en conduisant parfois à des interprétations opposées (positive ou négative) de désirs, de plaisirs, de satisfactions, etc. DESMET (2001), explique que les émotions sont essentiellement personnelles. En effet, différentes personnes peuvent ressentir des émotions différentes concernant le même produit. LUDDEN et al. (2004) confirment que pour ajouter de la valeur émotionnelle au produit, il faut générer un état de surprise des utilisateurs qui interagissent avec l'objet. Ce type d'émotion captive l'attention de l'utilisateur avec le produit et peut évoquer de nouveaux types d'apprentissages relatifs au produit.

Dans le contexte de l'interaction produit-utilisateur, NORMAN (2008) renforce l'idée que souvent la surprise transforme l'état d'esprit de l'utilisateur du produit. Des émotions positives rendent le produit plus attrayant.

FALLER (2009) propose un modèle descriptif des émotions qui démontre et relie les variables de l'interaction. Selon lui, dans un environnement d'interaction émotionnelle, il est nécessaire d'associer des objets matériels dotés d'une forte personnalité.

En complément de la théorie de FALLER (2009), WALTER (2012) souligne que le principe de Design émotionnel est soutenu quand il parle de la personnalité du produit. Walter explique que les bons exemples sont mémorisés comme souvenirs pour les utilisateurs, se transformant en référence future pour leur mémoire émotionnelle. Un exemple fréquemment utilisé pour symboliser cette relation émotionnelle d'utilisateur est le presse-agrume créé par Philippe Starck. Ces souvenirs génèrent des lignes directrices de ce qui est agréable ou non.

L'expérience utilisateur est décrite dans les modèles de HASSENZAHN (2003). Cet auteur complète la notion de fonctionnalité présente dans l'expérience avec d'autres dimensions telles que la réponse émotionnelle induite par la perception du produit.

À propos d'une mise en relation subjective, CONRAN (2005), souligne les concepts de KESTEREN et KARANA, qui préconisent l'utilisation de matières plastiques comme un moyen technologique pour transférer des émotions ou sensations, alliant la fonctionnalité et l'apparence.

L'approche de design émotionnel est représentée dans la Figure 10 par G HO et SIU (2009). Cette figure illustre de façon simplifiée l'interaction entre 3 niveaux des émotions de NORMAN (2002). Ces auteurs montrent comment les réponses émotionnelles du consommateur se réalisent à partir de la réception des stimuli produit.

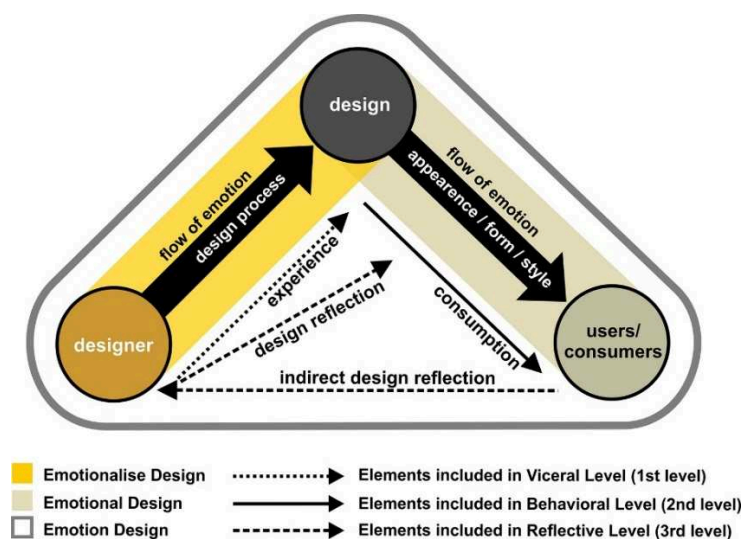


Figure 10 : Modèle cyclique de l'interaction des phases de NORMAN (2002).
Source : G HO et SIU (2009).

La première phase de conception caractérise le premier niveau (*Designers ► Design*) soit le niveau viscéral. A ce niveau maîtrisent les définitions des aspects physiques du produit à travers l'expérience du concepteur. La deuxième phase caractérise le passage à l'acte d'usage (*Design ► Users/Consumers*) pour lequel les émotions sont liées au comportement de l'utilisateur. Ce 2ème niveau est donc appelé « design comportemental » où l'importance est donnée à la fonction, à l'ergonomie et à la performance. La troisième phase appelée « design réflexif » correspond à un troisième niveau de jugement global du produit (mémoire rétrospective). Selon NORMAN (2002) ce niveau est influencé par la connaissance, l'apprentissage et la culture de l'individu en soulignant l'image personnelle, la satisfaction et les souvenirs. Le schéma présenté figure 10 montre ainsi un troisième niveau de jugement de l'utilisateur. L'information interprétative du produit se transforme en retour d'expérience du concepteur (*Users/Consumers ► Designer*) de façon directe ou indirecte. Ce retour d'expérience peut être utilisé pour des améliorations et des innovations produit.

Après l'analyse théorique du design émotionnel, nous avons identifié les outils plus reconnus dans ce contexte pour évaluer et quantifier les émotions liés aux produits. Parmi ces outils, nous soulignons les échelles des émotions dans le chapitre suivant.

1.3.2 Les échelles d'émotions

La discussion sur l'échelle des émotions apparaît à la fin de 1940, par René DESCARTES (1649). Il classe les émotions primaires en six : "l'admiration, l'amour, la haine, le désir, la joie et la tristesse". Celles-ci sont susceptibles de nouvelles compositions, en train de former d'autres émotions secondaires.

A la suite, c'est OSGOOD (1957) qui a créé l'échelle sémantique différentielle, basée dans l'utilisation des adjectives bipolaires pour mesurer la signification connotatif des objets culturels. Cette échelle se transforme dans un modèle de protocole classique, pour évaluer la perception des marques, des produits ou des entreprises dans le métier marketing. Cette échelle porte 7 niveaux et permet un traitement par analyse factorielle.

Encore plus tard l'échelle de Likert a restitué un modèle similaire pour quantifier les attitudes par rapport les degrés d'accord des individus à partir de questionnaires psychologiques sur dimensions à 5 ou 7 niveaux (ALEXANDRE, 1971).

La bipolarité de l'échelle d'OSGOOD (1957), semble d'être une méthode plus pertinente à appliquer sur l'évaluation de descripteurs sensoriels, sémantiques et émotionnels par rapport les matériaux et textures dans le cadre de cette thèse.

Beaucoup plus tard PLUTCHIK (1991) a présenté la “Roue des émotions de Plutchik” (voir Figure 11A), comprenant un modèle théorique des émotions à travers d'une échelle circulaire 3D et aussi 2D de 8 émotions de base (cercle au centre avec les émotions plus intenses) et leurs relations et combinaisons avec couleurs correspondant aux niveaux émotionnel (moins intense vers les extrémités). Les émotions primaires sont difficilement modélisables et reproductibles sur un produit industriel, car plusieurs variables indépendantes les influencent.

Après, SCHERER (2005) propose la “Geneva Emotion Wheel - GEW”, un utile de mesure avec 20 classifications des émotions, 40 références sémantiques et 5 niveaux d'intensité. Visuellement ce modèle est plus cognitive pour appliquer directement au publique (voir Figure 11B).

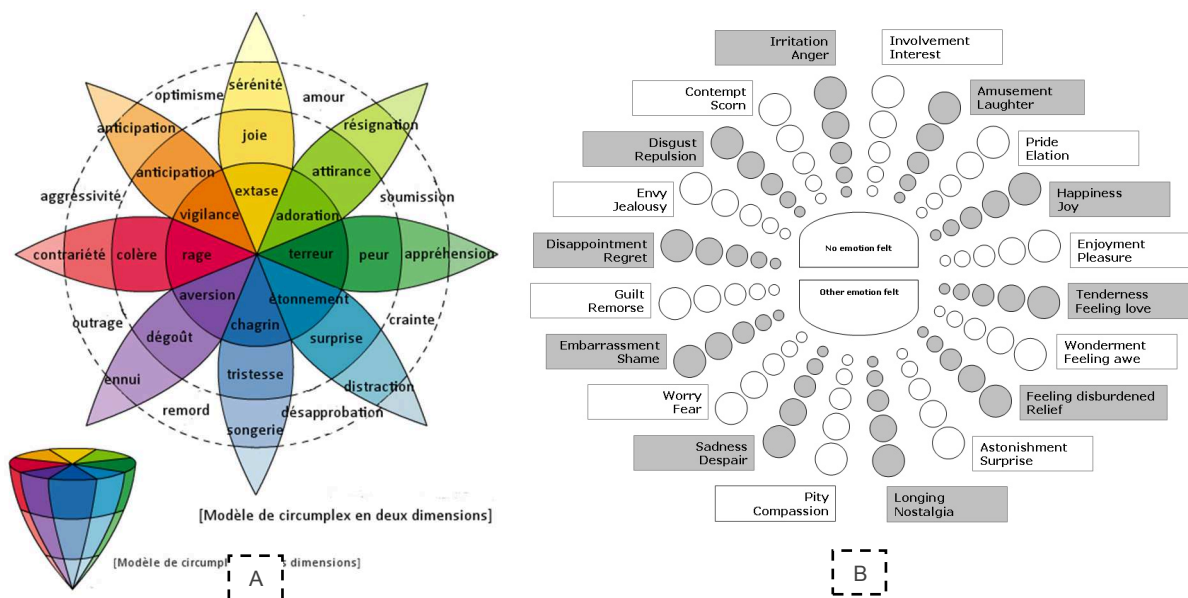


Figure 11 : A) Echelle des émotions de Plutchik (PLUTCHIK, 1991).
B) Geneva Emotion Wheel - GEW (SCHERER, 2005).

Nous pouvons trouver encore sur la recherche de Desmet, depuis 2002, des études dans l'application de « Emocards », cartoons expressifs, comme outil de mesure émotionnel. Il a proposé une échelle bipolaire avec 8 émotions de base (DESMET *et al*, 2012) comme dans la Figure 12A. Plus tard il a proposé aussi un autre outil avec une échelle de 12 émotions pour la mesure émotionnelle, appelé « PrEmo » avec des cartoons animés.

En profitant ce concept, SNYDER, PERILLI, SEEHOUSE et SPECTOR (2012), ont développé une adaptation bien expressive de la rue des émotions de Plutchik (voir Figure 12B). Ils proposent un concept de l'autorégulation émotionnelle, qui a pour but d'être capable de bien réguler ses émotions, en comprenant les états de sentiment intérieur (c'est-à-dire : l'expérience subjective de l'émotion), les cognitions liées à l'émotion (comme les réactions de pensée à une situation), les processus physiologiques liés à l'émotion (par exemple la fréquence cardiaque) et le comportement liés à des émotions (soit des actions ou des expressions faciales liées à l'émotion).

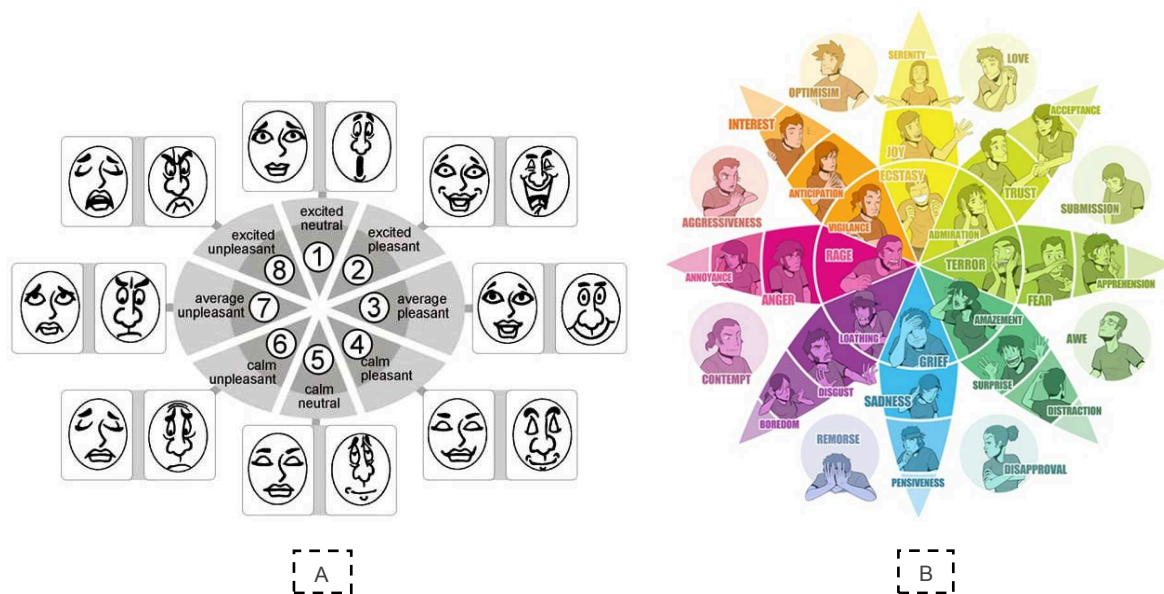


Figure 12 : A) Echelle des émotions (DESMET et al, 2012).
 B) Adaptation caricaturé de SNYDER, PERILLI, SEEHOUSE et SPECTOR (2012)
 Source : (www.copypress.com)

Tous ces outils de mesure d'émotions ont été considérés en les adaptant à nos besoins à travers de l'organisation structurelle de nos protocoles expérimentaux sur la deuxième partie de cette thèse. En complément de la thématique du design émotionnel et ces outils de mesure, la définition de l'ingénierie Kansei apport un point de vue sur la prise en compte des émotions en ingénierie de conception.

1.3.3 Ingénierie Kansei

L'ingénierie Kansei est un terme japonais qui décrit un sentiment ou l'image d'un produit qui génère par ses attributs sensoriels des réponses subjectives (SCHÜTTE, 2005). YANG, NAGAMASHI et LEE (1998), indiquent que l'expression « *Kansei Engineering* » s'applique au développement de produits pour la satisfaction du client basée sur une technologie centrée vers le consommateur. Selon NAGAMASHI (2010), le Kansei est "l'action mentale intuitive de la personne qui ressent une certaine impression à partir d'un stimulus externe". Ainsi le Kansei réfère à l'état d'esprit et à la connaissance en harmonie avec l'émotion et la passion. Selon BOUCHARD et al. (2003), l'Ingénierie Kansei, parfois aussi appelée Design Emotionnel ou Ingénierie Sensorielle, vise à traduire les sentiments issue de facteurs psychologiques sur la perception des consommateurs du produit. La plupart des études en Ingénierie Kansei porte plus sur les phases de génération que celles d'évaluation. Dans le domaine de l'ingénierie Kansei, il existe très peu de références (sur les principales sources de publications scientifiques comme Science Direct entre autres) centrées sur l'évaluation de textures physiques, comprenant les macrotextures tactiles appliquées à des produits industriels. Les exemples de NAGAMASHI (2010) traités dans le secteur automobile sont prioritairement liés à la relation de confort général, et d'ergonomie associés à l'intérieur des véhicules. Dans ces études, ce sont plutôt la forme et la couleur, qui sont mises en avant, et non pas la macrotexture.

CHOI et JUN (2006) abordent l'étude de la perception tactile en ce qui concerne la rugosité de surface de produits en polymères. La méthode Kansei a été structurée à partir d'un ensemble de 37 paires de descripteurs sémantiques antonymes et d'échantillons produit classés sur une échelle de rugosité en 4 niveaux allant de très doux à rugueuse. Les résultats des corrélations sémantiques définies par CHOI et JUN sont basés sur la moyenne des préférences du panel de répondants avec un traitement de données utilisant l'analyse factorielle pour réduire les dimensions en 6 clusters. Une projection graphique à deux dimensions a été réalisée grâce à l'Analyse en Composantes Principales.

Un modèle conceptuel du processus de l'expérience utilisateur a été développé par GARRETT (2002) dans le contexte de l'usabilité des outils web et des systèmes d'information. Grâce à une matrice de mise en relation, il assemble les composants de base de l'interaction du niveau abstrait jusqu'au niveau concret (*voir Figure 13*).

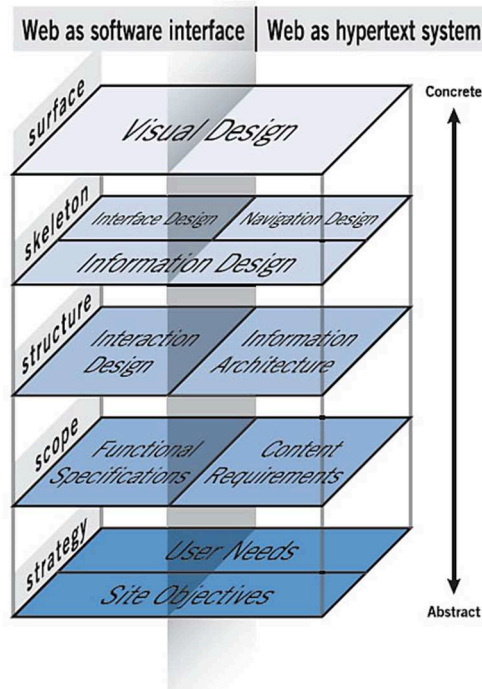


Figure 13 : Matrice de relations – utilisateur et système.
Source : GARRET (2002).

Nous proposons l'adaptation du modèle de GARRETT (2002) comme une matrice de mise en relation « Utilisateur – Textures ». Cette matrice montre les relations entre les niveaux affectives et techniques dans le domaine de l'interaction relative à la surface de matériaux, comprenant les textures visuelles et tactiles (voir Tableau 3).

MATRICE DES RELATIONS UTILISATEUR - TEXTURES		VISUELLE	TACTILE
Concret ↑ Abstract	SURFACE	rugosité + couleur	rugosité
	MESURE	technique et sensorielle	
	STRUCTURE	design d'interaction	
		communication visuelle	interface haptique
	EXPERTISE	spécifications fonctionnelles	
caractéristiques émotionnelles			
STRATEGIE	besoins du consommateur		

Tableau 3 : Matrice des relations utilisateur – textures.
Source : Basée sur GARRET (2002).

Selon SURI (2003), il est extrêmement difficile pour le Designer de caractériser l'expérience d'utilisateur avec le produit en raison de nombreux filtres sociaux, culturels et

personnels qui sont automatiquement appliqués dans cette interaction. Dans ce contexte, NORMAN (2008) présente les valeurs, soit la valeur culturelle, artistique, sentimentale, émotionnelle, personnelle, réflexive, long-terme, économique, réelle, aussi comme la valeur intrinsèque aux produits. Ces valeurs sont caractérisées par l'optique subjective d'utilisateur et portent la vision du jugement personnel relatif à l'interprétation des individus.

Dans cette thèse, nous allons tout particulièrement chercher à établir une relation entre les dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelle avec des matières ou textures spécifiques utilisés comme sources inspirationnelles dans le processus de conception amont. Ces matières et textures se trouvent essentiellement dans des matériothèques et sont parfois gérées à l'aide de logiciels supports – elles sont comprises ici comme les principaux stimuli engagés lors d'une interaction de type visuelle ou tactile.

1.3.4 Matériauthèques

Il existe à ce jour un nombre croissant d'environnements d'exploitation d'informations techniques relatives aux matériaux et textures, appelés matériauthèques. Ces matériauthèques sont disséminées partout dans le monde et sont aussi variées les unes que les autres. Elles offrent des avantages significatifs dans le processus de sélection des matériaux, car elles permettent une exploration simultanée visuelle et tactile. Cette exploration selon deux modalités sensorielles contribue à une meilleure compréhension des caractéristiques des matériaux.

Dans un contexte physique, de nombreux facteurs doivent être considérés comme prioritaires pour l'interaction sensorielle (tactile, visuelle, olfactive et auditive). Ces facteurs sont à la fois les propriétés techniques des matériaux, telles que leur surface, la taille de l'échantillon, les systèmes de fixation, les systèmes d'identification, de climatisation, d'éclairage et l'accessibilité à l'échantillon dans l'environnement. En contexte virtuel, l'ergonomie cognitive a toute son importance pour la manipulation du système d'information. L'interaction avec le système de gestion de textures et matériaux doit permettre une bonne compréhension et une comparaison des échantillons considérant les contenus textuels et visuels. Le système d'information doit permettre la prise de décision concernant la sélection des matériaux de base et des finitions. Certains moyens d'interaction présents dans les matériauthèques associent des émotions ou des références subjectives avec les échantillons disponibles. Dans ce cas on peut éventuellement retrouver une représentation explicite de

ces références subjectives dans les systèmes de recherche virtuelle d'échantillons. De plus, l'association entre les textures ou les matériaux et les références émotionnelles peut aider les designers dans leurs recherches de références, et lui permettre de mieux comprendre les relations affectives possibles entre les matériaux et l'utilisateur final des produits qu'ils conçoivent. Dans les matériauthèques purement physiques, les émotions sont véhiculées simplement par le toucher des différentes textures et mémorisées grâce aux retours d'expériences rapportés par les utilisateurs.

Les étapes d'une méthodologie de conception créative exigent de pouvoir aider les designers dans la sélection des matériaux de base ou finitions, en tenant compte des facteurs émotionnels. Ce contexte historique a également influencé l'évolution des programmes de cours de design dans le monde. En effet, les enseignements relatifs à l'étude des émotions tendent à se développer dans le domaine de la conception. A l'image de l'Université d'Arts et Design de Helsinki ou l'Université de Delft en Holland, certaines institutions intègrent au curriculum les approches en design émotionnel. Des chercheurs de *l'University College of Arts, Crafts and Design* (Suède) PALMGREN et al, (2004) ont mené plusieurs études relatives à des systèmes interactifs pour la sélection de matériaux en conception. L'objectif principal de cette recherche a été l'investigation de matériauthèques les plus reconnues, dont certains sont françaises. Les matériauthèques sont des espaces interactifs pour les professionnels ou les étudiants dans lesquels ils recherchent des sources d'inspiration ou de matières qui répondent à des contraintes techniques dans les phases de sélection de matériaux. Nous cherchons à définir les moyens de pouvoir apporter une description subjective de ces matières pour aider les designers dans leurs choix.

La clarté de l'interface de communication de la base de données est essentielle pour réellement assister le processus créatif et la définition des matériaux, formes et finitions pour le produit désiré. A cet égard, PALMGREN et al (2004) soulignent l'importance de l'accessibilité des matériauthèques françaises en prenant l'exemple des «MatériO» et «Innovathèque». Ces matériauthèques permettent d'identifier des échantillons grâce à la sélection simultanée de plusieurs paramètres, dont des attributs subjectifs combinés avec des informations, telles que la famille de matériaux, la forme, l'utilisation, l'apparence, les caractéristiques techniques, environnementales ou tactiles. PALMGREN et al (2004) illustrent leurs propos avec les méthodes d'inspirations utilisées par le bureau de design IDEO. L'outil support est un module portatif appelé Tech Box (*voir Figure 14*), qui contient une collection limitée des formes clés et de différents matériaux utilisés pour divers produits fabriqués par de grands groupes internationaux.



Figure 14 : Tech Box – Matériauthèque portable d'IDEO
Source : <http://www.ideo.com/work/tech-box/>

Ces auteurs signalent que la compagnie IDEO a commencé à explorer l'utilisation d'un panel d'échantillons de matériaux fixés sur un tissu suspendu, ce qui leur permet une rapide et constante exploration visuelle et tactile.

Par conséquent, IDEO a fait en sorte que leurs échantillons de matériaux gagnent en possibilités d'interaction en stimulant les capacités intellectuelles de ses designers à promouvoir de nouvelles idées et des applications innovantes.

L'Ecole des Arts suédoise propose de créer un réseau de mots clés associés à des échantillons de matériaux contenus dans sa matériauthèque. Ce réseau est basé sur les modèles structurels des bibliothèques traditionnelles « thesaurus ». Cependant, il y a des difficultés à conceptualiser et à attribuer des limites sur toutes les descriptions conflictuelles. Par exemple, comment peut-on valider l'échantillon, avec des descriptions subjectives ou même pondérer ou quantifier des valeurs à ces descriptions ? Une description de « mou » ou « dur » peut être appliquée aux différentes familles de matériaux (plastiques, métaux, textiles, etc...) et donc donner une signification des valeurs largement différentes entre deux familles. Par conséquent, une seule relation linguistique sur tout le système de base de données, ne garantit pas la précision des informations liées, mais contribue à l'interaction d'informations globales, en aidant à visualiser et satisfaire les spécifications design. Cette interaction est directement liée à la capacité d'explorer les attributs subjectifs (valeurs émotionnelles).

Afin d'amorcer la discussion et évaluer la fonctionnalité des outils existants d'exploration du contexte émotionnel, nous avons tenté de mener une enquête structurelle et informationnelle de 4 matériauthèques brésiliennes et 4 matériauthfrançaises. Elles ont été

analysées dans le cadre d'un processus d'évaluation qualitative et quantitative. Cette analyse d'existant a considéré :

- La liberté d'accès visuelle et tactile des échantillons sur la collection ;
- Les systèmes de classification et d'identification des échantillons ainsi comme la signalisation dans l'environnement physique ;
- Le nombre d'échantillons disponibles dans les environnements physiques et virtuels ;
- La richesse d'informations techniques, émotionnelles et commerciales ;
- Les limitations sur les recherches multicritères.

Le résumé de cette analyse peut être visualisé dans le Tableau 4 et on peut y comprendre les différentes visions stratégiques associées à chaque environnement d'interaction émotionnelle (matériauthèque). Les matériaux brésiliennes (1, 2, 3 et 4) sont en général dédiés au secteur académique, et plus particulièrement aux étudiants du design, de l'ingénierie, de l'architecture, etc.

Caractéristiques évaluées	Brésiliennes				Françaises			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Richesse de l'interaction des informations (obj x sub)	▼	▼	▼	▲	▼	▼	▼	▼
Richesse de l'information subjective / émotionnelle	▼	▼	▼	▲	▼	▼	▼	▼
Richesse des matériaux innovants (inspirational)	▼	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▲
Liberté d'accès - l'exploration visuel	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▼	▲
Liberté d'accès - l'exploration tactile	▲	▲	▼	▼	▲	▲	▼	▲
Richesse de l'information scientifique / technique	▲	▲	▼	▲	▼	▼	▲	▼
Nombre d'échantillons dans l'espace physique	▼	▲	▼	▼	▲	▼	▲	▲
Nombre d'échantillons dans l'espace virtuel	▼	▲	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Richesse de l'information commerciale	▼	▼	▲	▼	▲	▼	▲	▼
Organisation / classification des matériaux	▲	▲	▼	▲	▼	▼	▲	▲
Identification des échantillons / physique et virtuelle	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▼

Matériauthèques:	brésiliennes	françaises	échelle:
	1 - CIENTEC	5 - MATERIO	▲ excellent
	2 - FEEVALE	6 - CERTESENS	▲ assez bien
	3 - UCS	7 - INNOVATECH	▼ acceptable
	4 - UNISINOS	8 - ENSAD	▼ mauvais

Tableau 4 : Evaluation techniques et émotionnelles des matériaux.

En général, les matériaux sont identifiés selon leur popularité et leur présence sur le marché. Ainsi, la nature didactique et pédagogique des systèmes d'interaction associés aux matières et textures devient plus importante et nécessite donc de mettre l'accent sur les qualités des matériaux à la fois d'un point de vue subjectif ou objectif. Nous pouvons souligner l'exemple de la matériauthèque UNISINOS, qui est la plus récente au Brésil. Cette base comporte une base de données complexe en intranet avec des données techniques ainsi que des attributs subjectifs. Le problème qui a été soulevé est la validité scientifique lors de l'attribution des données subjectives d'un échantillon enregistré.

Les matériauthèques françaises (5, 6, 7 et 8) démontrent la conjonction d'intérêts commerciaux et académiques pour lesquels cette base peut être considérée comme fonctionnelle. Par contre ces bases ne prennent pas en compte les dimensions émotionnelle ou sensorielle en plus des données techniques.

Le manque d'espace physique, en particulier dans les grandes villes, peut induire une exposition inadéquate des échantillons, et ainsi freiner l'utilisation innovante de nouveaux matériaux. Un panneau photographique des matériauthèques est présenté dans l'Annexe 1A.

Nous proposons Figure 15, un mapping des différentes matériauthèques positionnées en fonction de leurs caractéristiques principales. Ce mapping illustre en abscisse les univers dans lesquelles se situent ces matériauthèques, du marché grand public aux modèles scientifique et industriel, et en ordonnée le type de métiers auxquels s'adressent ces matériauthèques, allant du design à l'ingénierie.

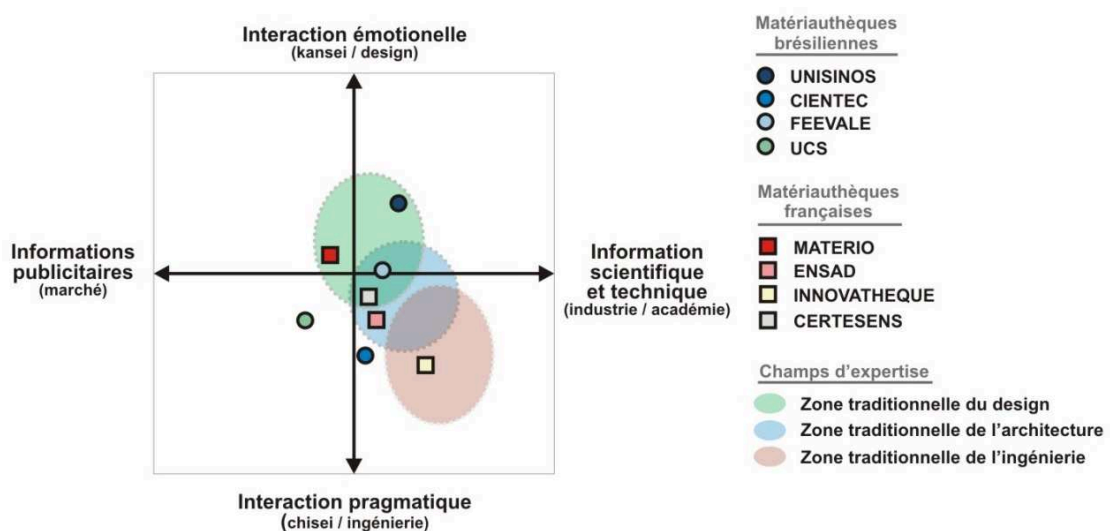


Figure 15 : Positionnement technique et émotionnel (Matériauthèques françaises et brésiliennes)

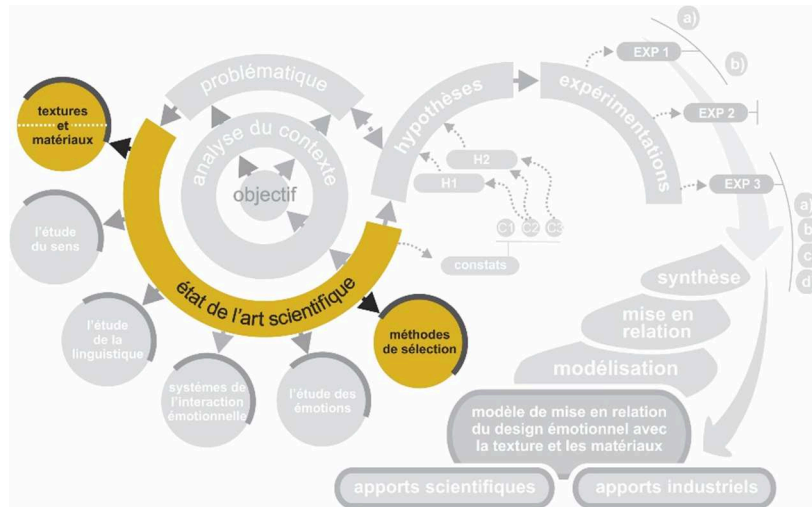
D'après ce positionnement des matériauthèques, il est possible d'identifier les systèmes d'informations physiques et virtuels des matériauthèques qui prennent en compte les émotions et qui sont potentiellement intéressants pour les concepteurs. A partir d'une analyse des informations recueillies, nous pouvons conclure que certains systèmes d'information prennent en compte les descripteurs émotionnels et qui sont adaptés aux demandes de concepteurs. D'autre part il y a une majorité des matériauthèques qui présente un profil plutôt technique. Par conséquent ces systèmes d'information ont des finalités différentes et sont compatibles avec leurs propositions. Nous pouvons ainsi identifier les points forts et les points faibles de chaque matériauthèque, compte-tenu des aspects émotionnels en rapport avec les aspects techniques.

Parmi les matériauthèques brésiliennes, nous observons une utilisation prioritaire de matériaux populaires et bien connus du marché, à l'exception de la matériauthèque n° 3 (UCS) dans le tableau 4 qui utilise le modèle américain de *Material Connexion* avec des matériaux inhabituels. Le profil des utilisateurs au Brésil est essentiellement académique. Ainsi, les finalités sont destinées à l'enseignement avec des interactions pédagogiques, à partir du niveau le plus basique vers le plus avancés en ce qui concerne la sélection des matériaux. Ces matériauthèques offrent une plus grande interaction dynamique en niveau visuo-tactile avec les matériaux, mais une faible valeur émotionnelle entre les objets physiques et les registres virtuels pour ses utilisateurs (sauf pour la matériauthèque n° 4). Ainsi, la sélection des matériaux existants est limitée aux échantillons standards, basées sur une valeur émotionnelle minimale.

À propos de matériauthèques françaises, nous observons un fort potentiel d'interactions dynamiques avec les matériaux, en stimulant de différentes valeurs émotionnelles en raison de la richesse dans la collection de matériaux inhabituels. Cependant, la disposition visuelle de collections de matériaux n'est pas bien valorisée (espaces physiques incompatibles) et les interfaces de communication avec les bases de données ne prennent pas en compte la dimension émotionnelle. La valeur d'estime recherchée dans les projets de conception dépend pourtant beaucoup de cette dimension.

Nous pouvons conclure que la mise en relation multidimensionnelle entre ces moyens d'interactions dynamiques (dimension sensorielle), les valeurs affectives ajoutés (dimension émotionnelle) et les bases informationnelles (dimension sémantique) en niveau physique ou virtuel dans les matériauthèques, reste sous exploitée.

Ce problème pourrait être résolu en combinant les points positifs des matériauthèques françaises et brésiliennes en s'appuyant sur les dimensions à la fois subjectives et objectives.



Chapitre 1 : ETAT DE L'ART

PARTIE 2 - VARIABLES TECHNIQUES

- 2.1 Textures tactiles
 - 2.1.1 Concepts et Classifications
 - 2.1.2 Matériaux vs Processus de Fabrication
 - 2.1.3 Paramètres de texture
 - 2.1.4 Analogies et Applications
 - 2.1.5 Base de données de textures
- 2.2 Méthodes d'Analyse et de Sélection
 - 2.2.1 Sélection des Matériaux
 - 2.2.2 Analyse des Textures et Métrologie Sensorielle
 - 2.2.3 Analyse de la Valeur d'Estime

Partie 2 – VARIABLES TECHNIQUES

Depuis la préhistoire, la découverte et l'utilisation de matériaux sont reliés à la fonctionnalité de celles détectées par l'homme. Ils ont commencé à intégrer de nouvelles applications au cours des millénaires. Avec l'introduction de la pierre, l'exploitation du cuivre, du bronze, du fer et ultérieure des métaux et alliages nous avons constaté une augmentation de la compréhension des propriétés distinctes qu'ils ont fournies.

Récemment, les épisodes de crise économique mondiale, ont provoqué des instabilités importantes sur la production industrielle en plusieurs secteurs. Par conséquent, les entreprises ont se réveillés, avec grande préoccupation en raison de différents facteurs, principalement économiques. Inévitablement, les industriels ont avancé dans la recherche d'alternatives pour rester compétitif et réchauffer le marché, compte tenu surtout l'évolution des aspects techniques.

Dans ce contexte, la deuxième partie de l'Etat de l'Art, traite des relations objectives liées à la texture du produit tels quels ces caractéristiques particuliers, ces propriétés techniques, ces applications, les méthodes de conception aussi comme les méthodes de sélection de matériaux et textures, d'analyse de textures, d'analyse de la valeur et de la métrologie sensoriel. Ainsi, nous cherchons à identifier dans cette partie les limites industrielles concernant la surface du produit en tant que variables techniques.

2.1 Textures tactiles

Faisant référence à la texture comme importante voie de perception, VILLAFANE et MINGUEZ (2002) la définisse comme un groupement de lignes ou de points situées à égale ou similaire distance les uns des autres dans un espace bidimensionnel et parfois quelque chose en relief, c'est à dire, un élément morphologique et souvent indissociable du plan et de la couleur. On peut dire que ces caractéristiques permettent la condition de « sensibiliser » la surface, induisant les diverses perceptions de l'utilisateur.

La texture tactile est considérée comme un aspect de la surface associé au toucher et aux sensations causées par les surfaces externes des objets à travers le sens tactile, exerçant une grande influence entre un produit et son utilisateur (WONG, 2001). Dans ce

sens, la texture superficielle peut être considérée comme la « peau de l'objet » (MANZINI, 1993). La communication adéquate de cette « peau » est obtenue par la combinaison de facteurs mus par les technologies de précision avec la potentielle dimension de relations sensorielles détachées de « l'exaltation de la pureté des formes ». C'est à dire qualifier le produit, non seulement par sa géométrie résultante, mais aussi par ses caractéristiques superficielles alternatives et innovantes.

Ainsi, le design de surface a un rôle important dans l'élaboration d'un produit, permettant, dès lors, le développement de stratégies pour susciter l'acceptation par le consommateur.

Si l'on considère les définitions les plus répandues dans la littérature, DONDERO (2010) corrobore "(...) la texture concerne en premier abord les effets de matière, la substance qui sort de la forme et qui relève de l'indétermination d'un plan qui est destiné à fonctionner comme expression".

MANZINI (1993) commente, dans le chapitre « la peau des objets » que sous l'influence culturelle, on découvre la valeur des surfaces des matériaux et de leurs variables subjectives. L'auteur met en évidence la fonctionnalité de la géométrie des produits, ce qui revient à exalter la pureté des formes, surtout dans les expressions les plus modernes du design produit. Mais dans le cadre de la perception, la reconnaissance de la couleur ou de la texture suggèrent un niveau différent de la perception d'une forme. Selon l'auteur, la couleur est une décodification d'une longueur d'onde et la texture industrielle est le résultat de procédés précis. La combinaison de la texture et la couleur nous oriente vers la considération de la surface comme lieu de transmission d'informations.

2.1.1 Concepts et Classifications

Nous pouvons définir les textures, selon le dictionnaire Le Grand Robert (ROBERT, 2005), comme un "Arrangement de la matière et des pores à l'intérieur d'un solide divisé (en grains) ou poreux", ou encore comme la "qualité visuelle et tactile de certains matériaux fabriqués ou pas", (FERREIRA, 2004).

HARALICK (1979) élargit la définition de texture en deux dimensions : la première concernant la description d'éléments de base ou **primitives** (qui représente le motif) à partir desquels est formée la texture ; la deuxième dimension est relative à la description de **l'organisation spatiale** de ces primitives.

GAGALOWICZ (1983) considère la texture comme "une structure spatiale constituée de **l'organisation de primitives** ayant chacune un aspect aléatoire, donc une structure hiérarchique à deux niveaux".

Pour ZUO et al. (2001), dans la *Southampton Solent University* (Angleterre) les textures peuvent être décrites à partir de quatre dimensions : **géométrique, physico-chimique, émotionnel et associative**. Leurs études montrent que la perception du matériau à travers le toucher augmentent la sensibilité de certaines caractéristiques physico-chimiques, particulièrement en ce qui concerne le chaud/froid, sec/humide et dur/souple. La vue, pour sa part, augmente la perception géométrique et fortifie les émotions.

Néanmoins, WONG (2001) propose une classification en trois niveaux pour les textures tactiles. Ils sont les suivants : **texture naturelle disponible ; texture naturelle modifiée et la texture organisée**. À propos du premier niveau, l'auteur explique que les caractéristiques visuelles de la surface du matériau sont maintenues dans leur état naturel, devenant ainsi l'identité typique. Quant au deuxième niveau, WONG définit la capacité de présenter de légères modifications pour l'intervention industrielle, mais réservé dans la capacité de sa reconnaissance en tant que matériau. Le troisième niveau est la manipulation du matériau dans son état fragmenté, haché, granulé. Il renforce la caractéristique dominante d'une surface réorganisé à travers la composition de parties du matériau utilisée sans y attacher une grande valeur à l'identité du matériau.

STOUT et BLUNT (2001) classent les surfaces en deux options. Les « **surfaces structurées** » qui sont celles où la structure de surface vise à fournir une performance fonctionnelle spécifique, et « **surfaces d'ingénierie** » qui sont produits de manière spécifique que les couches superficielles fournissent la performance requise.

Par DONDERO (2010), est évident l'existence du problème qui concerne sur **l'échelle** qui caractérisent des textures. Autrement dit, on peut juste noter ici, la difficulté pour trouver le point clé qui détermine quand une texture change de statut et devient comprise comme une « forme » (*voir l'exemple Figure 16*). De l'autre côté aussi, quand cesse la perception des éléments isolés qui passent au-dessous du seuil de discrimination et se constituent en une microtopographie ou microtexture (*texture microscopique – voir Figure 17*).

BERTHIER (1991) a écrit sur l'analyse spectrale du profil de la route. Il a dit par rapport des chaussées qui sont classés les défauts par grandeur de longueurs d'onde. De cette façon les longueurs d'onde comprises entre 50 mm et 500 mm relèvent de la "**mégatexture**". Les longueurs d'onde comprises entre 0,5 mm et 50 mm relèvent de la "**macrotexture**". Les longueurs d'onde inférieures à 0,5 mm concernant la "**microtexture**".

Cependant ZUO et al (2001) indique que la grandeur d'une micro-échelle à moins de 100 micromètres (équivalent à 0,1 mm) est caractérisé comme une microtexture.

Nous pouvons alors interpréter que BERTHIER (1991) et ZUO et al (2001) ont établi un accord relativement proche. Par ailleurs, basé sur les limitations humaines de la perception de la rugosité selon KATZ (1989) et FIAGINI (2011), et la permutation de classe de texture par DONDERO (2010) appuyé sur la perception, nous pouvons donc, considérer l'existence de protubérances qui caractérisent la formation d'une « **MACROTEXTURE** » à partir de 0,2 mm (200 micromètres) de longueur d'onde.

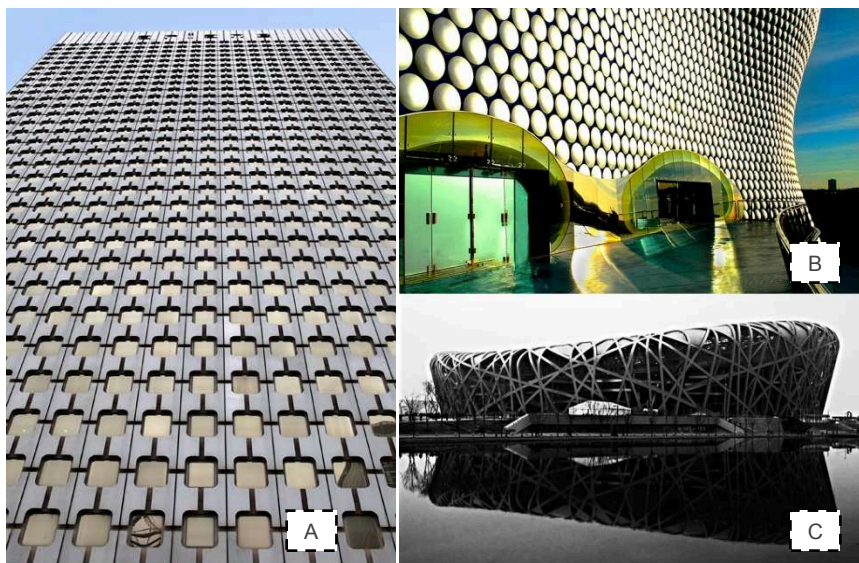


Figure 16 : Formes (standards dépassés des mégatexture) - Bâtiment La Défense (A) ; Centre commercial Selfridges (B) et Stade de Beijing (C).

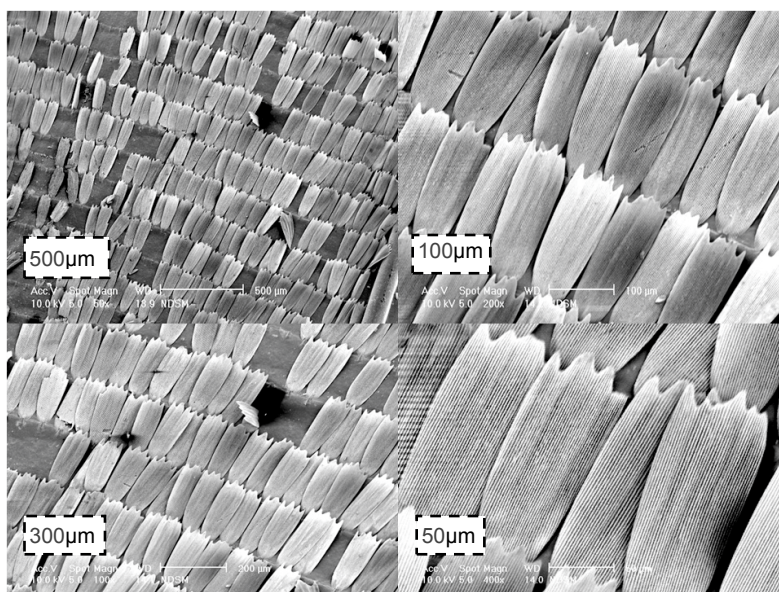


Figure 17 : Microtextures (ailes de papillon) – échelle : 500, 300, 100 et 50µm.

Ainsi, basé sur les définitions de textures tactiles (HARALICK, 1979) (GAGALOWICZ, 1983) (ZUO et al, 2001) (WONG, 2001) et sa discussion par rapport l'échelle en tant que macrotexture (BERTHIER, 1991) (ZUO et al, 2001) (DONDERO, 2010), nous explicitons les limitations de longueur d'onde sur la caractérisation dimensionnelle de la macrotexture tactile (voir Figure 18A) et ses modules de répétitions (voir Figure 18B) pour composer des applications en grandes surfaces.

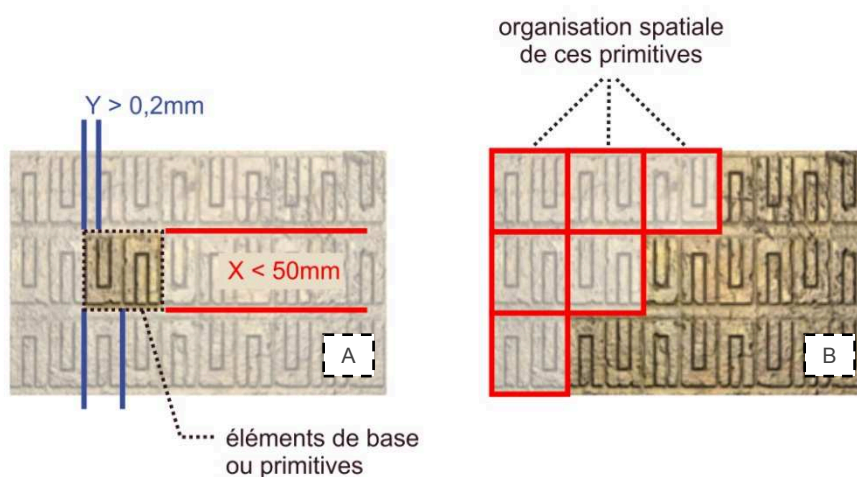


Figure 18 : Macrotextures – (A) paramètres dimensionnels et (B) modulation.

Chercher les modules sur une organisation de primitives, composé de formes géométriques, est relativement simple. Créer cette modulation paramétrique de façon originale et innovante, avec une perception plus homogène que possible, c'est le défi (voir Figure 19).

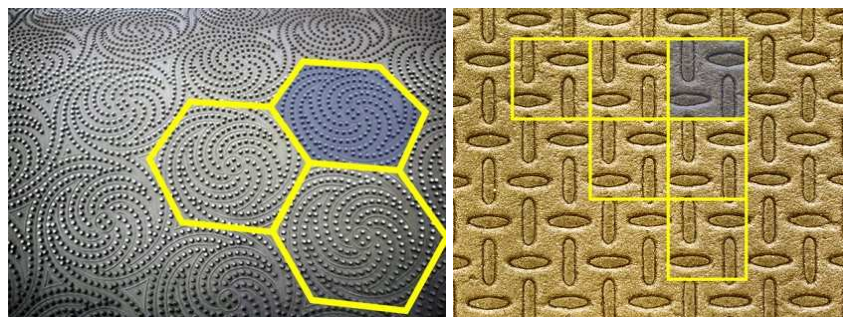


Figure 19 : Macrotextures – modulation de formes géométriques.

Les éléments organiques sont beaucoup plus difficiles à paramétrer de façon à obtenir un module de texture répétitif pour la reproduction spatial sur la surface du produit (voir Figure 20). Nous pouvons percevoir la relation dimensionnel approximative entre les groupes d'éléments (de différentes tailles) qui permettant la sensation d'homogénéité. L'organisation de ces éléments en considérant les variables « dimension » et « position » nous permettent de caractériser la densité des éléments par centimètre carrés (cm²). Ce n'est pas exactement un algorithme mathématique appliqué sur la distribution des éléments, mais la macrotexture tactile est parfaitement fonctionnelle.

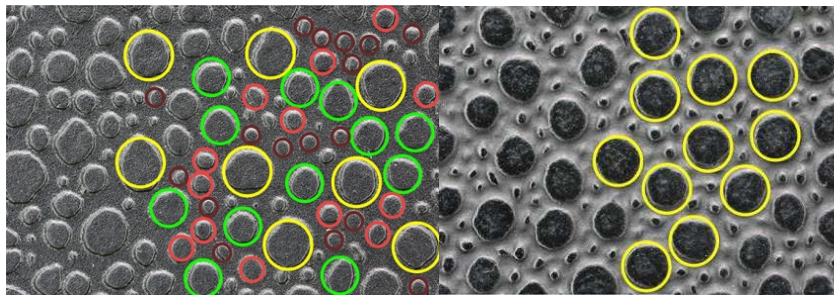


Figure 20 : Macrotextures – modulation de formes organiques.

Le problème viens de les limites du module, où lignes de jonction sont éventuellement perceptibles, en provoquant des perturbations dans la perception (voir Figure 21).

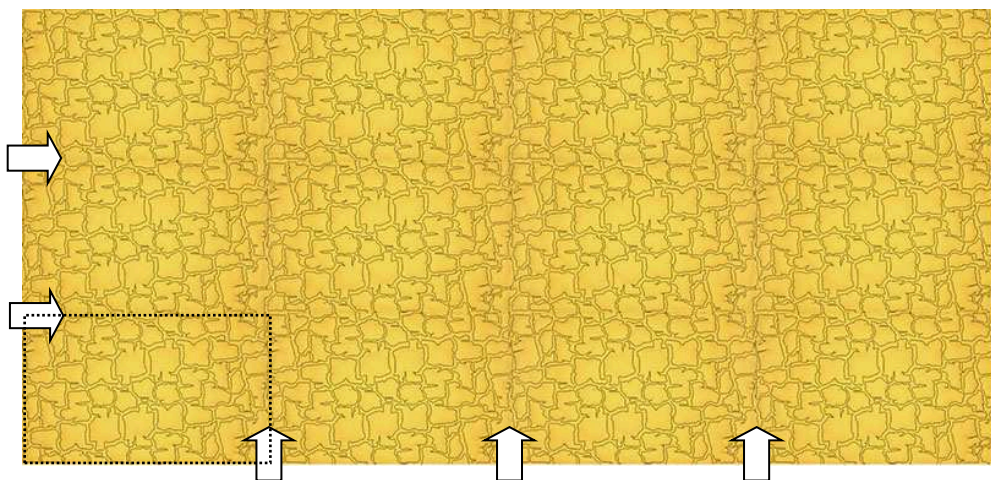


Figure 21 : Jonction de modules de formes organiques.

Virtuellement, nous trouvons des logiciels spécialisés en édition de surfaces et application de matériels et textures (graphiques) qui permettent de jouer ces paramètres à un niveau « d'équilibre organique », donnant une perception harmonieuse.

Une méthode, parmi les plus simples, est la construction vectorielle d'un module paramétrique de la macrotexture (*dessin bidimensionnel, aussi comme dans la Figure 21*) et l'exportation de la même à la dimension tridimensionnelle, pour rajouter le volume en profondeur, en générant la perception tactile à macrotexture (SILVA *et al*, 2006).

Une proposition sur l'organisation et classification de textures est présentée par KINDLEIN *et al* (2004), et se base sur les aspects montrés par AN- HSUAN (1999). Cette structure s'appelle écosystème de la Banque de Texture (*voir Figure 22*) et englobe en détail les caractéristiques objectives et qualitatives, divisées en **zoo-morphologiques** (textures des inspirations naturelles), **superficielles** (par rapport le plan de la surface), **dimensionnelles** (concernant la profondeur et largeur des éléments, en affectent l'échelle) **composantes** (avec l'organisation de la répétibilité), **formelles** (organique ou géométrique) entre autres. Ces classifications permettent la recherche de mots-clés et de fait donnent accès à plusieurs solutions de la même demande.

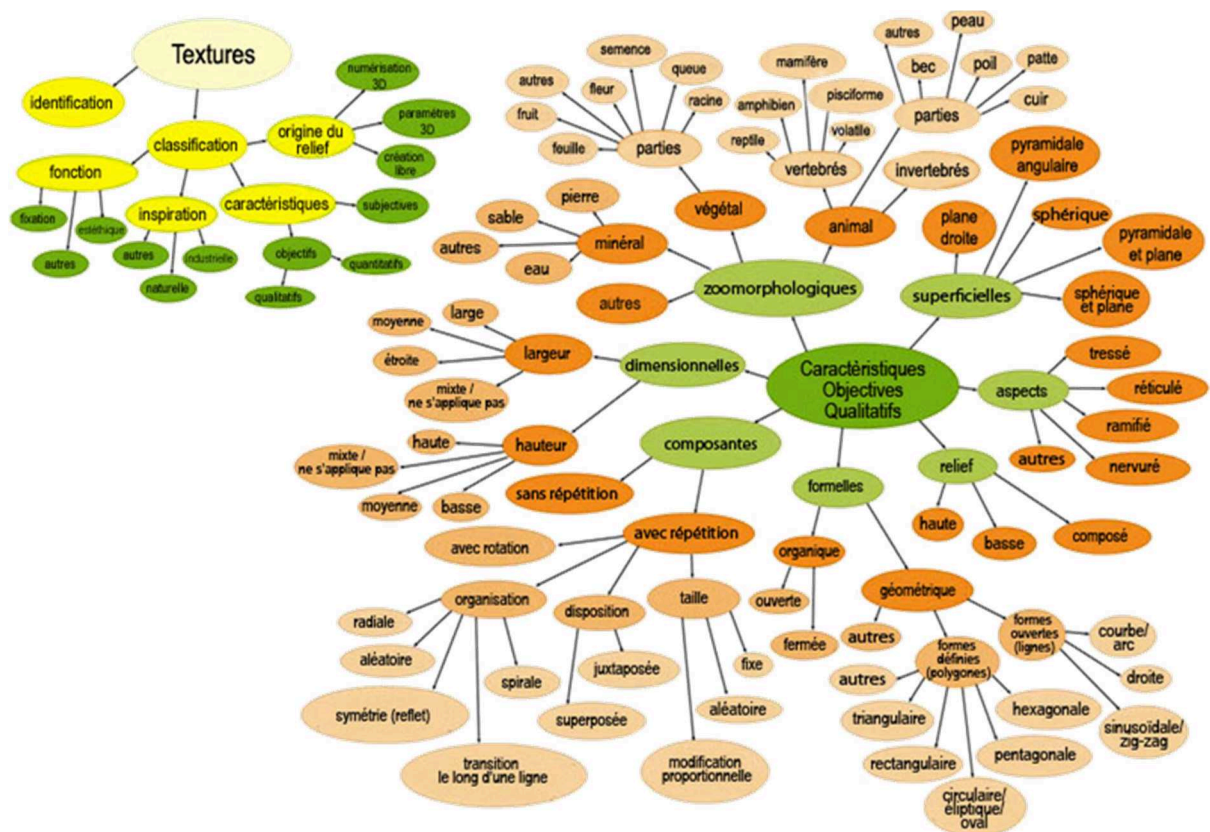


Figure 22 : Écosystème de la Banque de textures

HOSSAIN et SERIKAWA (2013), mettent en évidence les différentes propriétés qui contribuent à identifier les standards de textures. Ils sont : la luminosité perçue, l'uniformité, la densité, la rugosité, la régularité, la linéarité, la fréquence, la phase, la directionnalité, l'aspérité, l'aspect aléatoire, la délicatesse, la douceur, la granulation, etc.

Enfin, en s'appuyant sur la grande variabilité de propositions de classification des textures de plusieurs auteurs, nous pouvons présenter une table de synthèse en donnant une vue d'ensemble en fonction des attributs de classification des textures tactiles les plus importants (voir Tableau 5).

AUTEURS	QUANT. ATTRIBUTS	ATTRIBUTS DE CLASSIFICATION	RELATION SEMANTIQUE CORRELEE
HARALICK (1979)	2	<ul style="list-style-type: none"> ● primitives ● organisation spatiale 	<ul style="list-style-type: none"> forme position et répétabilité
GAGALOWICZ (1983)	1	<ul style="list-style-type: none"> ● organisation de primitives 	<ul style="list-style-type: none"> morphologie, position et répétabilité
ZUO et al (2001)	4	<ul style="list-style-type: none"> ● géométrique ● physico-chimique ● émotionnel ● associative 	<ul style="list-style-type: none"> forme perception évoation analogie
WONG (2001)	3	<ul style="list-style-type: none"> ● naturelle disponible ● naturelle modifiée ● organisée 	<ul style="list-style-type: none"> régularité
STOUT et BLUNT (2001)	2	<ul style="list-style-type: none"> ● surfaces structurées ● surfaces d'ingénierie 	<ul style="list-style-type: none"> performance fonctionnelle
BERTHIER (1991)	3	<ul style="list-style-type: none"> ● microtexture ● macrotecture ● megatecture 	<ul style="list-style-type: none"> dimension (échelle)
KINDLEIN et al (2004)	6	<ul style="list-style-type: none"> ● zoo-morphologiques ● superficielles ● dimensionnelles ● composantes ● formelles ● aspects ● relief 	<ul style="list-style-type: none"> analogie caractéristique de surface densité et profondeur position et répétabilité forme modularité positif et négatif

Tableau 5 : Attributs de classification de textures tactiles.

Dans ce tableau nous mettons en avant *en couleur orange* les attributs les plus intéressants pour notre sujet de thèse en les synthétisant dans une relation sémantique corrélée, ce qui nous permet d'optimiser les termes et les utiliser dans notre phase d'expérimentation. Voici ces termes : la « **dimension** » (microtexture, macrotecture, megatecture) en préservant l'échelle macro en tenant compte de la perception tactile, la

« **densité** » par rapport au nombre d'éléments sur l'aire de la surface, la « **régularité** » concernant la symétrie et la proportion entre les éléments constituant de la texture (régulière ou irrégulière), la « **forme** » basée sur la structure (organique ou géométrique). La simplification des variables est importante pour assurer l'applicabilité de la méthode et la bonne interprétation des données, face la grande quantité des éléments (subjectifs et objectifs) à mettre en relation.

Au-delà des paramètres de classification des textures, nous devons également identifier les matériaux et les procédés de fabrication connexes, comme nous le soulignons dans le chapitre suivant.

2.1.2 Matériaux vs Processus de Fabrication

La demande croissante de la production industrielle a provoqué la création de nouveaux matériaux pour rester compétitif. Selon ASHBY et JOHNSON, (2002) ces matériaux ont leur origine dans les laboratoires des universités, des gouvernements et de l'industrie. Les versions technologiques apparaissant d'abord dans les produits "de démonstration", puis ils sont absorbés dans des marchés plus larges. Comme le volume de production augmente le prix de la matière tombe, et sa familiarité devient croissante pour les concepteurs et les consommateurs. Le matériau se rapproche progressivement d'une sorte de maturité, mais peut être relancé comme « nouveauté » par la combinaison avec d'autres matériaux, ou par de nouveaux moyens de traitement pour créer des composites ou des matériaux hybrides.

Ces auteurs soulignent encore que pour le concepteur, un nouveau matériau offre des opportunités et des risques. Les opportunités découlent d'un nouveau comportement technique ou d'une nouvelle amélioration esthétique de la matière. Les risques se trouvent dans la caractérisation incomplète des facteurs d'exigence sur le projet de conception et dans les lacunes entre la conception et l'expérience de fabrication.

Ce changement progressif dans le contexte technologique, a également contribué à la mise au point de nouveaux matériaux. Les spéculations montrent qu'environ 160.000 différents matériaux composent l'ensemble d'offre sur le marché globale (ASHBY et al, 2007).

Dans la Figure 23, adapté d'ASM HANDBOOK (1997), l'évolution des matériaux, représentée par la chronologie, identifie la transformation de matières à nos jours et un équilibre entre leurs classes au point de vue de leur importance relative.

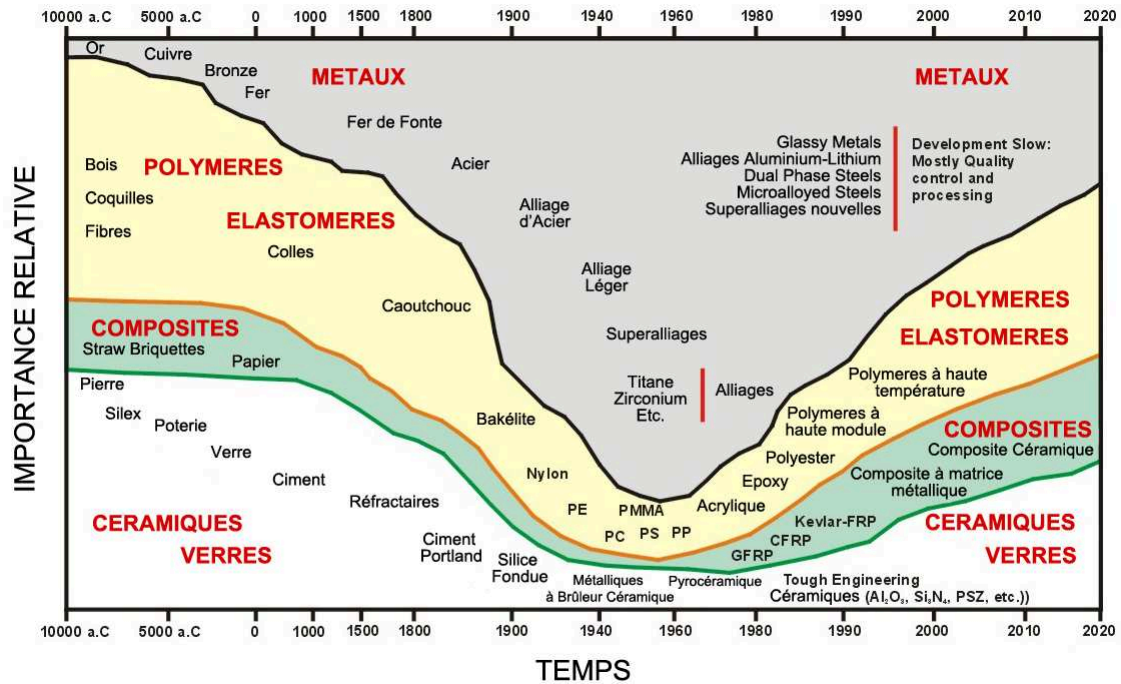


Figure 23 : Evolution chronologique de l'importance des matériaux-
Source : adapté d'ASM HANDBOOK (1997)

L'importance relative que les matériaux ont conquis et cherchent à conquérir se reflète dans l'augmentation de l'utilisation. La demande constante de nouvelles applications pour les produits, génère des réquisits de conception et induit l'Ingénierie des Matériaux à fournir de nouveaux matériaux alternatifs.

Dans le graphique ci-dessus se présente l'importance relative parmi les quatre types de matériaux (concurrents) en fonction du temps. On remarque que les polymères, les céramiques et les composites ont tendance à étendre son champ d'action et les métaux ont tendance à simplifier la gamme d'options.

L'influence de la plus grande liberté plastique, est assurée par la manipulation du polymère ainsi que ses propriétés de recyclage vastes. SILVA (2006), basé sur ces justificatifs explique que les polymères thermoplastiques ont contribué de manière significative à l'augmentation de la production industrielle de textures en plastique. Ce phénomène a assisté de nombreuses applications du marché, en particulier dans le secteur automobile.

Cependant, d'autres chercheurs reconnaissent cette évolution productive, mais identifient certaines restrictions par rapport la variabilité de différents textures dans le marché en général (MANZINI, 1993) (ASHBY, 2002) (DISCHINGER *et al*, 2006) (KINDLEIN *et al*, 2006).

Selon MANZINI (1993), les polymères peuvent remplacer l'acier, le bois et autres matériaux, lorsque celles-ci ne nécessitent pas utiliser ses propriétés structurelles en priorité. Ainsi, la plasticité et l'économie productive de ce matériau enrichit les possibilités de conception de produits.

La viscosité de la matière en forme plastique est décisive pour l'application des macrotextures tactiles, car cela est la caractéristique qui détermine la capacité de ce matériau à couler dans les porosités de la surface (textures du moule), afin de les reproduire fidèlement sur la surface du produit (SILVA, BARRIONUEVO et KINDLEIN, 2009).

Le procédé industriel de moulage par soufflage, comprenant les matières plastiques, est également recommandé par ces auteurs, dans les cas où la reproduction de macrotextures tactiles demandant des oscillations importantes par rapport la profondeur de la rugosité.

Dans les facteurs perceptifs des matériaux, la rugosité peut cacher les imperfections de jonctions entre pièces (principalement sur les polymères) issus du processus de fabrication (STOUT, 1999) (ASHBY and JOHNSON, 2002). Ceci est aussi une option importante pour le designer qui, en plus de créer une finition adaptée, provoque à partir de la texture, les émotions reconnues par le public.

En ce qui concerne la pertinence des polymères, SILVA (2006) souligne qu'ils ont eu une évolution majeure au point d'élargir ses applications dans les domaines techniques, au-delà de simples applications décoratives. Un avantage majeur est la réduction de poids. Cette fonctionnalité a également permis son inclusion dans le secteur automobile (interne et externe). Par conséquent, l'exploration des textures en polymères dans ce secteur a eu certain développement vers un nouveau contexte sensoriel.

Effectivement, à ces jours, nous pouvons rencontrer des rares insertions de macrotextures tactiles inhabituelles dans le secteur automobile, car elles se répètent suivant depuis la massification des polymères dans l'industrie. Nous considérons l'hypothèse que ces textures inhabituelles, sont caractérisées prioritairement par des compositions géométriques bien harmonisées ou des représentations mixtes avec les motifs organiques.

À l'origine, pour produire une surface texturée, on employait un procédé manuel où on produisait différents moules. La même texture était reproduite à grande échelle. Aujourd'hui, la production de textures en série se base encore sur une matrice et les procédés de texturation sont nombreux.

Les procédés pour générer les textures sur les matrices sont organisés en 4 groupes (HAEFKE et al, 2000) : Mécaniques, Lithographiques, Thermiques et Dépôt de surfaces, (voir tableau 6).

Groupes de procédés		Procédés plus utilisés		
Mécaniques	>	meulage	sablage	gravage
Lithographiques	>	chimique	électrochimique	faisceau d'ions
Thermiques	>	électroérosion	Faisceau d'électrons	faisceau laser
Dépôt de surfaces	>	dépôt physique en phase vapeur	dépôt chimique en phase vapeur	dépôt électrochimique

Tableau 6 : Groupes de procédés de texturation.

SOVEJA (2007), détache les procédés de texturation les plus utilisés dans une séquence décroissante d'importance : 1- attaque chimique, 2- électroérosion, 3- sablage et 4- faisceau laser.

Les deux premiers engendrent certains inconvénients telles que : la manipulation d'acide ou de diélectriques, l'émission de solvant dans l'atmosphère, le besoin d'une bonne conductivité électrique du matériau et de faibles productivités afin d'obtenir une bonne qualité de surface (SOVEJA, 2007). Cependant sont toujours les plus utilisés dans l'industrie de texturation.

Parmi les options de moulage de textures, qui peuvent être fabriqué par les procédés indiqués dans le tableau 6, nous rencontrons les « cylindre de gaufrage » et les « moules pour injection » comme techniques plus fréquents.

Les cylindres de gaufrage permettant de texturer du papier (papier essuie-tout / sopalin), des plaques métalliques ou du cuir et similaires (voir Figure 24). Les moules d'injection texturés (voir Figure 25) sont prioritairement utilisés pour la fabrication de pièces structurales et décoratives sur les polymères ou les élastomères. La diversité de produits plastiques fabriqué par des moules d'injection est d'une très grande proportion. Comme par exemple le PU (polyuréthane) de la surface du volant, ou les ABS (Acrylonitrile Butadiène Styrène) du tableau de bord d'une voiture, ou des électroménagers, etc.

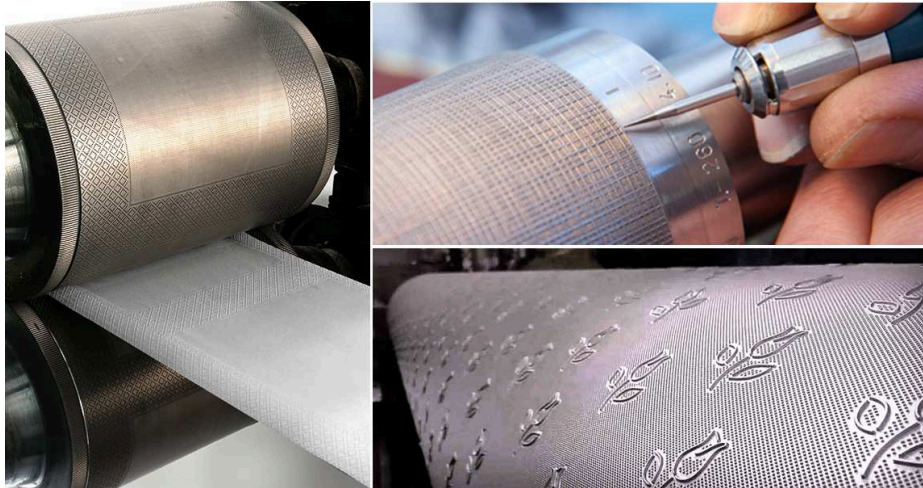


Figure 24 : Exemples de cylindres de gaufrage



Figure 25 : Exemples de moules pour injection de pièces automobiles texturées.

ASHBY and JOHNSON, (2002) définissent le processus de texturation par sablage et gaufrage comme les plus économique et de grande vitesse de production. Dans l'autre côté, les texturations laser et attaque chimique, sont les plus cher et plus lents processus. Dans le chapitre 2.1.3, nous détachons également une sélection des paramètres indicatifs à considérer sur la production de moules d'injection plastique.

En cherchant le soutien de la dimension technologique dans le cadre de la texturation comme procédé industriel, nous identifions la numérisation 3D à laser comme référence pour la création de surfaces texturés et la gravure à laser.

Pour la création de macrotextures tactiles, Le Designer peut s'inspirer dans la nature pour trouver les éléments texturés (voir chapitre 2.1.4 – Analogies et Applications) et se servir des technologies comme la numérisation par laser. Le grand avantage d'utiliser cette méthode est la fidélité du modèle produit par rapport la référence, garantissant un standard entre les modules et les répétitions. La numérisation est responsable de cette avancée technologique. Elle permet l'exécution de reliefs complexes, mais l'inconvénient c'est

l'accessibilité (logiciels et équipements spécialisés) aussi bien que l'expertise demandée au concepteur (connaissance de techniques pour la monture de modules de textures assez réguliers et/ou homogènes, en élargissant son application sur des surfaces, parfois irrégulières).

Dans le sens du transfert de la texture créée vers la surface du moule métallique, nous caractérisons le « processus de texturation » qui peut être réalisé à l'aide d'un faisceau d'énergie concentré dans un spot très fin (laser), en représentant des motifs géométrique ou organique en échelle « nano, micro ou macro », (SOVEJA, 2007). Malgré son grand développement, le laser fait ses premiers pas vers l'industrie de la texturation des surfaces afin d'obtenir des aspects semblables à des matériaux naturelles (cuir, bois, etc.).

Un bon exemple de cette dimension technologique est présenté à la suite par le « Centre Technologique Optique et Lasers - ALPHAnov ». La texturation laser permet de rajouter aussi des propriétés optiques innovants quand appliqué sur l'échelle nanométrique.

Dans ce cas, la nanotexturation a été appliqué sur une surface d'acier inoxydable. A travers la ligne du point laser (1 μm - pas de la nanostructuration), la matière s'auto-organise sous la forme d'une structure ondulée composée de bosses et de creux. La période et l'orientation de ces ondulations peuvent être contrôlées grâce à la longueur d'onde et la polarisation de la lumière (*voir Figure 26*). Lorsque la période des ondulations est dans le même ordre de grandeur que la longueur d'onde de la lumière visible, la structure ondulée diffracte la lumière et ceci conduit à des effets de coloration.

Naturellement que ces propriétés de rugosités ne sont pas en mesure d'être perceptibles au sens tactile.



Figure 26 : Effet optique (diffraction de la lumière) de la nanotexturation sur l'acier inoxydable.

Un effet optique inversé, peut être appliqué (absorption de la lumière) si la nanotexturation est structuré par de nano points (cavités), donnant une couleur noir mat. Egalement, le phénomène hydrophobique sur la surface est potentiellement applicable via nanotexturation.

Nous savons que le designer doit connaître les matériaux et les différents procédés de fabrication existants pour élargir son potentiel créatif. Ainsi, l'information technique dans le domaine de l'ingénierie doit être communiquée à ces designers avec un langage approprié pour être en mesure de fournir une plus grande assimilation et une meilleure interaction avec les directives de conception. A partir de là, le fait d'associer des informations techniques (objectives) avec des facteurs émotionnels (subjectifs) conduit à une convergence vers la génération de fonctions très fortement attendues et appréciées par la contribution des consommateurs ou utilisateurs. Cette action synergique est très importante pour l'obtention de meilleurs résultats projectifs.

2.1.3 Paramètres de texture

Dans le domaine de l'ingénierie mécanique, l'état de surface est un élément de cotation d'une pièce indiquant la fonction, la rugosité, la géométrie et l'aspect des surfaces (normalement liés aux métaux usinés). Les paramètres de texture que nous cherchons à évaluer sont celui-ci qui nous permettent à caractériser les textures tactiles.

Les textures sont régies par d'innombrables paramètres techniques. Pour SILVA (2006), les propriétés de rugosité sont présentes dans n'importe quel matériau appliqué sur les produits. Les textures sont caractérisés en fonction du matériau et du procédé de fabrication utilisé, et peut avoir des propriétés optiques différentes (perceptible ou pas à l'œil nu).

ASHBY (2011), indique que la rugosité influe sur les paramètres suivants : la tolérance, le frottement, l'usure, la lubrification, la fatigue, la corrosion, propriétés optiques, transmission de la chaleur, etc.

SILVA (2006), affirme que la caractérisation des surfaces est réalisée par les paramètres de rugosité (modèle quantitatif), qui utilisent des méthodes mathématiques pour décrire la topographie. La rugosité de la surface est normalement mesurée par un rugosimètre, ou profilomètre (détaillé dans la suite) et prioritairement sur les surfaces des métaux au niveau de microrugosité (ou microtexture). Cependant, nous nous intéressons aussi par l'évaluation de surfaces en polymères, avec des macrotextures tactiles.

Les paramètres de tolérance ont une relation directe avec le taux de rugosité, selon FERRANTE (1996). La tolérance caractérise la différence maximale admissible sur les aspects dimensionnels quel que soit la cotation de la pièce. La rugosité de surface caractérise la présence inévitable des irrégularités de surface.

En ce qui concerne la «rugosité» SILVA (2006) procède à un sondage et compare les normes techniques en vigueur en Juin 2006 sur la rugosité de surface. Il identifie quatre normes (internationales - ISO 4287:1997, Brésilienne - ABNT NBR ISO 4287:2002, Allemagne - DIN EN ISO 4287:1998 et japonaise JIS B 0601:2001). En France la norme équivalente c'est NF EN ISO 4287:1998 intitulé comme : "*Spécification géométrique des produits (GPS) - État de surface : méthode du profil - Termes, définitions et paramètres d'état de surface*".

A partir d'un entretien sur un ensemble des industriels spécialisés en développement de macrotextures ou « grainage pour moules industriels » (*comme dans l'exemple de la Figure 25*) pour des pièces en polymère, nous trouvons des plusieurs indicateurs par rapport les possibilités de création et développement.

Les matériaux pour la fabrication des moules texturés sont, en général, les mêmes que les plus classiques d'autres moules. La majorité des métaux pour moules sont acceptables pour la gravure chimique de macrotextures (possiblement, la plus courante). Les liages de Chrome, Nickel ou Molybdène, demandant la besoin de tester la compatibilité chimique.

Le polissage de la surface d'un moule est déterminant pour assurer la meilleure finition, avant démarrer le processus de gravure.

La composition formelle d'un élément standard (type simple) pour générer la macrotexture dans un niveau homogène et de même profondeur est beaucoup moins couteuse que les macrotextures de deux ou plusieurs éléments avec des différentes profondeurs (type complexe).

Globalement, la profondeur des microtextures (plus courantes) à être gravé dans la cavité du moule varie entre 10 μm et 250 μm (micromètres), en fonction des spécifications design, comprenant le niveau de rugosité souhaité. Donc, de 10 μm à 50 μm pour les microtextures plus fines, discrets et délicates et de 50 μm à 250 μm pour les plus expressives, grossières ou remarquables au niveau tactile.

Les macrotextures sont aussi soumises aux règles de base pour contribuer à la bonne extraction de pièces du moule dans le processus d'injection. Donc, les profondeurs et les angles de surfaces sont toujours contrôlés comme une variable indépendante en fonction de son taille et position dans l'espace. C'est recommandé à considérer 1 degré pour l'angle d'extraction à chaque 10 μm de profondeur de la macrotexture et prioriser la direction du dessin de texture vers le sens d'extraction, aussi bien que la réduction des arêtes vives sur l'élément formel de la macrotexture.

L'ensemble des indicateurs, demandant une attention très important de la part du concepteur dans la phase amont de conception, pour éviter les problèmes de fabrication et toujours rajouté de la valeur au produit à travers des corrects spécifications design par rapport les macrotextures tactiles.

Au niveau d'analyse technique des surfaces, par rapport les macrotextures tactiles, nous pouvons considérer 3 paramètres importantes liés à des valeurs analogues à la dimension sensorielle humaine (KUNZLER, 2003) : **La rugosité, la dureté et la dissipation thermique**. Ces paramètres techniques seront mis en relation avec la perception d'utilisateur dans la phase expérimentale de cette thèse, pour établir une large corrélation visuo-tactile.

- LA RUGOSITÉ :

La rugosité est la combinaison des irrégularités, c'est à dire, de petites protubérances et des cavités qui caractérisent une surface. La rugosité peut être le résultat inhérent du processus par lequel le produit a été obtenu, ou peut être défini un processus spécifique pour la finition de surface souhaitée.

La rugosité de la surface peut être mesurée par un « profilomètre à contact » aussi appelé « rugosimètre », comprenant un équipement (normalement numérique et compact) qui permette à détecter la variation de la rugosité par le déplacement mécanique et bidimensionnelle (axe X et Z) d'une aiguille diamantée sur la normal de la surface (*voir Figure 27A*), ou simplement un équipement unidimensionnelle (axe Z) par un dispositif analogique ou numérique pour mesure point à point. Nous pouvons utiliser encore les profilomètres optiques à balayage (sens contact, avec des signaux lumineux) ou la numérisation de la surface avec un scanner laser (*voir Figure 27B*) en récupérant les coordonnées du profil en 3 dimensions pour réaliser après le calcul de la rugosité.

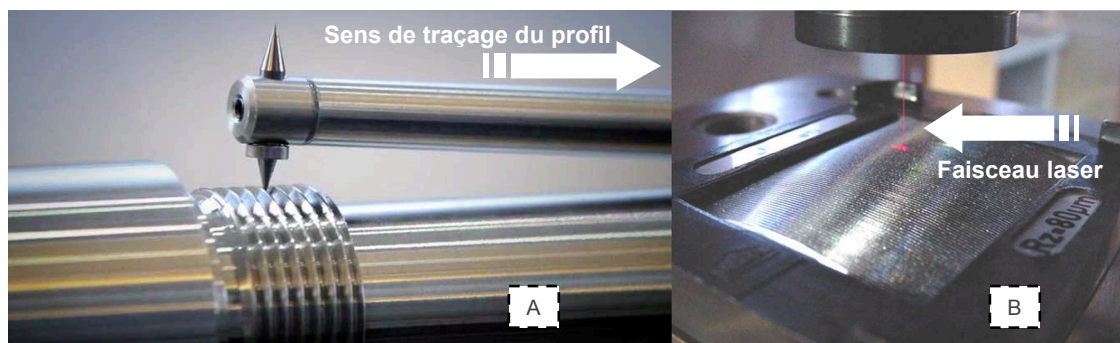


Figure 27 : (A) Profilomètre à contact ; (B) Scanner à laser

En raison de notre besoin pour diriger l'étude de la rugosité au profil d'une macrotexture tactile et pas une microtexture, les valeurs mesurées sont idéalement caractérisées par la moyenne arithmétique définie par le paramètre "Ra". Alors, la rugosité moyenne (Ra) est la moyenne arithmétique des valeurs absolues des points du profil de surface (des pics et des vallées), à partir de la ligne moyenne au long du parcours de mesure.

En général, l'analyse de la rugosité, comme partie de l'état de surface, est attribuée aux métaux, compte tenu des mesures de précision nécessaires au contrôle de qualité de plusieurs pièces. Globalement les valeurs moyennes (Ra) varient de 0,01 à 15 Ra, et des pièces métalliques de surfaces grossières, fondues, forgés et laminés, recevant des valeurs moyennes supérieures à 15 Ra (WHITE, 1999). La même moyenne élevée (Ra) sur cette échelle peut comprendre aussi d'autres classes de matériaux (bien que exceptionnel pour cette méthode) tels que les polymères.

Pour observer une valeur moyenne de la rugosité, il faut respecter des critères comme la longueur d'échantillonnage, définie par « *Cut-off* », par rapport au profil tracé. Ce profil total doit être 5x la distance *Cut-off* selon les normes ISO pour l'Etat de Surface. Le « *Cut-off* » est le premier paramètre qui affecte la mesure. Il est défini par les harmoniques de longueur d'onde à une distance déterminé, qui sont prises en compte dans l'évaluation des caractéristiques de rugosité, comme Ra, Rq, etc. (SILVA, 2006). La détermination de la valeur de « *Cut-off* » est indiquée par la norme « ISO 4287:1998 » à travers la distance identifiée entre les pics et les creux (*voir le Tableau 7*).

Distance entre Pics et Creux (mm)	Cut-off (mm)
< 0,04	0,08
de 0,04 à 0,13	0,25
de 0,14 à 0,4	0,8
de 0,5 à 1,3	2,5
> 1,3	8

Tableau 7 : Valeurs de cut-off pour profils périodiques.

Source : ISO 4287 :1998

La norme ISO 4287:1998 indique aussi le classement des rugosités à partir des valeurs moyennes de « Ra » en « μm » (*voir le Tableau 8*).

Classement de la Rugosité:	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Rugosité moyenne "Ra" (μm):	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

Tableau 8 : Relation entre la valeur de Cut-off et la distance de pics et creux.

- LA DURETÉ :

La propriété de dureté des matériaux est probablement un des attributs le plus demandés dans la sélection de matériaux. Cette propriété est liée à la résistance et la durabilité d'un produit. La dureté est définie par la résistance de surface du matériau à la pénétration d'un autre matériau plus dur (FERRANTE, 1996). Ainsi, les essais techniques sont effectués avec un duromètre de pointe diamantée (voir Figure 28).

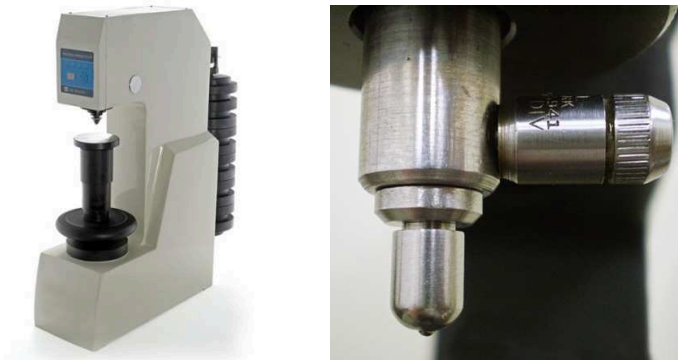


Figure 28 : Duromètre et dispositif perforant avec pointe diamantée.

Pour tous les différentes classes de matériaux (céramiques, naturelles, composites, métaux et polymères) les échelles de dureté les plus utilisés sont identifiés dans le tableau 9.

Matériaux	Echelles de dureté plus utilisés			
Céramiques	>	Vickers	Knoop	
Composites	>	Knoop	Brinell	
Métalliques	>	Brinell	Rockwell B et C	Vickers
Naturels	>	Janka (pour des bois)	Mohs (pour des pierres)	
Polymériques	>	Shore A, C et D	Rockwell R et M	Brinell

Tableau 9 : Groupes d'échelles de dureté pour les matériaux.

- LA DISSIPATION THERMIQUE :

La dissipation thermique est la capacité du matériau à conduire l'énergie thermique par rapport à sa capacité à le stocker. Cette propriété est le rapport entre la conductivité thermique et la capacité thermique volumique (KREITH, 1983). Les matériaux ayant des

valeurs élevées de la diffusivité thermique, réagissent rapidement aux changements des conditions thermiques qui leur sont imposées. Les matériaux qui ont de faibles valeurs, prennent plus de temps pour atteindre une nouvelle condition d'équilibre (ASHBY, 2011) (FERRANTE, 1996).

Dans le cadre de notre recherche, la dissipation thermique est considérée prioritairement dans la relation de transfert de chaleur du corps d'utilisateur (source d'énergie) vers le produit touché. Ainsi, nous considérons l'hypothèse de que la capacité de certains produits de retenir la chaleur plus long temps peut influencer le confort thermique d'utilisateur et caractériser une sensation agréable ou pas.

Entre les moyens de mesures identifiées, nous considérons le moins intrusive. Les « cameras thermiques », aussi appelés « thermographe infrarouge » (voir *Figure 29A et Figure 29B*) sont capables de capturer plusieurs points thermiques d'intérêt simultanément pour la comparaison de la dissipation thermique en fonction du temps parcouru. Les valeurs sont présentés en degrés Celsius (°C). Le thermomètre infrarouge (voir *Figure 29C*), fourni la même information, mais pas assez précis et sans la référence d'une image thermique pour une analyse plus complète.

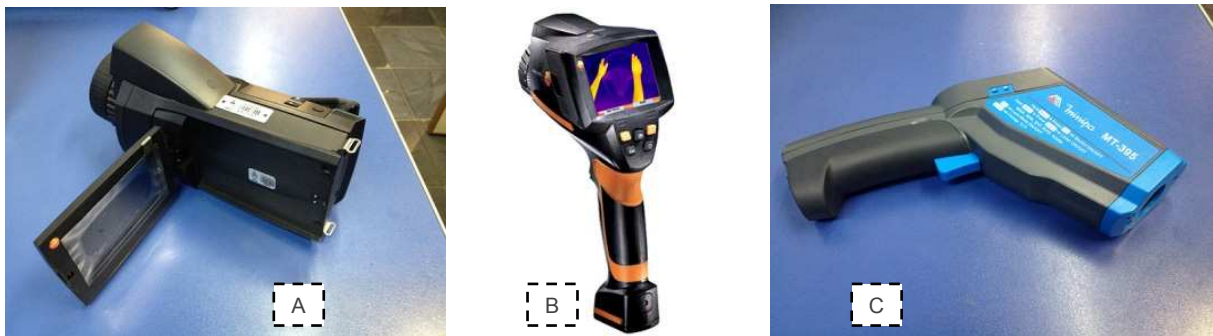


Figure 29 : Cameras thermiques portatifs (A et B) et Thermomètre infrarouge (C).

A partir de l'ensemble de caractéristiques techniques exposées relatives aux paramètres pour la fabrication et l'analyse de macrotextures, nous présentons un tableau de synthèse en récapitulant les caractéristiques les plus pertinentes (voir *Tableau 10*) pour le contexte de ce travail. Ce tableau présente les définitions et les spécifications techniques ainsi que les unités de mesures corrélées en considérant un contexte particulier : application dans le milieu automobile (matériaux polymériques). L'impact de chacune des caractéristiques sur la perception visuo-tactile a été considérée.

	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	DEFINITION	SPECIFICATIONS	UNITE DE MESURE	IMPACT SUR LA PERCEPTION VISUO-TACTILE
fabrication	procédés de texturation	Les procédés pour générer les macrotextures industrielles à travers des différents types de matrices	<ul style="list-style-type: none"> ● attaque chimique ● électroérosion ● sablage ● faisceau laser 	-----	<ul style="list-style-type: none"> ✓ important ✓ important ~ limité ✓ important
analyse de surface	paramètres d'analyses de textures	Sont les paramètres qui permettent de caractériser techniquement les macrotextures	<ul style="list-style-type: none"> ● rugosité ● dureté ● dissipation thermique 	micromètre shore degré Celsius	<ul style="list-style-type: none"> ✓ important ~ limité ~ limité
	équipements d'analyses de textures	Sont les équipements nécessaires pour mesurer les macrotextures à travers les paramètres techniques	<ul style="list-style-type: none"> ● rugosimètre ● duromètre (polymères) ● camera thermique 	µm (Ra) shore (A, D) C°	-----
analyse visuelle	caractérisation dimensionnelle	Est relative à la distance entre les pics et les creux dans un standard de texture en définissant l'échelle de rugosité	<ul style="list-style-type: none"> ● microtexture (<0,5mm) ● macrotexture (>0,5 et <50mm) ● megatexture (>50 et <500mm) 	mm mm mm	<ul style="list-style-type: none"> ~ limité ✓ important ✓ important
	caractérisation formelle	Est relative à l'interprétation formelle des grains de la texture	<ul style="list-style-type: none"> ● organique ● géométrique 	mm mm	<ul style="list-style-type: none"> ~ limité ✓ important
	caractérisation granulométrique	Est relative à l'organisation de l'ensemble des éléments (grains) dans l'espace	<ul style="list-style-type: none"> ● régulière ● irrégulière 	état / cm ² état / cm ²	<ul style="list-style-type: none"> ✓ important ~ limité
	caractérisation densimétrique	Est relative à la quantité des éléments (grains) dans l'espace	<ul style="list-style-type: none"> ● nombre élevé ● nombre faible 	nombre / cm ² nombre / cm²	<ul style="list-style-type: none"> ~ limité ✓ important
	équipements pour l'analyse visuelle de textures	Sont normalement utilisés des appareils photos haute définition pour la macrophotographie	<ul style="list-style-type: none"> ● objectif macro au grandissement 1:1 	pixels	-----

Tableau 10 : Tableau de synthèse de caractéristiques techniques pour les macrotextures.

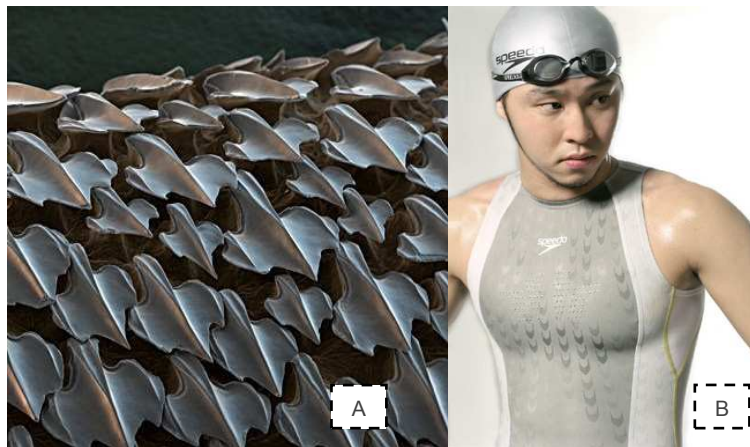
Pour résumer, la définition de l'ensemble de ces paramètres techniques et les équipements sont fondamentaux pour appuyer une recherche dans le cadre du développement produit, mais surtout pour enrichir la multidisciplinarité avec la dimension subjective traitée dans le contexte de cette thèse. Le prochain chapitre donne l'accent sur l'intégration d'analogies par une nouvelle discipline qui associe des inspirations issues de la nature et soutenue par la technologie pour la création de matériaux et textures.

2.1.4 Analogies et Applications

En recherchant des sources d'inspiration et de création applicables aux produits industriels et surtout différenciées, la Biomimétique (ou la Bionique) est un outil important pour cette étude, dans la mesure où celle-ci relève de la nature, des formes, principes, propriétés ou mécanismes applicables aux objets.

La Biomimétique est la science des structures et mécanismes morphologiques et biologiques établissant des relations entre celles-ci et leurs possibles applications dans l'industrie. Les textures issues de la nature sont très singulières. Elles dérivent d'une évolution lente où elles sont organisées sur une forme plus efficace. S'inspirer directement de la nature ouvre un large éventail de possibilités créatives qui peut être viabilisé par l'utilisation d'équipements technologiques tels que la numérisation tridimensionnel assisté par des logiciels CAO, également par des logiciels vectoriels dans la phase de conception. Ces recours ont permis le développement d'une méthodologie relative à la texture en ce qui concerne sa taille et son standard.

De nombreux exemples de texture sont caractéristiques de l'inspiration à partir de micro-structures (voir *Figure 30* et *Figure 31*) des surfaces des éléments naturels (le plus souvent avec des applications fonctionnelles et technologiques - microtextures). Dans ce cas, les textures ne sont pas facilement perceptibles par les organes des sens, car ils sont produits à l'échelle microscopique.



*Figure 30 : Microtexture inspirée par la peau de requin.
(A) Peau de requin – écailles placôïdes ; (B) Tissu de natation Speedo® avec sa microtexture.*

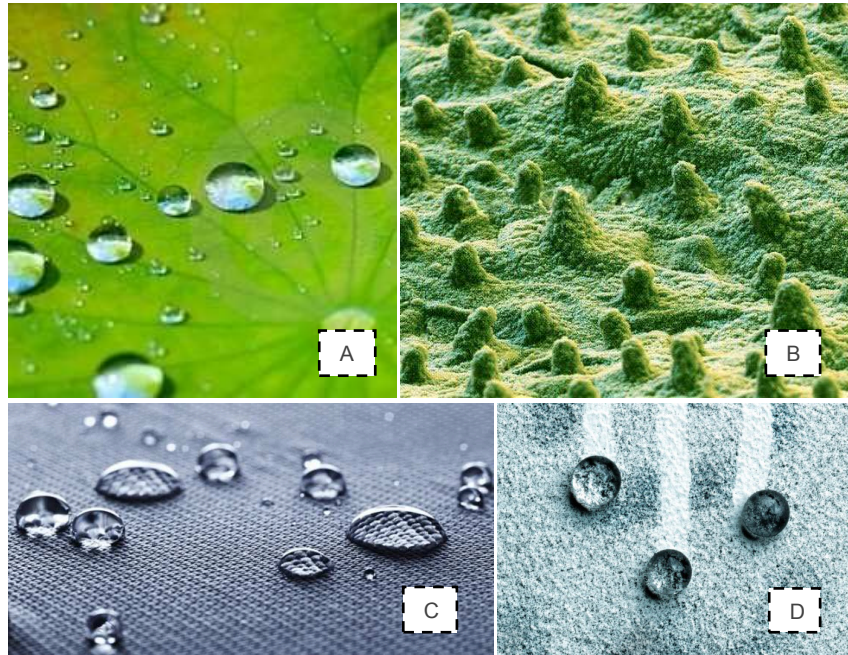


Figure 31 : Microtextures inspirées dans la surface de la feuille de Lotus (hydrophobique).
 (A) Feuille de Lotus ; (B) L'image magnifiée : 1250x ; (C) Tissu avec nanotexture de Lotus ;
 (D) Ancre « Lotusan® » autonettoyant.

Surtout il est possible de trouver de nombreux motifs liés à des textures macroscopiques naturelles (macrotextures). Ceux-ci, dans la plupart des cas, influencent les caractéristiques esthétiques de permettre l'exploitation de la surface visuelle et tactile de la matière.

Selon DISCHINGER, (2006) les textures provenant de la nature sont très particulière. Dans un monde de solutions artificielles répétées est un retour aux paramètres organiques et émotionnellement comprise est donc d'une extrême importance dans la conception de nouveaux produits.

Le Designer japonais Naoto FUKASAWA a développé des packs de jus de fruits avec des caractéristiques identiques aux respectives fruits en couleur et texture (voir Figure 32). Le concept vise stimuler le consommateur avec sensations très proches de celles acquises par fruits réales, par le toucher, la vision et surtout l'odorat (microcapsules d'essences aromatiques incluses dans la matière), après toucher l'emballage.

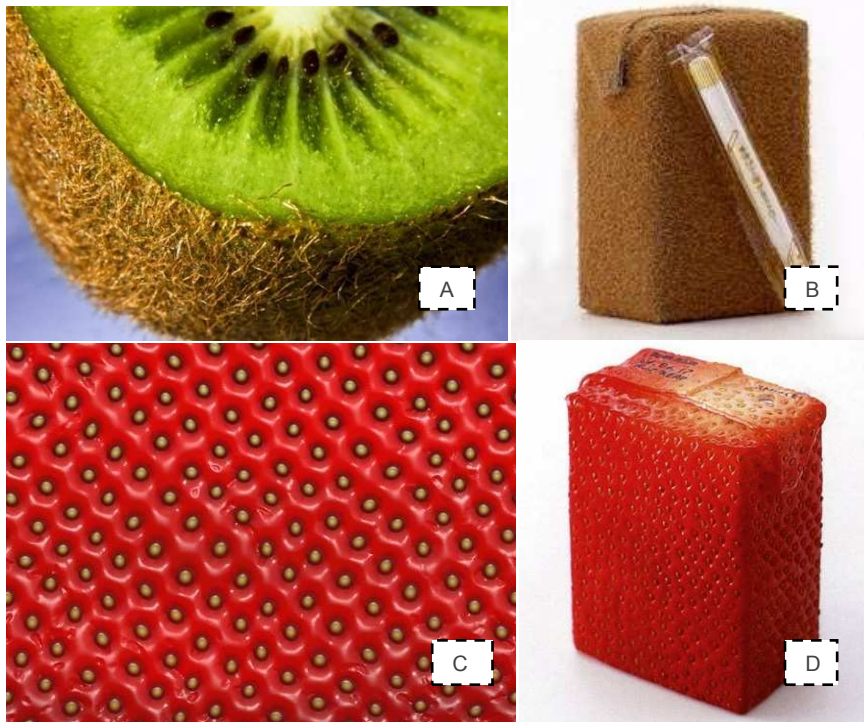


Figure 32 : Macrotextures tactiles des fruits et respectives emballages de jus.
 A - fruit Kiwi ; B- emballage texturé - Kiwi ; C- fruit fraise ; D- emballage texturé - fraise.

Le Designer brésilien Vinicius MONTANA a créé un revêtement de bouteille « épluchable » pour les produits Smirnoff® (Caipiroska) avec jus de citron, fraise et fruit de la passion (voir Figure 33). La relation émotionnelle d'éplucher le fruit pour préparer la traditionnel « *Caipirinha*¹¹ » brésilienne c'est un exemple d'expérience utilisateur. La macrotexture dans ce cas est visuelle et pas tactile.



Figure 33 : Macrotextures visuelles « épluchables » des fruits sur bouteille de boisson alcoolisée.
 Source : <http://www.behance.net/vinimontana>

¹¹ Cocktail brésilien très populaire, préparé à base de *cachaça* ou vodka, de sucre et de citron vert.

Des textures inspirées par les concepts de biomimétisme sont constamment développées, mais le plus souvent sans méthodologies, c'est-à-dire, quand nous regardons les applications sur le marché, nous pouvons trouver de nombreuses copies indiscriminés de la nature, développés empiriquement, avec l'absence de perspectives pour ses évaluations émotionnelles.

Enfin, la recherche d'une relation affective et durable avec les produits peut être établie directement dans l'eco-conception dans les activités de projets, entraînant ainsi une grande connexion avec l'environnement. Dans ce concept, les éléments naturels, en état d'équilibre avec l'évolution de la société réfèrent aussi à des sources d'inspiration pour l'inclusion de valeurs perceptives en relation avec des surfaces dénuées de facteurs émotionnels.

La notion de fragilité a déclenché une recherche sur le milieu naturel qui offre une richesse inépuisable de textures diverses, entraînant une exploitation de ce milieu dans le sens d'une voie d'ajout de qualité sensorielle. Du point de vue du développement de produit, cette étude s'insère dans un champ de recherches appelé Biomimétique. Celle-ci ne défend pas l'idée d'une reproduction des systèmes naturels, mais d'une évolution technologique et de leurs principes adaptés à notre réalité industrielle.

Basé sur ce concept de biomimétisme, nous avons présenté dans le chapitre suivant la méthode de développement de macrotextures tactiles. A partir de cette méthode, plusieurs macrotextures numériques ont été insérées dans une base de données.

2.1.5 Bases de Données de textures

Dans le laboratoire de Design et Sélection de Matériaux – LdSM – une banque de textures a été créé à travers la ligne de recherche « Perceptions et Matériaux ». Cette banque a organisé une ample structure qui comprendre les différents reliefs à partir de leurs fonctions, inspirations, caractéristiques et origines. Cette structure permet au designer de choisir plus efficacement un matériau déterminé suivi d'une macrotexture visuel ou tactile.

La Banque de Textures est une structure d'organisation qui permet, avec les équipements technologiques comme le scanner 3D, la création de reliefs esthétiques et fonctionnels.

Il y a deux manières de nourrir la base de données de textures : On démarre à partir de le choix entre des structures bidimensionnelles ou tridimensionnelles. Dans les deux cas, après l'analyse du sujet, potentiellement par microscopie électronique de balayage, loupe ou macrophotographie et registre des sources et d'autres informations, on peut faire la numérisation tridimensionnelle du sujet par laser. (GUANABARA *et al*, 2002). L'échantillon ne devra présenter aucune impureté. Il en résultera la reproduction d'un nuage de points représentant la texture originale en 3D.

Ce nuage de points peut être transformé en joignant trois d'entre eux pour former un triangle. La conversion en réseau de ces triangles est essentielle pour le travail ultérieur et peut être faite automatiquement par certains logiciels dessinateur projeteur CAO/DAO. Le fichier est sauvé dans l'extension « stl » qui peut être exploitée pratiquement à l'aide de tous les logiciels 3D.

Pour la création de module de répétition, on doit faire un traitement du fichier résultant du balayage. À ce stade, les ajustements ne sont que de légères altérations qui permettent une parfaite combinaison entre les modules, garantissant ainsi, avec la répétition, la génération d'un relief homogène.

Parfois, il peut y avoir des textures à limites visibles, identifiant le module. Il peut y avoir aussi, un reflet du module, gérant ainsi une combinaison automatique. Mais, dans d'autres cas, il est important de créer une illusion d'optique afin de donner l'impression d'une texture qui continue le revêtement.

Afin de rendre possible l'union parfaite entre les modules, un travail méticuleux de connexions de toutes les lignes doit être fait de façon à assurer une zone de jonction subtile.

Pour ceci, le développement numérique d'une texture et sa parfaite combinaison formant son module répétitif exige souvent un raffinement durant le processus de « paramétrisation ». Ceci est caractérisé par l'extraction de propriétés formelles typiques des textures analysées dans la nature, en composant une unité capable de se répéter de façon continuée et sans segmentations, prenant en compte la condition de simplification du relief qui définit la texture tridimensionnelle.

La simplification doit observer la limite entre le résultat minimisé et aisé pour un processus productif et les impressions tactiles et visuelles que la texture originale offre dans sa condition naturelle. Sous cet angle, la « tolérance perceptive » fait partie du rôle du designer, qui doit trouver une condition optimale pour ne pas endommager le standard tridimensionnel de la texture, préservant ainsi la valeur émotionnelle contenue dans l'échantillon de référence (*voir Figure 34*).



Figure 34 : Analyse de répétition de texture

2.2 Méthodes d'Analyse et de Sélection

Dans le cadre de cette recherche, nous proposons d'évaluer les différentes méthodes de conception, d'analyse et de sélection de matériaux ou même des bases de données pour générer des discussions et pour trouver la mise en relation avec la perception des textures (finitions des produits) et les dimensions du design émotionnel.

Pour une brève analyse de ce contexte, nous avons comparé les dix auteurs de méthodologies de conception parmi les écoles les plus reconnues de design en Europe et en Amérique du Sud, au cours des dernières décennies (*voir Tableau 11*).

	Authors (Function/ Location)	Year of publication	Impact of emotional attributes in the design methodology		
			weak	partial	strong
Authors of Product Design Methodologies	BONSIEPE, G. (Designer - Germany)	1984	X		
	QUARANTE, D. (Designer - France)	1984		X	
	PAHL, G. & BEITZ, W. (Engineer - Germany)	1988	X		
	ULRICH, K. T. & EPPINGER, S. D. (Engineer - USA)	1995	X		
	ROOZENBURG, N.F.M. et EEKELS, J. (Designer - Netherlands)	1998		X	
	BAXTER, M. (Neurobiologist - England)	1998	X		
	CROSS, N. (Architect - England)	2000	X		
	LOBACH, B. (Designer - Germany)	2001	X		
	BACK, N. (Engineer - Brazil)	2008	X		
	PLATCHECK, E. (Designer - Brazil)	2012	X		

Tableau 11 : Impacte sur les Méthodologies de Conception Produits.

On peut cependant remarquer qu'aucun d'entre eux comprend aspects émotionnelles importantes ou des aspects techniques exclusivement liée au processus d'analyse ou de sélection de textures, dans les phases amont de leurs méthodologies. L'impact des attributs émotionnels dans les méthodologies de conception sont remarquées dans le tableau 11.

Dans le contexte des méthodologies de conception dans le domaine du design produit, ont tendance à avoir de nombreuses propositions d'étapes successives dans la phase amont pour atteindre des objectifs qui répondent aux exigences du consommateur.

La définition de CROSS (1993), c'est que la méthodologie de conception est caractérisée par l'étude de principes, pratiques et procédures de Design. L'objectif c'est améliorer son exécution et présenter une orientation fortement dirigé au processus de conception.

Selon ROOZENBURG et EEKELS (1998), Méthodologie de conception "est la branche de la science qui étudie la structure, les règles et des méthodes, de façon critique, pour la conception de produits, dans le cadre d'artefacts, de matériaux et de systèmes."

En rapport à ce point de vue, nous citons LEBAHAR (2005), qui propose une synoptique qui encourage la construction cognitive et la communication d'un modèle d'artefact, par une activité humaine. Il dit que l'artéfact peut être défini en tant qu'objet ou en tant que système (voir Figure 35).

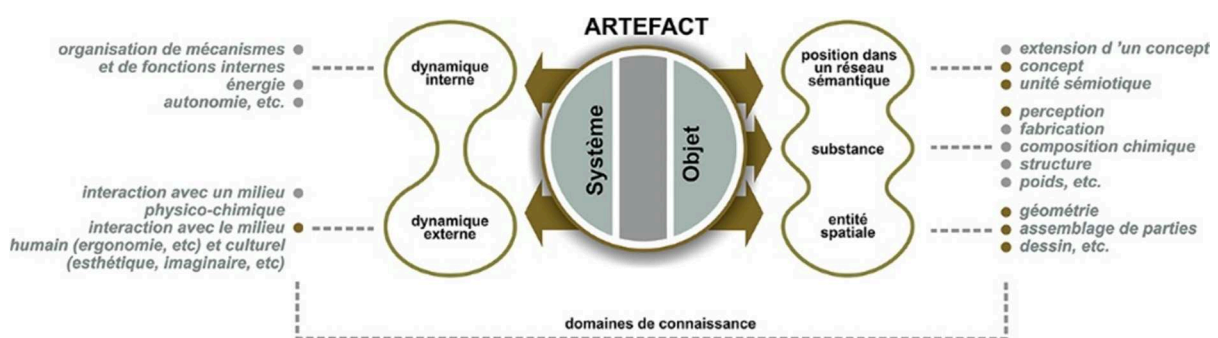


Figure 35 : Modèle de Lebahar sur l'interaction système-objet des artefacts avec les domaines de connaissance (LEBAHAR, 2005).

Parmi les 5 dimensions soulignées par les flèches ci-dessus, nous remarquons que 4 d'entre elles ont les relations les plus importantes avec notre sujet de recherche. On peut citer dans la partie « Objet », les dimensions « **position dans un réseau sémantique** », « **substance** » et « **entité spatiale** ». Et dans la partie « Système », on observe la dimension « **dynamique externe** ». Les domaines de connaissance qui nous donnent des

pistes pour notre phase d'expérimentation sont respectivement : « **concept et unité sémiotique** », « **perception** », « **géométrie, assemblage de parties et dessin** » et « **interaction avec le milieu humain et culturel** ».

La plupart des anciens modèles de conception sont structurés dans les visions globales, à partir des années 60, quand ils ont initié des recherches en méthodologies de conception (BURDEK, 2006). Dans ces méthodologies, on observe des aspects plus stratégiques et techniques et moins spécifiques et humains.

Cependant, superficiellement, mais omniprésente, la subjectivité intègre également les processus d'analyse et de développement de produits. Le point clé est d'atteindre les objectifs qui répondent aux demandes des consommateurs. Par conséquent, les plus grandes intégrations des facteurs humains dans les activités du projet sont présentes dans les récentes propositions d'outils de conception selon les nouveaux besoins détectés sur le marché.

Selon KRIPPENDORFF, (2000) le design centré sur le produit et ses aspects techniques a fait place à un design centré sur la conception humaine. Ce dialogue avec l'utilisateur prend en compte son point de vue, d'interpréter et d'agir sur le produit. Le plan d'action est lié à des pratiques sociales, des symboles et des préférences (KRIPPENDORFF, 2000). Ainsi, il est identifié que les utilisateurs ne réagissent pas aux qualités physiques des objets, mais ce qu'ils signifient.

FALLER, (2009) décrit : "l'individu est constitué d'un ensemble de idiosyncrasies¹² qui influencent leur interaction avec le produit, forgées tout au long de son existence par les expériences sociales et culturelles disponibles dans l'environnement dans lequel il apparaît".

TOMIYAMA, *et al* (2009), Ils présentent une discussion sur l'écart existant entre les méthodes proposées dans le contexte industriel et éducatif. Ils soulignent la classification des théories et méthodologies de conception, de sorte qu'ils tombent dans la catégorie « générale et concrète » ou « individuelle et abstrait ».

Pour l'analyse de données sur cette dimension « individuelle et abstrait » nous identifions un protocole à considérer qui est utilisé dans la traduction empirique du processus cognitif. La méthode de déclenchement de données est connue comme « *think-aloud* »

Selon ERICSSON et SIMON (1993), cette méthode considère que les sujets sont invités à effectuer une tâche et de verbaliser tout ce qui traverse l'esprit lors de l'exécution de

¹² Tempérament personnel, un ensemble de réactions propres à chaque individu.

la tâche. Les transcriptions écrites de la verbalisation sont appelées « *think-aloud protocols* » (TAP).

Pour enrichir ce contexte d'analyse et sélection, on peut voir différents points de vue sur le choix des matériaux, l'analyse des textures, de la métrologie sensorielle et de l'analyse de la valeur dans les sous-chapitres suivants.

2.2.1 Sélection des Matériaux

L'activité de la sélection des matériaux dans un design produit implique de nombreux facteurs qui doivent être considérés. Selon FERRANTE (1996), les concepteurs, prennent en compte la détermination des critères de sélection des matériaux parmi lesquelles se soulignant les 14 indiqués dans le Tableau 12 ci-dessous :

N°	Critères	Définitions
01	Considérations dimensionnelles	La taille influe sur le choix du matériau (faisabilité de la production selon les limites d'exécution) ;
02	Considérations de forme	La forme du produit doit être compatible avec la faisabilité technique de la production (matériel peut limiter les possibilités d'exécution en fonction du design) ;
03	Considérations de poids	Le contrôle de la densité est lié aux exigences de projet, (influe sur la stabilité ou l'équilibre du produit, l'évaluation ergonomique, le confort de l'utilisateur, etc.) ;
04	Résistance mécanique	La performance doit être compatible avec l'action de forces appliquées sur le produit (matériaux à propriétés mécaniques optimisées) ;
05	Résistance à l'usure	Détermine le choix des matériaux pour une performance caractérisée généralement par minimisation de l'usure ;
06	Connaissance des variables opérationnelles	Établit une influence sur l'évaluation des matériaux quant aux exigences spécifiques demandées en service, selon l'analyse de la tâche que le projet sera soumis ;
07	Facilité de fabrication	Une condition très courante, qui vise généralement à des mesures concrètes dans le secteur manufacturier, où se trouve la variable « DFA » (<i>Design for Assembly</i>) ;
08	Besoins de durabilité	Le produit met en évidence le besoin de grande ou de courte durée selon aux fins d'usage prédéfinies. Variable est corrélée avec l'éco-conception (<i>Design for Environment</i>), régi par l'analyse du cycle de vie du produit ;
09	Nombre d'unités	L'action simultanée de l'exigence de facilité de fabrication et les coûts de production des produits, (amortir le coût en fonction du nombre de pièces produites) ;
10	Disponibilité du matériel	Interaction entre les variables « facilité de fabrication » et « coût » (peut établir l'influence de l'éco-conception, en ajoutant aux préoccupations environnementales)
11	Coût	conditionné à une réduction ou une augmentation des investissements (interagit avec de nombreuses exigences de conception et influe sur la décision du choix des matériaux) ;
12	Viabilité de Recyclage	Caractérisé par le choix des matières premières capables de reprocessement (<i>Design for Recyclability</i>) ;
13	Valorisation des déchets	intérêt communautaire dans la production durable et la valorisation de la collecte sélective des matériaux ; (ouverture des marchés pour la manipulation constante de matières premières déjà utilisées) ;
14	Degré de normalisation	Se réfère à une contrainte signalé par les exigences essentielles telles que définies précédemment et régulée à produits d'applications spécifiques (le facteur de sécurité peut être liée) ;

Tableau 12 : Critères de sélection des matériaux
Source : FERRANTE (1996)

Ces critères sont représentatifs pour aider à définir le résultat de la proposition du produit. Ainsi, un facteur important de ce processus est la multiplicité des critères. Dans la pratique, la sélection d'un matériau pour un nouveau produit basé sur un ensemble de critères. Les critères peuvent même être conflictuels, entraînant des difficultés pour obtenir une satisfaction simultanée. Dans ce cas, il faut effectuer les procédures d'optimisation et d'interaction.

Il ya encore des questions qui sont parfois obligatoires, telles que les requises ou restrictions relatives à propriété thermiques, optiques, électriques, chimique, etc.

L'accent sur les macrotextures tactiles dans le cadre de ce processus de sélection peut également influencer innombrables critères du tableau 12 ci-dessus, tels que : n° 02, 05, 06, 07 et 11.

FALLER et al. (2010), conçoit de plus, une méthode de sélection de matériaux sur la base de caractéristiques intangibles et détermine le besoin de classer les informations sur la base des propriétés des matériaux et produits comme tangibles ou techniques, sensoriels ou esthétiques et intangibles ou subjectifs.

Les études plus diffusées quant à la sélection des matériaux sont proposés par ASHBY et JOHNSON (2002). Leurs méthodes sont les suivantes : sélection par analyse, synthèse, similitude et inspiration, les plus liées à l'obtention de caractéristiques intangibles étant la synthèse et l'inspiration.

CONRAN (2005) aborde également les méthodes de sélection des matériaux associés à la méthode d'Ashby, avec déterminations subjectives (caractéristiques intangibles). Son objectif était d'attribuer une signification à des matériaux et fournir un soutien pour les designers dans le processus de sélection des matériaux.

Selon LENNART et KEVIN (2003), l'objectif purement fonctionnel dans la création d'un produit est l'une des caractéristiques les plus communes dans la plupart des méthodes de sélection des matériaux. Cependant, la considération des aspects créatifs (formes) combinés avec des matériaux innovants e inhabituels, assurant de meilleurs résultats sur un public de consommateurs qui devient désormais plus exigeants (*voir Figure 36*).



Figure 36 : Montre Philippe Starck (Matériel et forme innovante)

Les auteurs proposent une méthode d'intégration de la sélection des matériaux, du marketing et de l'analyse des produits, à incorporer des facteurs tels que la forme du produit, les tendances du marché, l'aspect culturel, esthétique et environnemental. Autrement dit, l'harmonisation des caractéristiques tangibles avec intangibles dans le projet.

2.2.2 Analyse des macrotextures et Métrologie Sensorielle

Pour des raisons logiques, les textures visuelles (bidimensionnelles) sont beaucoup plus simples et moins cher à se produire (par différents techniques d'impression) que les textures tactiles. Par conséquent, l'évolution des méthodes d'analyse par rapport les textures, est beaucoup plus développé pour cette dimension visuelle que la tactile.

Ainsi, entre les méthodes appliquées aux textures visuelles, nous rencontrons suivent des références liés à la recherche de justificatives mathématiques pour décoder les standards graphiques. Dans cette façon, est possible de formaliser la caractérisation d'une identité pour la texture a partir de ses descripteurs subjectives. Elles prenant en compte des critères visuels tels quels : le contraste la granularité, l'orientation, la forme, la finesse, la régularité et la rugosité (JAIN et TUCERYAN, 1993).

Entre les domaines d'application, un axe en grand développement est la reconnaissance numérique des standards de texture en applications de sécurité. Pour identifier les critères sur l'image de la texture se fait l'analyse de pixels et les corrélations sur l'ensemble de pixels. Cette évaluation, rentre dans la dimension d'analyse de forme pour la caractérisation de défauts sur des macrotextures. Comme exemple, un visage sur les

cameras de surveillances pourra être bientôt classé et identifié sur des larges bases de données.

JAIN et TUCERYAN, (1993) identifions 5 types de méthodes d'analyse de textures : Les méthodes structurales, statistiques, d'étude des formes, spatio-fréquentielles et fractales.

L'analyse fractale est bien proche à des évaluations mathématiques identifiées dans les attributs d'origines biomorphologiques, comme les analogies présentés dans le chapitre 2.1.4 de la Partie 1. La suite de Fibonacci, le nombre d'or, la divine proportion, sont des éléments structurels d'exemple qui renforcent l'identité organisationnelle complexe de textures naturels, bien équilibrés.

Par contre, l'interprétation des informations dans un environnement naturel n'est pas une tâche simple en comparaison avec des textures industrielles, normalement géométriques. En effet, les textures naturelles sont très irrégulières et ne peuvent pas assurer une modélisation précise par les techniques mathématiques actuelles.

D'autres exemples sont aussi trouvés dans la « médecine », pour l'analyse de densitométrie sur les images d'examens, dans la « pétrographie¹³ », concernant l'étude de roches dans le domaine de la géologie, etc.

Globalement, les méthodes cherchant établir une relation objective et concrète pour « biaiser » la perception humaine et valider analytiquement une reconnaissance de défaut des textures.

La caractérisation de la texture au niveau fonctionnel, principalement les tactiles comme revêtement, peut être innovante sur un produit, contribuant d'ailleurs à l'accessibilité aux utilisateurs dans le concept de Design Universel (multisensorialité, en ajoutant l'inclusion pour les handicaps visuels).

Dans le même niveau, les textures pouvons impacter positivement aux industriels, par exemple, dans la jonction subtile entre pièces, masquant ainsi diverses imperfections du processus industriel liés aussi bien au matériau utilisé, comme à la production. Cet usage conscient inclue la compréhension du matériau utilisé, la géométrie de la surface et les étapes de confection du produit (SILVA, 2006).

Il convient aussi de considérer toujours l'aspect fonctionnel des textures, entre elles, la manutention, le nettoyage, l'imperméabilité, la fixation, etc. La combinaison des processus de fabrication et des matériaux adéquats résulte en aspects tactiles et fonctionnels qui peuvent être associés aux textures.

¹³ Science des roches, de leur structure, de leur composition

BOUCHARD (2007), après avoir étudié les phases d'informations de projets cognitifs, a formé une méthode de base d'analyses de tendances qui peut être utilisée dans la projection du produit. Celle-ci amène les designers à considérer la relation semi-optique entre les valeurs de l'utilisateur, fonctionnalité dans tous les domaines d'influence et les aspects du produit tels que la couleur, la forme, la texture et les principes d'utilisation.

Sur les bases de ses concepts, l'auteur a développé un outil dirigé à l'information des designers, contribuant au processus cognitif. Cet outil, appelé TRENDS, est un recours informatique qui permet l'évaluation statistique (composé de textes et d'images du WEB) et l'élaboration des cartes sémantiques, palettes de couleurs et groupes de référence.

Dans cet outil, à travers l'identification de palettes, il est possible de lier les standards de textures (étude de l'intérêt du LCPI, encore non appliqué au système TRENDS) par la distinction de régions homogènes à partir de celles qui sont structurées sur la base de critères harmoniques et cohérents de recherche.

Il devient aussi important de réfléchir sur le point de vue technique, basée sur l'ingénierie où la validation des résultats est liée à l'instrumentalisation de la méthode. Dans ce cas, on peut appeler ceci de métrologie sensorielle.

Parmi les premières références dirigées vers la relation perceptuelle des produits on trouve sur le domaine du génie alimentaire, où se sont développés plusieurs outils pour la métrologie sensorielle. Cependant, ce métier se concentre sur la perception sensorielle du goût, suivie par la vue, l'odorat et le toucher (par la bouche).

Les réflexions de cette métrologie sensorielle adaptée à la perception du produit industriel nous remettent à prioriser les sens de la vision et du toucher (à la base). Par conséquent, l'ensemble de descripteurs sensoriels aussi bien que les sémantiques sont utiles à formuler des échelles différentielles (OSGOOD, 1957) pour l'analyse quantitative des attributs subjectifs.

Par rapport l'évaluation subjective basées sur le ressenti d'utilisateur dans le contexte de la métrologie sensorielle, GERRA (2008) parle de le traitement de l'information délivré par l'utilisateur et reçue par le concepteur.

Nous sommes tous capables d'évaluer un produit quelconque simplement en le regardant. Cependant, est bien probable que chacun d'entre nous met une valeur de subjectivité exclusive et inhérente à soi-même. Dans ce sens, des méthodes doivent être développées pour réduire cet écart de subjectivité. Ces méthodes trouvent leur fondement dans l'analyse sensorielle (GERRA, 2008).

A partir du stimulus de l'interaction avec le produit, l'individu doit convertir (à la fois) sa perception et sa sensation en traduisant par des mots, suivant chargés par des

expressions, pour se faire comprendre. Dans ce point, le récepteur (concepteur) trouve éventuellement des difficultés en décoder le message, car ils ne partagent pas toujours le même vocabulaire et ne donnent pas nécessairement le même sens aux termes utilisés pour exprimer cette information. Par conséquence, des transformations successives de l'information sont suivant menées dans cette mise en relation et expliquent une partie des écarts de contrôle relevés d'un individu à l'autre.

Ainsi, selon BOUCHON-MEUNIER (1997), l'évaluation subjective présente des différentes méthodes connexes à enrichir l'étude à un niveau majeur de compréhension. L'auteur indique 7 méthodes pour l'évaluation subjective (voir Figure 37) et nous les adaptons au contexte de cette recherche.

- **L'analyse sensorielle** : il s'agit d'une méthodologie basée sur les sens physiques (vue et toucher, dans ce cas) de l'instrument de mesure qui est dans ce cas un jury d'experts (Designers ou Ingénieurs) ou un jury d'utilisateurs (conducteurs de véhicules).
- **La physiologie sensorielle** : c'est l'étude du fonctionnement des sens. Nous pouvons considérer des changements physiologiques comme la fréquence cardiaque et dilatation de pupille pour contribuer dans l'évaluation subjective.
- **La psychologie** : elle s'intéresse au processus de perception de l'objet par le sujet (soit les concepteurs, soit les utilisateurs).
- **L'analyse de données** : ce domaine regroupe un ensemble de méthodes permettant d'extraire l'information à partir d'une quantité importante de données (variables indépendantes par rapport la caractérisation utilisateur, questionnaire, etc.).
- **La décision multicritère** : il s'agit d'étudier les méthodes de choix en fonction de plusieurs critères (le facteur déterminant qui influence les réponses). Cette méthode est basée sur l'évaluation des préférences.
- **La logique floue** : cette technique est basée sur une évaluation de l'objet réalisée à partir d'une échelle de valeur binaire [0, 1]. Cette méthode est applicable à notre contexte en des cas spécifiques (comme les options : oui ou non, dans un questionnaire). Cependant, nous pensons à adapter les échelles de 5 ou 7 points pour identifier l'intensité des attributs subjectifs.
- **La théorie du mesurage** : cette théorie se base sur les fondements mathématiques afin de pouvoir mesurer les grandeurs. Nous identifions la possibilité de conversion de données subjectives en des valeurs propres pour l'utilisation de l'analyse statistique multivariée, comme la méthode descriptive « Analyse de Composantes Principales » (ACP) ou la méthode explicative « Analyse de la variance » (ANOVA).

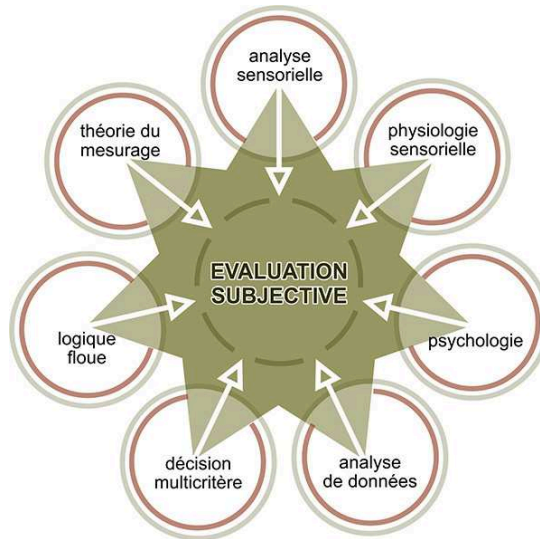


Figure 37 : L'évaluation subjective et ses domaines connexes – adapté de (BOUCHON-MEUNIER, 1997).

BASSEREAU et DUCHAMP (1995) ont traité la question de, où et comment mesurer la perception de l'objet. Ils soulignent que les qualités d'un instrument de mesure sont : la fidélité, la sensibilité et la précision. Cet ensemble constitue la confiance en un instrument. Ainsi on peut valoriser l'utilisation d'outils de haute précision pour instrumentaliser le processus. Ceux-ci donnent la légitimité des résultats expressifs définis par des grandeurs intrinsèques aux propriétés de notre intérêt. La numérisation 3D à laser, le prototype rapide ou l'usinage CNC sont des processus productifs d'appui aux méthodes subjectives d'évaluation.

Dans la publication de l'Institut Technologique - FCBA (2007), nous pouvons vérifier la synthèse d'une méthode d'ingénierie affective basée sur la thèse en ingénierie affective d'Alexandre de ROUVRAY (2006). Cet outil de conception permet de prendre en compte la perception des consommateurs par l'intégration de critères sensoriels dans les cahiers des charges.

La méthode d'ingénierie affective de ROUVRAY (2006), validé sur des projets de conception avec des industriels, repose sur deux épreuves successives : La catégorisation libre puis le classement hédonique d'un espace produit par des consommateurs. L'objectif de la méthode a été établir des relations entre la perception subjective des consommateurs et les attributs concrets d'un produit industriel.

Pour la caractérisation des matériaux à travers la perception, Renault et Quinte&sens a développé un instrument universel en 2000, appelé "Sensotact®". La méthode de cet outil, qui vise à faciliter la communication dans le contexte des valeurs perçues, suggère la

fragmentation du sens du toucher en 10 descripteurs associés à trois actions : contact statique, le mouvement orthogonal et tangentielle.

Selon MILLOT et al. (2004) cette méthode vous permet de comparer les produits, de manière hiérarchique, à cause des propriétés sensorielles désirées. La base de données traverse des valeurs objectives grâce à l'analyse instrumentale (physique grandeur, mécanique, rhéologique ou physico-chimique).

Le contact statique présente un descripteur "Thermique". La voie orthogonale dispose de 4 descripteurs : Dureté, Nervosité, Effet Mémoire et Collant. Le mouvement tangentiel dispos de 5 descripteurs : Fibreux, Relief, Râpeux, Bloquant et Glissant.

2.2.3 Analyse de la Valeur d'Estime

Historiquement, les premières apparitions de l'analyse de la valeur (AV), selon BASSO (1991), étaient liées à la recherche de nouveaux matériaux, de coût inférieur et en remplacement des matériaux rares. On retrouve par exemple des premières applications après la période néfaste de la Seconde Guerre mondiale. Ce phénomène a ensuite influencé significativement les générations suivantes sur la perception du consommateur et les attributs affectifs qui y sont associés.

La norme AFNOR NF-X50-150 présente la définition suivante par rapport l'AV :

« L'analyse de la Valeur est une méthode de compétitivité [des entreprises], organisée et créative, visant la satisfaction du besoin de l'utilisateur [client] par une démarche spécifique de conception [de produits, systèmes, services...], à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire. C'est une méthode opérationnelle pour susciter et organiser l'innovation. Une méthode est un ensemble d'outils organisés entre eux suivant une certaine démarche ».

BASSO (1991) définit l'AV comme un effort organisé pour atteindre la valeur optimale d'un produit, système ou service, en promouvant les fonctions nécessaires à moindre coût. En autres mots, l'AV est l'ensemble de techniques pour affecter des moyens (se traduisant par des coûts) au projet qui soient en adéquation avec l'importance relative des différents besoins à satisfaire (YANNOU, 1997).

L'AFAV - l'Association Française de l'Analyse de la Valeur présent la définition suivante de l'AV :

« L'Analyse de la Valeur est une méthode rigoureuse qui, à partir d'une expression formalisée du besoin réel (en utilisant l'Analyse Fonctionnelle par exemple), conduit une équipe pluridisciplinaire (ensemble des experts des domaines concernés) à concevoir des solutions qui répondront de façon optimale (le meilleur compromis) à l'ensemble des besoins recensés. »

Ainsi, l'AV est identifié à la base comme une méthode de réduction de coûts, mais elle s'agit également d'une méthode pour répondre aux besoins du client par rapport la fonctionnalité attendue du produit. L'action de cette méthode peut durer typiquement entre 6 mois et 2 ans, dans une entreprise et l'équipe de travail est normalement multidisciplinaire (développement, marketing, qualité, achats, fabrication et l'utilisateur final du produit).

Un résumé de l'action proposé par la méthode AV est illustré pour YANNOU (1997) à travers la formule suivant (voir *Figure 38*) :

$$\text{Action AV} \Rightarrow \text{Maximiser} \left(\text{Valeur} = \frac{\text{Satisfaction des fonctions}}{\text{Coûts engendrés}} \right)$$

Figure 38 : But d'une action AV

Une technique qui peut remplacer l'AV est la matrice de QFD (*Quality Function Deployment*). En parallèle à l'AV on trouve aussi l'Analyse Fonctionnelle du besoin (AF) qui comprendre une ensemble de techniques pour identifier et quantifier les vrais besoins et définir les problématiques.

Sur ce point de vue méthodologique, nous constatons que l'AV appliqué dans l'industrie par rapport les macrotectures tactiles « sujet cible de cette thèse », est souvent surclassée économiquement. Cet-a-dire, l'adition d'un traitement de la surface pour devenir texturée, peut représenter une élévation de coût pas justifiable pour certains niveaux de produits, en considèrent sa valeur pour l'utilisateur. En même temps, l'avantage industriel pour l'utilisation de macrotectures c'est la possibilité de cacher certains imperfections dans les jonctions de moules pour des pièces plastiques injectées. Par contre, les textures le plus classiques pour cette fonction sont de type organique de faible dimension modulaire, caractérisés comme « bruit visuo-tactile » et souvent identifiés sémantiquement par l'utilisateur comme « texture basique » (voir l'exemple sur la *Figure 39* - photo macro 1:1).

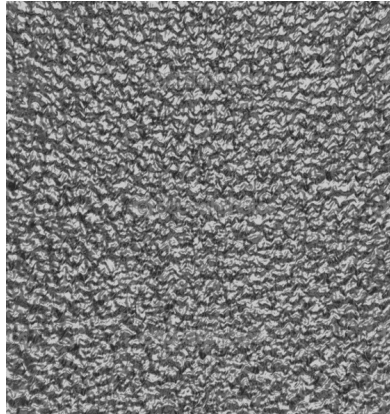


Figure 39 : Exemple de texture basique avec faible valeur ajoutée – photographie macro.

L'analyse de la valeur peut aussi arriver au niveau d'estime, quand nous considérons l'interaction produit-utilisateur. Ainsi, la valeur d'estime¹⁴ correspond à la considération affective que l'utilisateur attache au produit lors de son achat ou qu'il éprouve lors de son usage. Nous parlons alors de design sensoriel utilisant des codes culturels et associant une couleur, une forme, un matériau ou une texture à un type de qualité (CSILLAG, 1995).

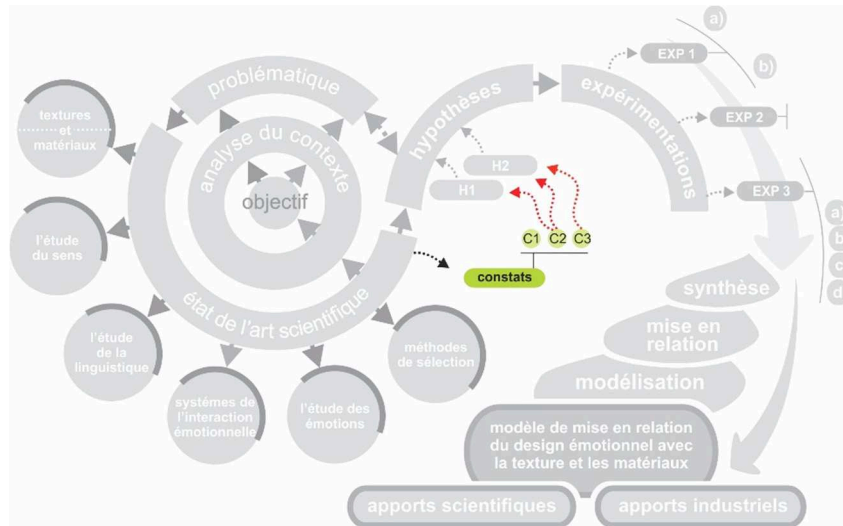
Sur ce point de vue plus subjectif, la "valeur d'estime" est définie par la valorisation donnée en vertu de l'identification des fonctions souhaitées dans le produit. Ces fonctions concernent le statut, l'estime de soi, l'importance face aux utilisateurs, etc. Cette valeur est liée au plaisir ressenti par l'utilisateur, lors de l'utilisation, voire de la simple possession du produit.

Ainsi, la valeur d'estime est développée chez l'utilisateur à partir de son besoin, consolidée par un désir ou une nécessité. Donc, les besoins sont caractérisés à trois niveaux sur le principe de la pyramide de besoin de Maslow (voir Chapitre 1.3.1 Design Emotionnel).

- Le **Besoin primaire** : Ce qui a rapport à l'existence, à la nécessité, et déclenchera la décision (l'acte) d'achat ;
- Le **Besoin secondaire** : Ce qui a rapport au plaisir, à l'affirmation de soi et sera facteur de choix ;
- Le **Besoin tertiaire** : Ce qui a rapport à la sécurité (absence de danger) et sera également facteur de choix ;

¹⁴ L'estime est un sentiment favorable né de la bonne opinion que l'on a du mérite ou de la valeur de quelqu'un ou quelque chose (ROBERT, 2005).

Sur cette base théorique, nous appliquons l'AV par un jugement qui résulte d'une « observation objective » de l'utilité que l'utilisateur retire du produit (valeur d'usage) et d'une « évaluation subjective » de la considération affective qu'il attache au produit (valeur d'estime).



Chapitre 1 : ETAT DE L'ART

PARTIE 3 – CONCLUSION DE L'ETAT DE L'ART

3.1 Constats

Partie 3 – CONCLUSION DE L'ETAT DE L'ART

La troisième partie comprend la conclusion de l'Etat de l'Art à travers la présentation de constatations principales et ces sous-constats. Ces constats sont liés à la mise en relation de la Partie 1 (par les Variables Subjectives) et la Partie 2 (par les Variables Techniques).

3.1 Constats

A partir de l'Etat de l'Art présenté, nous identifions dans le contexte de cette recherche, les références clés pour soutenir une base scientifique initiale. Egalement les manques de publications sur certains points discutés sont constatés. Ces constatations sont suivies formulées par la compilation des idées originales de 2 ou plusieurs auteurs. Par conséquent, les constats conduisent à l'organisation des hypothèses majeures et à l'identification du problème de la recherche.

Ainsi, nous soulignons les 3 constats principaux et ces sous-constats suivants à l'issue de l'Etat de l'Art en reliant respectivement les domaines clés – Textures et Matériaux ; Etude du sens ; Méthodes d'analyse et sélection :

Constat 1 : L'offre disponible en macrotextures tactiles reste sous exploitée dans le domaine industriel, et ne répond ainsi pas à la demande de nouvelles expériences utilisateur. (MANZINI, 1993) (DISCHINGER et al, 2006) (ASHBY, 2002) ;

Cette condition d'offre caractérise une importante demande pour établir un équilibre entre la croissante productivité de matériaux (surtout les polymères), la croissante demande d'expérience utilisateur (UX - interaction produit) et la faible variabilité de textures tactiles industriels. La Figure 40, ci-après illustre ce constat, en soulignant l'exemple de macrotextures tactiles du secteur automobile.

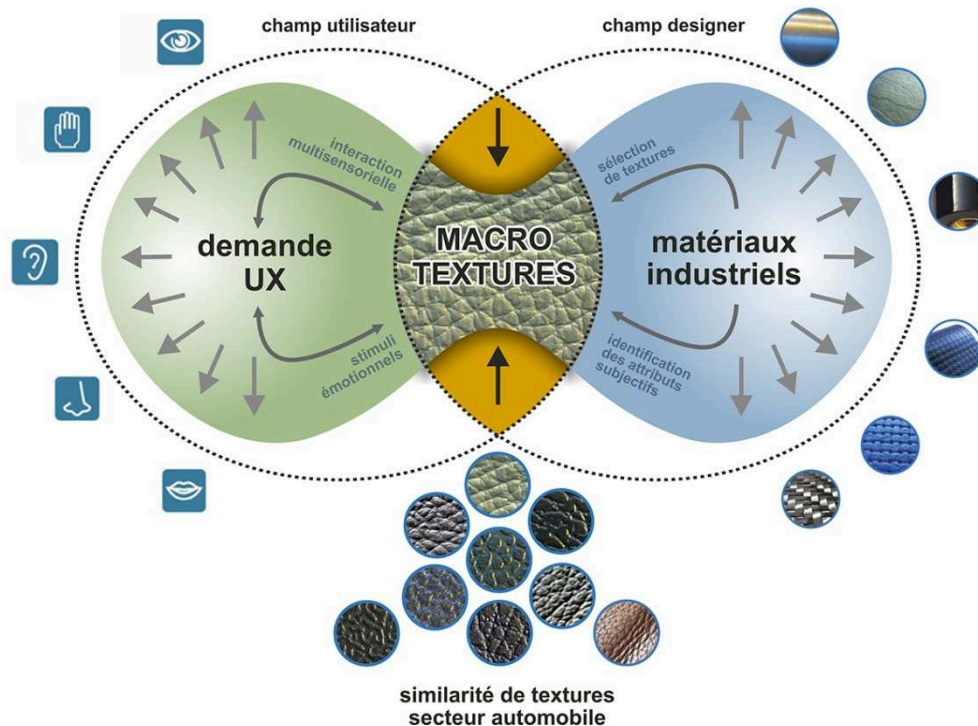


Figure 40 : Evolution chronologique de l'importance des matériaux

Constat 2 : Il manque une exploration multi-sensorielle du processus de design pour enrichir l'expérience utilisateur. (BALONE, 2007) (LINDSTRON, 2010) (LAWSON et BRACKEN, 2011) ;

Sous-constat 2.1 : Selon les discussions de LAWSON et BRACKEN (2011), nous pouvons renforcer l'hypothèse que les textures des matériaux appliqués à des formes tridimensionnelles dans des objets réels de la vie quotidienne, contribuant de manière significative à la vitesse du processus de perception.

Constat 3 : Il manque l'intégration de caractéristiques subjectives, techniques et formelles des matériaux et finitions dans le processus de sélection au sein des méthodes de conception. (KARANA, 2006) (ASHBY et JOHNSON, 2002) ;

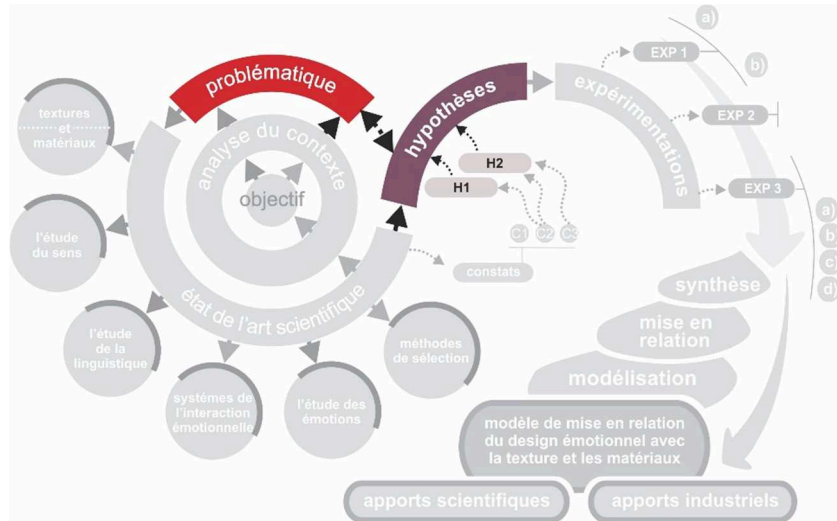
Sous-constat 3.1 : Nous constatons que les méthodologies de conception appliquées au développement de produits ne considèrent pas la spécificité de la sélection de

macrotextures tactiles. Cette action est réalisée par un procédé empirique, sans tenir compte des aspects émotionnels de la conception.

Sous-constat 3.2 : Les variables subjectives sont techniquement complexes à quantifier. (DESMET, 2001) (NORMAN, 2008).

Sous-constat 3.3 : En ce qui concerne le processus de sélection de matériaux, il y a un comportement intransigeant qui définit comme prioritaires les propriétés physiques de ceux-ci. Il est désormais nécessaire de prendre en compte certains aspects plus subjectifs tels que les culturels, écologiques, sentimentaux et esthétiques – ce dernier point étant stimulé par les propriétés optiques des matériaux.

Sous-constat 3.4 : Les outils existants pour la sélection de matériaux, qui prenant en compte la mise en relation entre valeurs techniques et attributs subjectifs, ne considèrent pas les limites réelles de la perception humaine. (CES Edu, 2009) (ASHBY et JOHNSON, 2002).



Chapitre 2 : PROBLÉMATIQUE ET HYPOTHESES

2.1 Problématique

2.2 Hypothèses de modélisation

Chapitre 2 : PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

2.1 Problématique

Les constats précédents mettent en évidence le besoin de considérer les descripteurs subjectifs, pour la mise en relation aux caractéristiques de chaque standard de macrotextures tactiles. Ainsi, il est nécessaire de créer des liens entre l'ensemble des interprétations sensorielles, sémantiques et émotionnelles d'utilisateur produit et les caractéristiques physiques et techniques de produits texturés dans un contexte riche en interaction.

De cette façon, il est possible d'élaborer un modèle de mise en relation des dimensions du design émotionnel, comprenant le besoin de fournir une base informationnelle aux concepteurs pour l'activité de sélection de macrotextures tactiles.

Donc, nous présentons la problématique suivante :

Comment définir un modèle de mise en relation des dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles relatives à la macrotexture en contexte industriel ?

2.2 Hypothèses de modélisation

Pour répondre à notre problématique, nous décrivons deux grandes hypothèses en cherchant à donner des pistes à la démarche de la phase expérimentale.

H1 - L'impact émotionnel provoqué par les macrotextures tactiles est influencé par les propriétés des matériaux et les caractéristiques utilisateurs.

H2 - On peut intégrer les dimensions sensorielles, sémantiques, émotionnelles et techniques de la macrotexture tactile, au sein d'un modèle unique de mise en relation.

La première hypothèse (H1) indique que les facteurs d'influence relatifs aux profils des utilisateurs et les propriétés des matériaux peuvent enrichir l'impact émotionnel à partir d'interactions avec le produit. Ces interactions sont interprétées par la dimension sensorielle liée aux caractéristiques des macrotextures tactiles, en provoquant des réponses émotionnelles. Nous considérons plusieurs profils utilisateur pour cette étude, en fonction de leur nationalité (française ou brésilienne), l'expérience produit, les métiers (designer ou ingénieur) ainsi que l'habitude d'utilisation des véhicules.

La deuxième hypothèse (H2) indique qu'il est possible d'établir une relation multidimensionnelle entre la dimension technique et la dimension subjective dans le contexte spécifique des macrotextures tactiles, et qui nous permet de proposer un modèle de mise en relation. Ce modèle vise à apporter davantage d'éléments de décision au concepteur dans les phases amont de la conception, concernant les descriptions optimisées des paramètres de matériaux et de macrotextures tactiles. Ces descriptions des paramètres techniques sont influencées par des réactions émotionnelles positives à partir de l'analyse des données physiologiques, cognitives et comportementales relatives à l'interaction avec le produit. Ainsi, les attributs sensoriels, sémantiques et émotionnels formalisent la dimension subjective dans notre modèle de mise en relation.

Nous présentons dans la Figure 41 la correspondance entre les constats énoncés, les hypothèses et les expérimentations, à partir de la problématique proposée.

Comment définir un modèle de mise en relation des dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles relatives à la macrotexture industrielle?

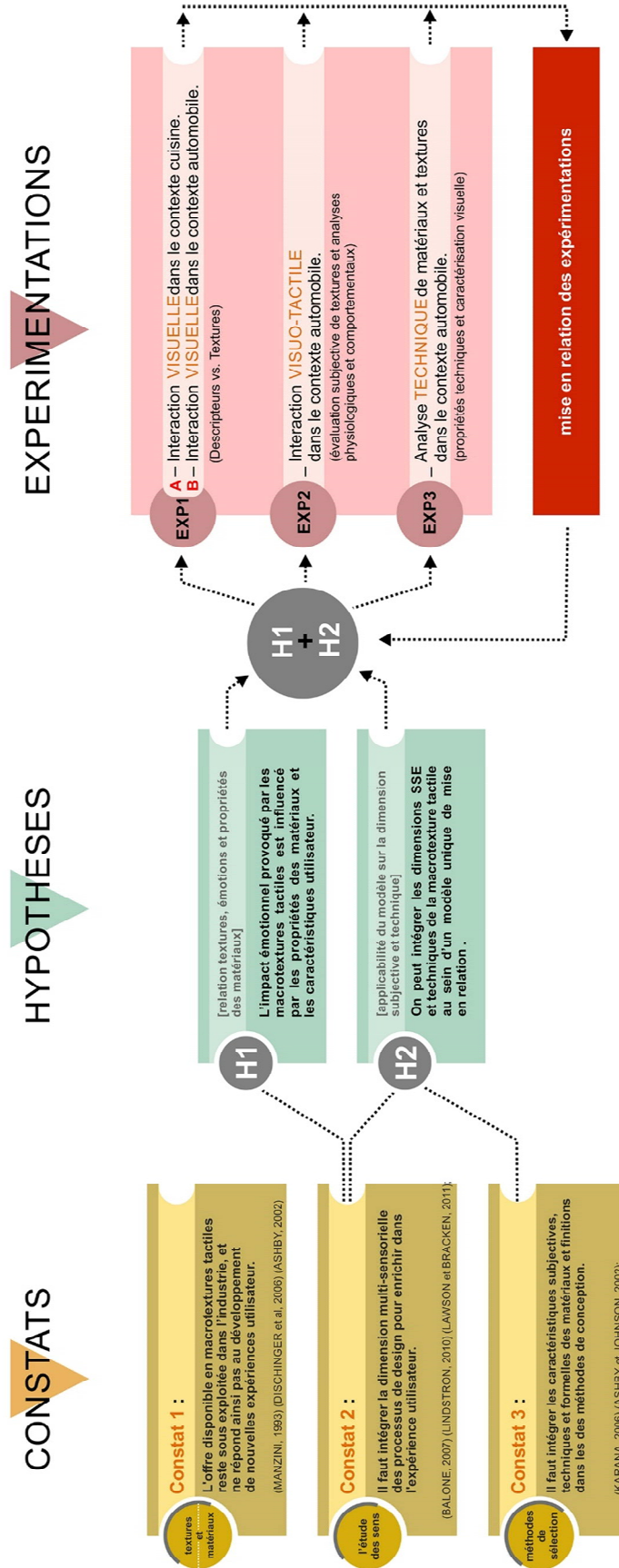
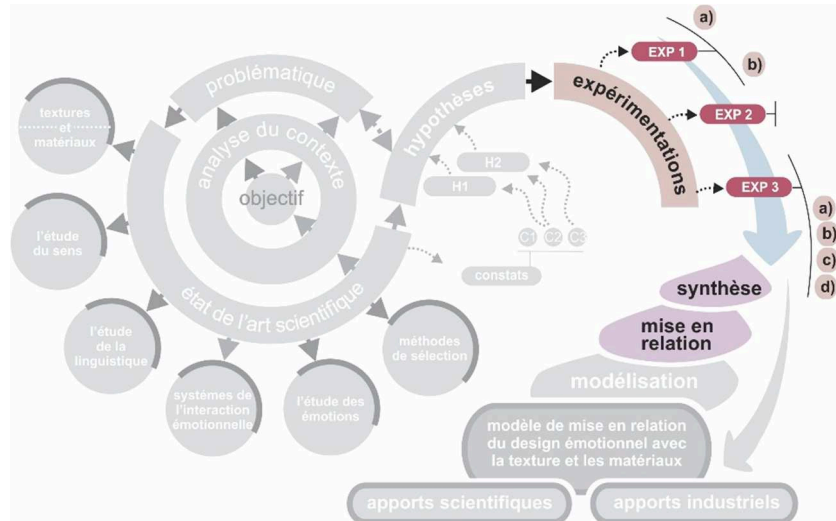


Figure 41 : Mise en relation – Constats, Hypotheses, Expérimentations.



Chapitre 3 : EXPERIMENTATIONS

- 3.1 Introduction
- 3.2 EXP1A : Perception visuelle – Matériaux/textures
 - 3.2.1 Objectifs
 - 3.2.2 Protocole expérimental – EXP1A
 - 3.2.3 Résultats et discussion
 - 3.2.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2
- 3.3 EXP1B : Perception visuelle – Matériaux/macrotextures/produits
 - 3.3.1 Objectifs
 - 3.3.2 Protocole expérimental – EXP1B
 - 3.3.2.1 Protocole – Sélection de volants du marché
 - 3.3.2.2 Protocole – Questionnaire utilisateur
 - 3.3.3 Résultats et discussion
 - 3.3.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2
- 3.4 EXP2 : Perception visuo-tactile – Matériaux/macrotextures/produits
 - 3.4.1 Objectifs
 - 3.4.2 Protocole expérimental – EXP2
 - 3.4.2.1 Protocole – Perception visuo-tactile de volants du marché
 - 3.4.2.2 Protocole – Questionnaire utilisateur
 - 3.4.3 Résultats et discussion
 - 3.4.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2
- 3.5 EXP3 : Analyse technique de macrotextures
 - 3.5.1 Objectifs
 - 3.5.2 Protocole expérimental – EXP3
 - 3.5.2.1 Protocole EXP3A – Mesure de la rugosité
 - 3.5.2.2 Résultats EXP3A
 - 3.5.2.3 Protocole EXP3B – Mesure de la dureté
 - 3.5.2.4 Résultats EXP3B
 - 3.5.2.5 Protocole EXP3C – Mesure de la dissipation thermique
 - 3.5.2.6 Résultats EXP3C
 - 3.5.2.7 Protocole EXP3D – Caractérisation visuel de macrotextures
 - 3.5.2.8 Résultats EXP3D
 - 3.5.3 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2
- 3.6 Apports expérimentaux
- 3.7 Mise en relation des expérimentations

Chapitre 3 : EXPERIMENTATIONS

3.1 Introduction

Après avoir exposé de l'Etat de l'Art, l'analyse du problème et les hypothèses, nous présentons dans cette troisième partie la phase expérimentale. Celle-ci s'appuie sur une structure issue du « *Kansei Engineering* » en considérant le passage de « hauts niveaux d'abstraction » jusqu'au les « bas niveaux de concrétisation » (BOUCHARD, et al, 2009). Dans notre contexte de recherche, il s'est agi de conduire une démarche expérimentale, qu'intègre à la dimension subjective selon les descripteurs SSE liés à des matériaux divers, et la dimension technique selon les propriétés spécifiques des macrotextures tactiles dans un contexte défini.

Ainsi, la phase d'expérimentation a été structurée en 5 étapes :

EXP1 – Formalisation de la dimension subjective relative à la perception visuelle.

EXP2 – Formalisation de la dimension subjective relative à la perception visuo-tactile.

EXP3 – Formalisation de la dimension technique.

APPORTS – Formalisation des apports expérimentaux.

MISE EN RELATION – Formalisation de la mise en relation entre les expérimentations subjectives et techniques.

L'Expérimentation « **EXP1** », a été sous divisée en 2 étapes (**EXP1A** et **EXP1B**), de manière à optimiser la sélection initiale de mots Kansei (Descripteurs SSE) et de prendre en compte le changement de contexte (ustensiles de cuisine – EXP1A et automobile – EXP1B) aussi bien que la population (française et brésilienne).

Ainsi, dans l'**EXP1A**, nous avons exploré une large diversité de « liens Kansei » en représentant 4 classes distinctes de matériaux (polymères, métaux, composites et naturels), et l'ensemble de descripteurs SSE sélectionnés sur les bibliographies (212 mots) qui ont été adapté à l'échelle bipolaire d'OSGOOD (1957). Ces descripteurs ont été associés à ces groupes de matériaux, dans le contexte des ustensiles de cuisine perçus visuellement par les concepteurs (experts et novice) français (FR) et brésiliens (BR).

Dans l'**EXP1B**, nous avons optimisé le processus précédent (EXP1A) en réduisant la diversité de descripteurs subjectifs (SSE) et en se focalisant sur la perception visuelle (FR et BR) d'images de volants automobiles pour le grand public.

Dans l'**EXP2**, nous avons conservé le volant automobile comme secteur d'application, et nous avons évalué la perception visuo-tactile d'impact français et brésilien. Cette évaluation a été menée sur la base de descripteurs subjectifs (SSE) qui a été pondérée selon l'échelle bipolaire d'OSGOOD (1957), et sur les réponses physiologiques et comportementales lors de l'interaction visuo-tactile des volants réels du marché.

Dans le cadre de la troisième expérimentation **EXP3**, nous avons réalisé l'analyse technique sur les mêmes volants que ceux utilisés dans le cadre de l'EXP2, en prenant en compte la mesure de la rugosité, la dureté et la dissipation thermique de chaque volant. Nous avons encore effectué l'analyse descriptive de textures, intégrée aux aspects visuels de la rugosité. Le niveau plus objectif et concret de cette expérimentation nous a permis d'arriver à l'équilibre souhaité, c'est-à-dire à une mise en relation entre les disciplines du design et de l'ingénierie.

En synthèse, le schéma ci-dessous (Figure 42) illustre clairement la démarche expérimentale aussi que les tâches relatives à chaque expérimentation.

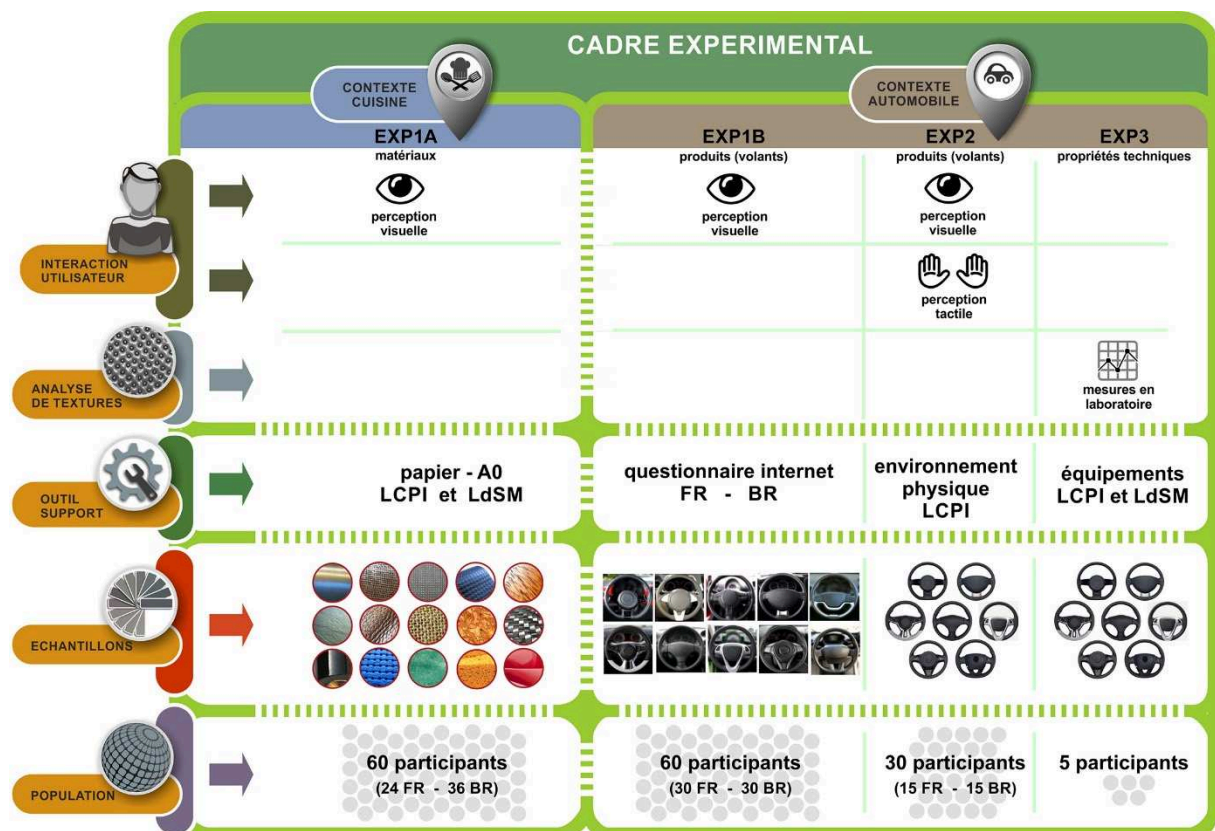


Figure 42 : Cadre expérimental.

La discussion qui suit la partie expérimentale porte sur la mise en relation des résultats issus de différentes expérimentations – EXP1A, EXP1B, EXP2 et EXP3. En effet, les résultats partiels et isolés de chaque expérimentation ne sont pas suffisants pour apporter une réponse globale. Cependant, nous apportons des conclusions ponctuelles par expérimentation dans un premier temps, avant d'établir une mise en relation transversale.

3.2 EXP1A : Perception visuel - matériaux/textures

3.2.1 Objectifs

Cette première expérimentation a compris l'interprétation du concepteur (designers et ingénieurs) à partir de l'intégration de descripteurs des dimensions SSE (Sensoriels, Sémantiques et Emotionnels) avec les matériaux. Le but a été d'identifier l'ensemble de descripteurs associés à chaque type de matériaux et les projeter sur des plans factoriels (ACP) pour visualiser les relations les plus importantes.

Le résultat a caractérisé des relations entre la surface des objets / produits (où se produisent les perceptions primaires), et leur interprétation émotionnelle immédiate (design viscéral selon NORMAN, 2002). L'impact affectif de cette interaction visuelle, favorise l'identification des spécifications design pour la conception de nouveaux produits.

3.2.2 Protocole expérimental – EXP1A

Afin de structurer et démarrer cette expérimentation, nous avons rassemblé au total plus de 1300 mots (descripteurs SSE), comme indiqué dans le tableau 13. Ces descripteurs (noms ou adjectifs) présélectionnés, ont été liés aux matériaux et/ou textures, reposant sur des bases théoriques. Une sélection pondérée a donné lieu à deux groupes distincts de 106 mots (G1A et G1B) pour la mise en œuvre d'expériences. Ainsi, 212 mots ont été susceptibles à la mise en relation avec 15 textures/matériaux.

Cette réduction a été faite à partir de la sélection de synonymes le plus proches du contexte, pour contribuer à la compréhension des dimensions interprétatives de la syntaxe. Pour ce-la, nous avons soumis l'ensemble de 1370 descripteurs à un regroupement de synonymes par l'utilisation de dictionnaire spécialisé « Dictionnaire Electronique des

Synonymes (DES) » du Centre de Recherche Inter-langues sur la Signification en Contexte (CRISCO) de l'Université de Caen.

	Types d'attributs	Quantité totale	Mots Sélectionnés Test G1A - Test G1B		Source de descripteurs
Sensoriel	Attributs perceptifs visuel et tactile	421 mots	49 mots	48 mots	BASSEREAU et CHARVET-PELLO, (2011), ASHBY and JOHNSON (2002), ZUO et al., (2001) « Semantic differential scale ».
Sémantique	Attributs de signification	687 mots	27 mots	28 mots	KARANA (2010).
Emotionnel	Attributs d'émotions primaires et secondaires	212 mots	30 mots	30 mots	Labels describing affective states SCHERER (1988); GALC – SCHERER (2005). EKMAN, P. (1992).
Matériaux	Identification	50 mots	15 mots		(site web LdSM/UFRGS)
Somme de descripteurs :		1370	212 vs 15 mat.		

Tableau 13 : Sélection des descripteurs liés aux matériaux

La méthode de réduction a été basée sur des relations sémantiques définies par le CRISCO. A partir des groupes de descripteurs du CRISCO, nous avons identifié les liens les plus importants en relation avec le contexte de l'EXP1A (ustensiles de cuisine).

Après avoir sélectionné 212 descripteurs liés à ce contexte, nous avons élaboré le protocole de l'EXP1A. Cette expérimentation a consisté à faire générer des traces manuelles (Figure 43B) de relations entre termes aux participants au sein du corpus total de descripteurs SSE et des 15 textures (Figure 43C). Quatre groupes de matériaux (polymères, métaux, composites et naturels) ont été représentés sur un panneau au format A0 (Figure 43A). La méthode n'inclue ici que la perception visuelle avec l'utilisation de photos de textures. Elle s'applique sur une structure présentée sous forme de carré.

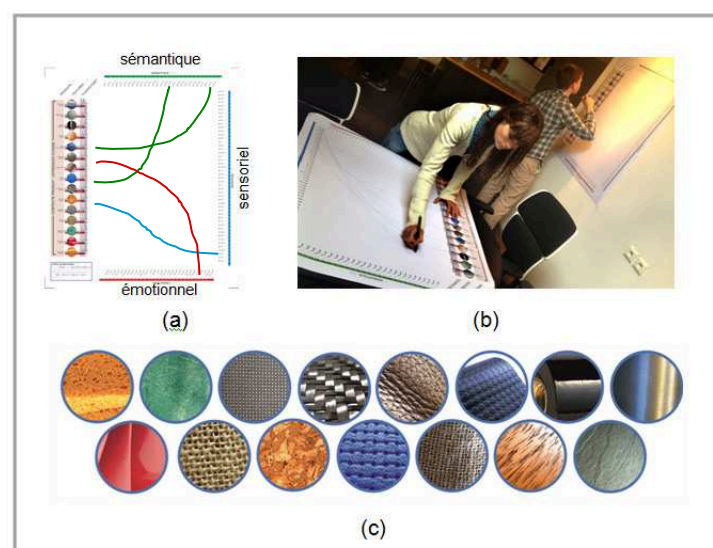


Figure 43 : EXP1A – génération manuelle de traces de relation entre les termes sur des panneaux en papier.

L'expérimentation a été réalisée en petits groupes de personnes, auprès d'une population qui comprenait des designers et des ingénieurs, experts et novices, français et brésiliens. Le panel comprenait 24 français (12 designers et 12 ingénieurs) et 36 brésiliens (28 designers et 8 ingénieurs), soit un total de 60 personnes. Un questionnaire a été utilisé pour caractériser le profil des participants à des fins statistiques, en considérant le sexe, l'âge, la nationalité et le métier. La génération manuelle de liens a été réalisée individuellement sur chaque panneau de 106 mots (Figure 43A et 43B) en un temps moyen de 45 minutes. Nous avons divisé le total de mots en 2 pour réduire la difficulté de la tâche et remettre l'exhaustivité lors de la génération de liens tout en préservant la bonne intégrité de réponses.

L'expérimentation a démarré par un échauffement de 10 minutes avec une présentation des instructions et lecture des descripteurs SSE du panel utilisé dans le contexte des ustensiles de cuisine. Le contexte a été expliqué en donnant, par écrit, quelques exemples de la façon dont chaque texture est utilisée pour les ustensiles de cuisine (par exemple : ciseaux, moulin à poivre, torchon de cuisine, planche à découper, etc.).

Après avoir compris les 106 termes (SSE) et avoir identifié les 15 photos de textures, les participants ont été invités à tracer les liens avec un stylo (Figure 43B), en considérant que chaque trace correspond à un lien qui fait sens pour le participant, comme par exemple : *Caoutchouc – utile, artificiel et amusant ; Bois – plaisir, intemporel, esthétique et nervuré*. Cette partie a duré en moyenne 35 min. par individu.

Les traces générées entre les matériaux et les mots, ont été produites librement, sans forcer les participants à relier tous les mots. Par ailleurs, plusieurs liens pouvaient être tracés à partir d'un seul mot. L'exception de règle a consisté à ne pas lier les descripteurs entre eux-mêmes, mais seulement vers les matériaux.

Un schéma global du protocole expérimental de l'EXP1A a été représenté sur la Figure 44, Cette figure a décrit la phase 1 (première colonne) pour les instructions et la phase 2 (deuxième colonne) pour l'exécution.

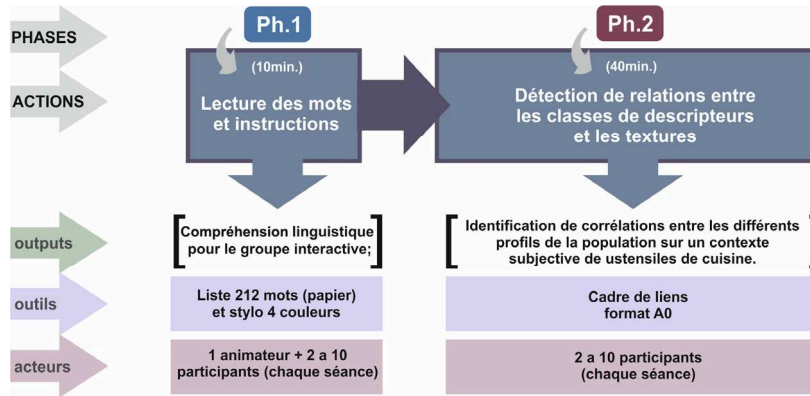


Figure 44 : Schéma Protocole EXP1A.

Pour cette tâche, les participants ont été invités à se mettre à l'aise, et à se détacher des influences extérieures. Nous avons proposé l'utilisation de plusieurs couleurs afin de faciliter le traitement des données ultérieures (liens tracés) et permettre des mouvements spontanés avec des lignes fluides (voir exemples Figure 45).

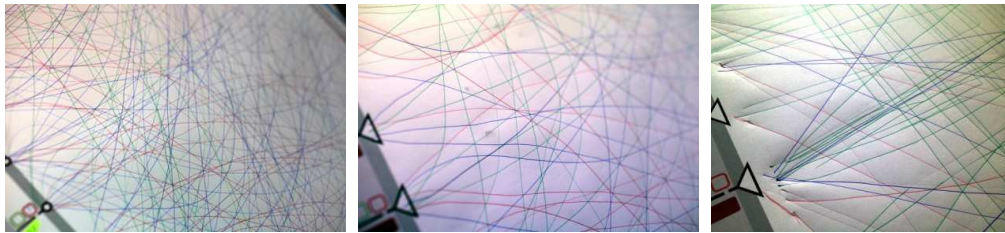


Figure 45 : Réalisation manuelle de traces de différentes densités - EXP1A.

L'expérimentation réalisée auprès de 60 personnes a donné lieu à des résultats qui ont ensuite fait l'objet d'une analyse statistique.

3.2.3 Résultats et discussion

Dans un premier traitement, les résultats en fait l'objet d'une analyse de données qui s'est basé sur la répétabilité des liens créés sur un panneau A0.

Le nombre total de liens réalisés par l'ensemble de la population a été de 4581 (total des traces manuelles avec les 15 textures). La variabilité interpersonnelle a été relativement importante, avec un minimum de 36 liens et un maximum de 310 liens par personne. Globalement, les valeurs plus basses ont été comptabilisées chez les novices et les plus élevées chez les experts.

Dans un deuxième traitement, nous avons réalisé l'analyse de liens « différents » créés sur la totalité de participants. C'est-à-dire, sur cet aspect, seulement les différents parcours de liens ont été comptés et pas ces répétitions. Ce résultat nous a permis d'identifier la variance maximale de liens uniques établis entre les descripteurs et les matériaux. Ainsi, la somme de 1857 liens différents a été enregistrée sur un total de 60 participants. La Figure 46 illustre dans sa partie centrale les résultats globaux pour chaque dimension de descripteur SSE (voir des valeurs sur les flèches à gauche et à droite), et montre la caractérisation de la population dans la partie périphérique de la figure, en identifiant les designers et les ingénieurs ; les experts et les novices de chaque côté (FR et BR).

Comme décrit la Figure 46, les chiffres exprimés par le préfixe « L » comprennent le nombre total de Liens différents créés par chaque groupe. Par exemple, dans la partie centrale de la figure nous soulignons les chiffres correspondants à la population française (1386 liens différents) et la population brésilienne (1260 liens différents). Cependant, il y a eu encore un nombre de 789 liens différents qui a partagé le sens commun entre les deux groupes, en représentant 42% sur le total de liens - FR et BR. Ces fractions avec des « liens différents en commun » ont été illustrés avec une texture d'échiquier dans la figure 46.

Les chiffres de préfixe « ML » correspondant à la Moyenne du total de Liens créés par personne. Les chiffres caractérisés comme pourcentages « % » sont également compris sur le nombre de Liens différentes créés par groupe (FR et BR) ou sous-groupe (designers et ingénieurs ; experts et novices).

La valeur moyenne de liens (ML) a été priorisée en raison de l'hétérogénéité de la population (Designers et Ingénieurs) de chaque nationalité. Nous avons identifié une variance importante dans cette moyenne par personne entre la France et le Brésil (118 FR et 74 BR liens respectivement, par rapport au total des 212 descripteurs disponibles sur le panneau d'expérimentation). Cependant, au niveau global, nous identifions un pourcentage équilibré entre la France et le Brésil (partie centrale de la Figure 46), si l'on considère le nombre de liens différents créés (1386 liens FR et 1260 liens BR).

Globalement, il existe une proportion plus élevée de liens créés par les experts que par les novices, à l'exception des ingénieurs experts brésiliens. Tous les descripteurs (212) ont été mentionnés au moins une fois par la population globale. Les résultats ont été traités en utilisant le logiciel Excel® et le plugin xlstat®.

En parallèle, nous avons mené une analyse visuelle de la densité des liens effectués sur le papier par rapport à l'ensemble des réponses (photocopies des originaux - panneaux en miniature - voir Figure 47). Cette analyse a considéré les nombres réels de la quantité de traces déjà comptabilisées sur chaque panneau A0. Les copies ont été disposées en colonnes (côte à côte), en permettant la visualisation de la densité de traces par des intervalles de 10 liens pour chaque colonne. Cette analyse a exposé une transition contrasté à partir de 36 liens (densité minimale) jusqu'à 310 liens (densité maximale).

Afin d'avoir une vue d'ensemble, nous avons collé les stickers des drapeaux en miniatures (FR et BR) sur les panneaux en miniature ainsi que les codes de la nationalité, des métiers et le champ d'expertise métier des 60 participants.



Figure 47 : Analyse visuelle de la densité des traces sur les panneaux miniature.

Nous avons observé le fait que la densité de traces n'a pas été forcément homogène, en raison du champ d'expertise (experts et novices), particulièrement pour les novices et surtout en France, où l'écart type est plus fort. En termes de métiers (designer et ingénieur), la densité de traces pour les brésiliens a été intégralement hétérogène, mais l'écart-type pour les Designers en France a été plus importante. Globalement, nous avons pu identifier une densité plus importante pour tous les experts.

L'analyse descriptive par rapport le tableau de données, a montré les variances les plus importantes entre la population française et brésilienne sur les 15 matériaux de l'EXP1A (voir Figure 48). Cette représentation graphique n'a pas été détaillée en sous-groupes, mais nous a apporté une visualisation de l'influence culturelle, basée sur la variable « nationalité », sous forme d'analyse multivariée.

Les variances soulignées dans la figure 48 ont été identifiés à travers les pics de la ligne bleue (FR) en comparant avec la ligne verte (BR). A partir de là, nous avons analysé

les pourcentages de descripteurs SSE reliés aux matériaux. Le résultat nous avons indiqué que la population française a présenté une large sensibilité au niveau sémantique pour trois matériaux : l'acier, le bois et le cuir. Le matériau « bois » a été le plus relié à l'offre de descripteurs sémantiques dans les panneaux A0 avec 80% de tous les termes (44 descripteurs sur 55) par les français.

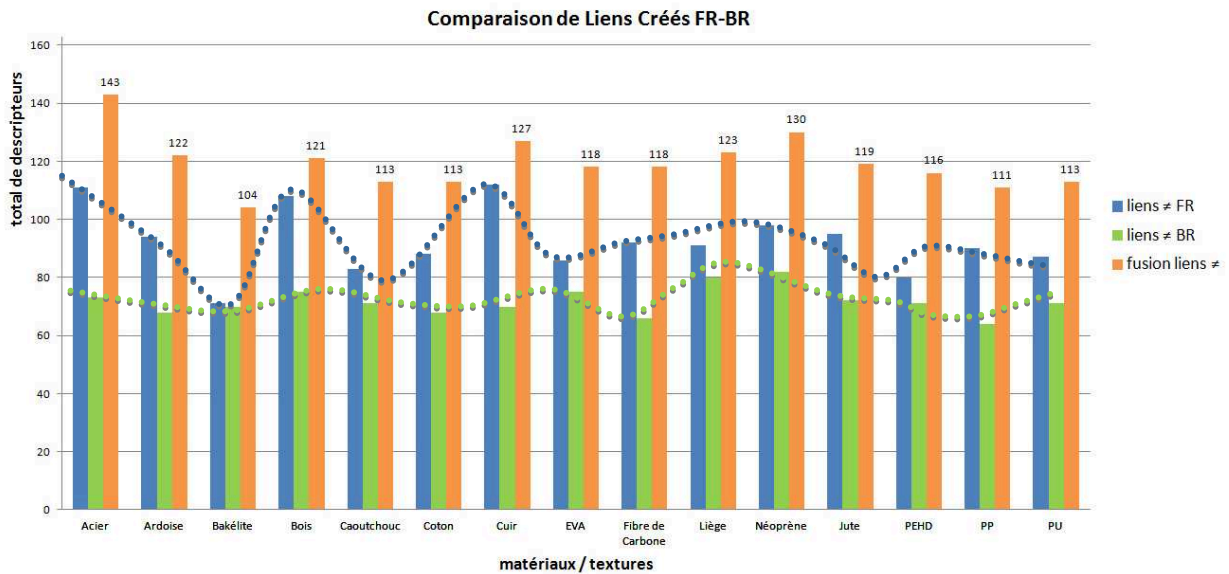


Figura 48 : Variance sur la population FR et BR par rapport le nombre de liens différents créés.

Comme déjà discuté dans l'Etat de l'Art, les descripteurs sémantiques sont considérés par OSGOOD (1957) comme attributs de signification et ainsi pouvons représenter une large variabilité pour mesurer la signification connotatif des objets culturels. Ainsi, nous avons identifié dans la mise en relation de descripteurs dans l'EXP1A que la dimension sémantique a été plus divergente que les autres sur la majorité des matériaux, et encore plus par rapport les trois matériaux soulignés dans la figure 48, sur la population française. Une hypothèse liée à ce comportement peut être corrélée à la longue histoire de vie sur le bois et le cuir (les matériaux le plus anciens entre les sélectionnés), en les donnant une capacité de générer plusieurs significations par ces utilisateurs, surtout dans une civilisation plus ancienne comme la française (la civilisation brésilienne n'a débuté que depuis 500 ans). Concernant l'acier, il a été produit en large échelle depuis 160 ans (WAGNER, 2008), mais nous pouvons supposer que l'expansion accélérée de ces applications industrielles a contribué pour un biais cognitif important sur la population globale. Cependant, nous ne pouvons pas attribuer seulement l'aspect « popularisation des matériaux » comme facteur d'influence sachant que les aspects culturels et sociaux des

individus peuvent créer des différentes interprétations cognitifs et des divergents valeurs affectives (KEMP, 1998) (DESMET, 2001) (NIEMEYER et SPOSEL, 2006) (TZVETANOVA et al, 2006) (NORMAN, 2008).

La relation précise établie entre les descripteurs et les matériaux, a constitué le résultat le plus attendu pour cette expérimentation. Nous l'avons intitulé « LIEN KANSEI ». Le terme KANSEI appliqué au contexte des matériaux, exprime l'univers de descripteurs subjectifs mise en consonance avec la valeur sémantique relative à la surface des produits. Pour analyser les LIENS KANSEI, nous avons utilisé la méthode d'Analyse en Composantes Principales (ACP).

Avant de réaliser l'ACP nous avons d'abord affiné et ajusté les données brutes de manière à arriver à une valeur. Sur l'ACP, nous considérons les 3 premiers axes (F1, F2 et F3) pour trouver une valeur propre cumulé. Dans l'exemple de la dimension émotionnelle, la valeur propre cumulée a été 73,3% (voir *tableau 14*) selon notre base de données et a été considérée comme un indice raisonnable.

	F1	F2	F3
Valeur propre	6,530	2,538	1,931
% variance	43,535	16,917	12,871
% cumulé	43,535	60,452	73,323

Tableau 14 : Relation de valeur propre cumulé sur l'ensemble des axes factoriels.

Ce résultat préliminaire a été validé après avoir synthétisé un nombre total de 212 descripteurs utilisés dans l'EXP1A, prenant en compte qu'une haute densité de données, peut rendre difficile la lecture et l'interprétation du mapping. Pour synthétiser et quantifier les données, nous avons réalisé une sélection du corpus initial de mots en utilisant des relations de synonymes à l'aide de 2 sources : Le Grand Robert et le dictionnaire électronique de synonymes du CRISCO. Ainsi, nous avons réussi à élaborer des « sacs de mots » optimisés.

La dimension émotionnelle a été la plus favorisée avec une réduction de 75% en passant de 60 descripteurs à 15 descripteurs pour appliquer et valider l'ACP (voir *Figure 49*). Dans la dimension sémantique, il a été possible de réduire de 46% en passant de 55 descripteurs à 30 descripteurs, mais cette optimisation n'a pas été suffisante pour projeter et valider l'ACP sémantique, mais nous présentons quand même le profil sémantique sur l'optimisation de 30 descripteurs (voir l'Annexe 2-D). Le « sac de mots » optimisé n'a pas été appliqué dans la dimension sensorielle, car les 97 descripteurs ont été trop divergents en considérant des termes liés à la perception visuelle et tactile.



Figure 49 : L'optimisation de descripteurs émotionnels (sacs de mots) - EXP1A.

Le calcul sur la donnée d'entrée pour projeter l'ACP émotionnelle, s'est appuyé sur une formule qui a pris en compte les mots sélectionnés et les mots exclus du « sac de mots » optimisé. C'est-à-dire que les mots en dehors du sac de mots, correspondent aux synonymes et les mots corrélés, ont été comptabilisés. Donc, la moyenne sur des mots synonymes (valeur basée sur le nombre de liens établis par mot) a été sommée sur la valeur du descripteur principal de chaque sac de mots. La formule de la Figure 50 résume cette méthode. On considère, pour une texture « t » donnée, « $V_t(m)$ » le nombre de fois qu'un mot « m » a été lié à la texture « t », « $Syn(m)$ » l'ensemble des synonymes du mot « m », « $V'_t(m)$ » le score modifié donné au mot « m » en fonction de ses synonymes sera calculé par la formule suivante :

$$V'_t(m) = V_t(m) + \frac{\sum_{s \in Syn(m)} V_t(s)}{|Syn(m)|}$$

Figure 50 : Formule de corrélation de descripteurs synonymes - EXP1A.

L'ACP montre une bonne répartition entre les descripteurs et les textures. Face aux composantes principales issues de l'ACP, nous pouvons proposer les interprétations suivantes.

La première étape de l'interprétation ACP a consisté en l'identification de chaque axe (F1-F2 et F1-F3) face la sélection des 15 descripteurs émotionnels et face au cercle des corrélations (voir Figures 51 et 52).

Nous avons regardé l'intensité du vecteur de chaque descripteur et sa proximité des axes verticaux et horizontaux, et donc, nous avons interprété les axes de la manière suivante :

F1 : déception – désir

F2 : mélancolie – surprise

F3 : amusement – sérieux

Une valence positive relative aux descripteurs a ainsi été identifiée dans la partie inférieure droite du mapping.

ACP - descripteurs émotionnels vs textures (axes F1 et F2 : 60,45%)

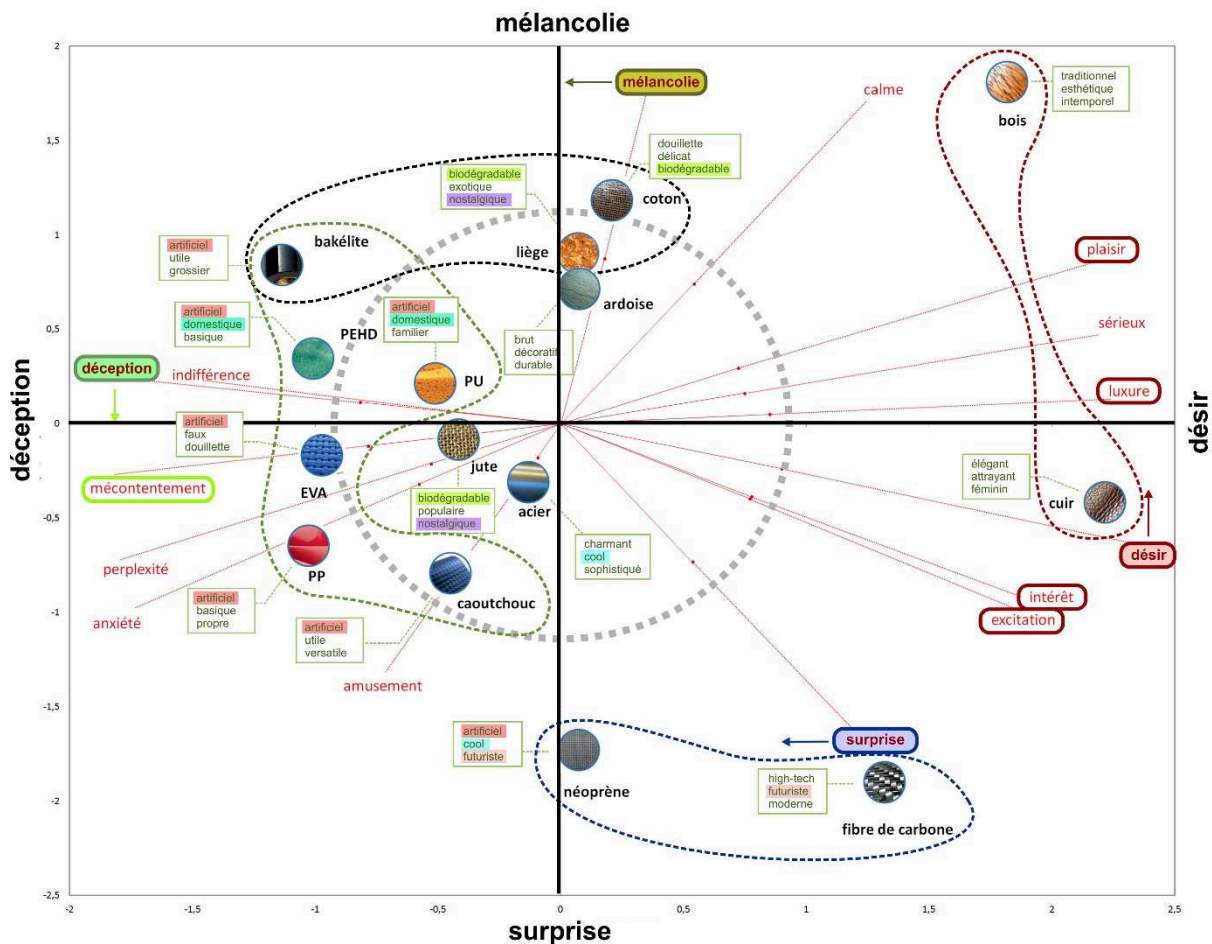


Figure 51 : ACP interprétée de la dimension émotionnelle - EXP1A – F1 et F2.

Nous avons ensuite cherché à identifier des groupes de textures corrélés à des émotions spécifiques, sur la base de données en prenant en compte aussi les variables sémantiques que les aspects sensoriels de chaque texture.

Ainsi, pour trouver les caractéristiques communes à chaque groupe, nous avons retenu les trois descripteurs sémantiques le plus liés à chaque texture dans le plan des vecteurs F1-F2 et F1-F3 (*voir Figure 51*). Pour une liste complète de descripteurs sémantiques liés aux 15 textures, voir l'Annexe 2-B.

L'analyse de la fréquence des émotions POSITIVES et NEGATIVES, pour chaque texture, a permis d'identifier les valences affectives liées à des termes sémantiques. Par exemple, nous associons les descripteurs « artificiel » et « basique » à une valence négative. Cette connotation négative indique que le groupe des polymères, tels que la bakélite, ou le caoutchouc, EVA, PEHD et PP (famille de textures situées à gauche dans la Figure 51) est plutôt mal perçu.

Les valences positives sont réparties essentiellement sur deux segments sémantiques. Sur le graphique, le côté « traditionnel, esthétique et intemporel » est associée aux émotions « nostalgique, calme, mais surtout plaisant », à travers les textures de « bois, coton et liège ». De l'autre côté les descripteurs « élégant, attrayant, high-tech et futuriste » sont liés aux dimensions « désir, excitation, intérêt et surprise » pour des textures telles que le « cuir, néoprène et fibre de carbone ».

Sur le plan des vecteurs F1 et F3 (*voir Figure 52*), nous avons identifié que le nouvel axe (F3) est caractérisé par les descripteurs « amusement et sérieux ».

Sur cet axe en vertical, nous identifions entre les 15 matériaux que les plus « dur » ont été liés à l'émotion « sérieux » et les plus « doux » à l'émotion « amusement ». Ainsi, nous supposons que la variable technique de « dureté » peut influencer sur la distribution de matériaux sur cet axe de dimension émotionnel « amusement – sérieux ». Par exemple, les matières « EVA, PU et caoutchouc » ont une faible dureté comme tous les élastomères par rapport aux autres matériaux dans ce contexte. Ils sont classés comme des matériaux « amusants ». Les plus rigides, comme l'acier, l'ardoise, la fibre de carbone et le PEHD, sont situés proches de l'axe « sérieux ».

ACP - descripteurs émotionnels vs textures (axes F1 et F3 : 56,41%)

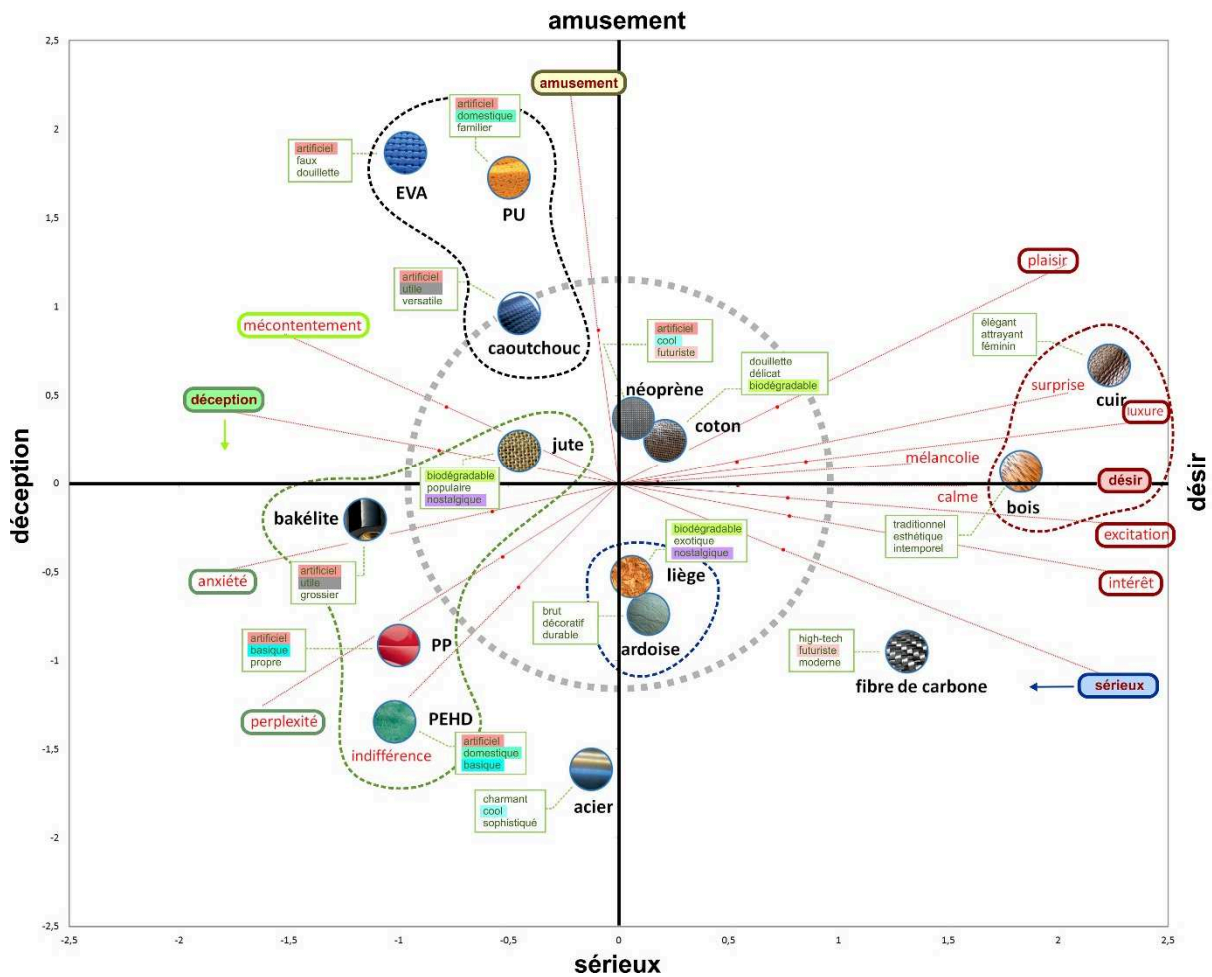


Figure 52 : ACP interprétée de la dimension émotionnelle - EXP1A – F1 et F3.

Dans ce plan, nous avons pu confirmer la relation entre les textures «liège et ardoise» qui ressortent comme des matériaux « bruts et exotiques », liés aux émotions «mélancolie et sérieux».

D'après l'analyse ACP, nous avons identifié quelles sont les textures qui ont été présentées dans le contexte des ustensiles de cuisine, et qui se détachent avec des émotions prioritairement positives ou négatives (Comparaison entre FR et BR voir tableau 15 ci-après).

Fréquence des émotions positives et négatives															
Matériaux ▶	Acier	Ardoise	Bakélite	Bois	Caoutchouc	Coton	Cuir	EVA	Fibre de Carbone	Liège	Néoprène	Jute	PEHD	PP	PU
Textures ▶															
FRANCE															
Σ	24	22	19	26	28	20	27	25	20	24	26	33	25	31	27
BRESIL															
Σ	18	19	22	18	19	13	16	23	15	20	21	25	19	21	21
Légende:	émotions plutôt positives		émotions plutôt négatives		Σ nombre de diff. émotions (pos. et nég.)										

Tableau 15 – Fréquence des émotions positives et négatives – EXP1A.

Entre les deux groupes (FR et BR), nous constatons qu'il y a une inversion de valences émotionnelles pour « l'acier », « l'ardoise » et la « jute ». Pour rappel, l'offre totale de descripteurs émotionnels pour lier aux matériaux a été limitée à 60 termes. La matière qui a reçu plus des descripteurs émotionnels différents a été le jute qui a comptabilisé la somme (Σ) de 33 émotions (prioritairement négatives) sur 30 français. Par ailleurs, a été comptabilisé 25 émotions différentes (prioritairement positives) sur 30 brésiliens.

D'autre part, nous avons déterminé une division de valences en trois parties sur la somme de descripteurs émotionnels offerts sur l'EXP1A :

- Valences positives (+) : 23 descripteurs
 - Valences négatives (-) : 28 descripteurs
 - Valences neutres (N) : 9 descripteurs
- } Total : 60 descripteurs

Ainsi, dans le tableau 15 la valence attribuée à chaque texture (positive ou négative) représente la moyenne de liens Kansei établis sur la totalité de participants.

Les textures de « Jute », « PP », « Caoutchouc » et « PU », montrent la plus grande variabilité vis à vis des différents descripteurs émotionnels établis par les français, cependant, avec une valence prioritairement négative. De la même façon, le « Jute », « l'EVA » et la « Bakélite », montrent une plus large variabilité du côté brésilien.

La caractérisation réalisée pour les utilisateurs face aux textures, nous a permis également d'identifier le niveau moyen d'expérience tactile du participant français et brésilien sur chaque texture. Les valeurs sont exprimées en pourcentage et prennent en compte une période antérieure à l'expérimentation. Ainsi, nous avons pu identifier les matériaux les

moins explorés de manière tactile dans le contexte des ustensiles de cuisine. Les résultats sont présentés dans la Figure 53.

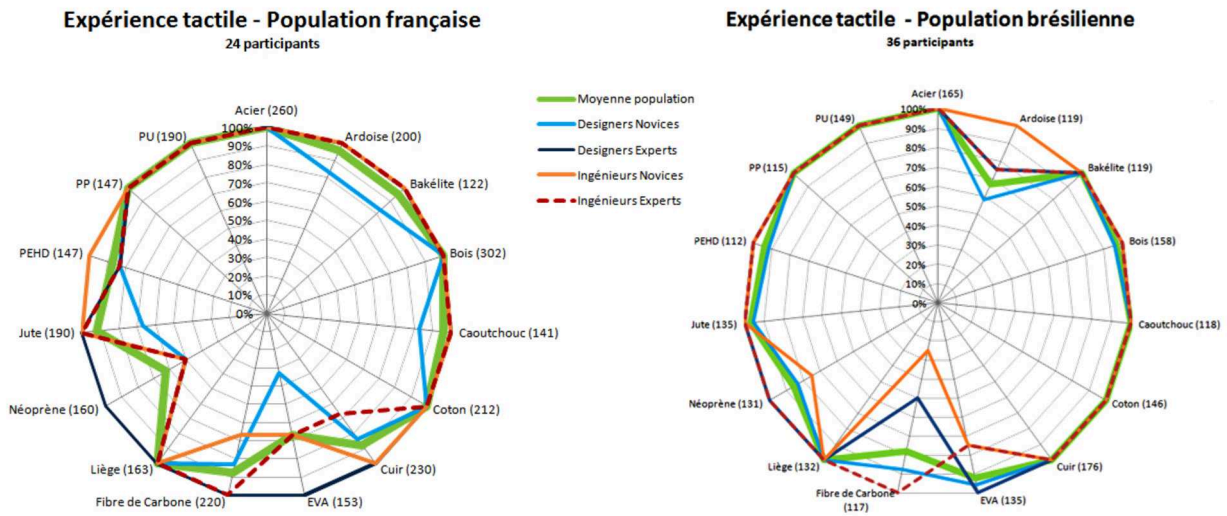


Figure 53 : Comparaison de l'expérience tactile antérieure sur la population FR et BR.

A côté de l'identification de chaque matériaux nous rencontrons entre parenthèse la somme de différents liens Kansei créés par chaque population. Cette donnée nous révèle que le niveau d'expérience tactile antérieure n'influence pas sur la somme de liens Kansei (plus important ou pas).

Dans l'expérimentation EXP1A, les matériaux « Neoprene » et « EVA » (éthylène-acétate de vinyle) sont les moins connus de la population Française et « l'Ardoise » et la « Fibre de Carbone » de la population Brésilienne. Cette condition d'expérience tactile sur les matériaux est probablement liée aux différences culturelles d'usage produit avec ces matériaux, en considérant également les variables du marché en chaque nation.

Globalement, les Designers novices en France sont moins expérimentés dans l'interaction tactile avec les matériaux que les Designers novices au Brésil. Nous avons interprété, selon notre évaluation de matériauthèques en France et au Brésil que l'influence de cet environnement d'interaction visuo-tactile dans les établissements académique permet aux étudiants de se mettre à jour par rapport l'offre de matériaux dans le marché.

A partir de ces résultats, nous présentons les discussions et conclusions dans le chapitre suivant.

3.2.4 Conclusion et validation des hypothèses H1 et H2

L'expérimentation EXP1A nous a donné une vue d'ensemble par rapport la grande quantité de descripteurs associés aux matériaux et textures. Un affinage du corpus de descripteurs a été nécessaire pour viabiliser l'expérimentation. La contextualisation a été importante pour permettre la génération manuelle de liens.

A partir de l'analyse visuelle de la densité de liens et de l'analyse descriptive de données, nous concluons que l'expérience visuelle du concepteur avec les textures dépend fortement de sensations, de significations et d'émotions. Nous validons cette affirmation par la riche quantité de liens établis entre les matériaux et les descripteurs.

Les variables que nous avons choisi d'étudier dans l'analyse sont principalement les variables interculturelles entre la France et le Brésil.

Nous avons identifié d'autre part une variabilité importante de densité des liens « Kansei – textures » qui, avec parfois des contradictions. C'est le cas lorsque les émotions positives et négatives sont rattachées à la même texture en proportions équilibrées, par un même groupe ou sous-groupe de la population. Les différences qui justifient cette variation sont liées à des facteurs sociaux, économiques et culturels relatif à chaque individu.

Les matériaux les plus anciens provoquent des émotions liées au désir. Les textures organiques ont tendance à renforcer l'intérêt esthétique, lié au luxe et au plaisir (exemple : cuir et bois).

Sur les ACP (*voir Figure 51 et 52 qui considère la totalité de la population*) nous observons sur les cercles de corrélations que les matériaux ont tendance à s'organiser en « familles » avec des caractéristiques parfois communes. Par exemple, le groupe de polymères et le groupe de matériaux naturels sont positionnés de façon opposée avec des valences respectivement négatives et positives.

Les matériaux visiblement les plus rigides sont qualifiés de « sérieux ». Ils sont surtout liés à des besoins utilisateur relatifs aux valeurs de fonctionnalité et de durabilité. Eventuellement ils sont liés aux descripteurs «bruts ou agressifs». (Exemple : acier, ardoise et fibre de carbone) les matériaux considérés comme plus doux sont également liés au descripteur «amusement», ainsi que la plupart des textures avec des formes géométriques (Exemple : EVA et caoutchouc).

La synthèse de ces résultats ne permet pas de valider complètement les hypothèses (H1 et H2). En effet il est nécessaire de comparer les résultats sur différentes dimensions sensorielles (visuelle et tactile), contextuelles (secteur automobile dans la phase suivante) ou culturelles (toujours FR et BR). Ces dimensions sont explorées dans l'expérimentation suivante.

3.3 EXP1B : Perception visuelle - matériaux/macrotextures/produits

3.3.1 Objectifs

Le principal objectif de cette deuxième partie de l'expérimentation est d'établir une mise en relation entre les descripteurs subjectifs (sensoriels, sémantiques et émotionnels) et les caractéristiques produit de volants automobiles à travers deux groupes d'utilisateurs de véhicules, en considérant la dimension visuelle.

Nous cherchons établir cette mise en relation à partir de la perception visuelle pour la comparer plus tard à la perception visuo-tactile (EXP2) et ainsi valider cette mise en relation afin de proposer des spécifications design (matériaux, textures, couleurs) pour la conception automobile.

3.3.2 Protocole expérimental – EXP1B

Le produit cible dans ce cas a été le volant automobile. Il s'agit d'un objet courant dont l'interaction visuo-tactile avec l'utilisateur des voitures est connue. La mise en relation est donc suffisamment riche pour être étudiée.

Le protocole pour l'implémentation de cette expérimentation a été élaboré en deux phases : La sélection de volants du marché puis l'élaboration du questionnaire utilisateur.

3.3.2.1 Protocole - Sélection de volants du marché

Cette expérimentation a démarré à partir d'une analyse du marché automobile. Afin de référencer les marques automobiles présentes sur le marché français et brésilien, nous avons utilisé les moteurs de recherche internet pour élargir le potentiel d'échantillonnage le plus large possible dans ce secteur industriel. Par conséquent, 54 marques automobiles ont été initialement identifiées et intégrés dans la liste.

Sur la base de données socio-économiques en France, (Institut d'Etudes Economiques Sectorielles – XERFI, 2014), nous considérons un plafond de 14.000€ environ, pour l'achat des voitures (type citadines et minis) grand public. Nous considérons ce chiffre également valide pour le Brésil, à partir de données statistique de « *l'Institut Brésilien de*

Géographie et Statistique », une entité du gouvernement fédéral brésilien, dans le cadre du Ministère de la planification, du budget et de la gestion (IBGE, 2014).

L'application de cette limitation de prix des véhicules automobiles a permis de réduire la liste à 19 marques de constructeurs automobiles présente dans les deux pays. A partir de là, nous avons identifié un échantillon de 48 véhicules différents, comprenant la catégorie des citadines et des minis, avec une gamme de 56 volants prenant en compte les modèles les plus distincts tout au long de ces 8 dernières années.

Une réduction sur cette gamme de volants a été nécessaire pour viabiliser cette expérimentation, ceci afin d'éviter une tâche trop fastidieuse pour les participants. La réduction a été de 56 volants à 10 volants.

Ainsi, pour appliquer cette réduction un protocole a été établi d'abord pour caractériser les 56 volants en fonction de la texture, de la géométrie et de la couleur. Un codage a été appliqué pour décrire la variabilité de ces caractéristiques pour chaque modèle de volant.

Par rapport la régularité de la texture nous classifions les rugosités en deux types de base : « organique » (**R1**), ou « géométrique » (**R2**). Rarement, nous considérons une combinaison des textures organiques et géométriques pour un volant considéré comme « mixte » (**R3**). Le codage basé sur ce contrôle de régularité de textures est détaillé Figure 54.

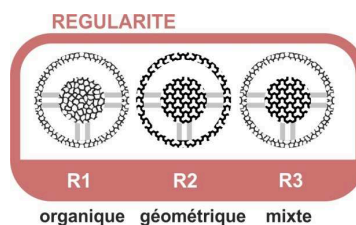


Figure 54 : Codage appliquée sur la régularité de textures dans les volants.

Le codage par rapport la géométrie des volants, a considéré les zones périphériques, intermédiaires et centrales. Pour la périphérie du volant deux types ont été considérés : « circulaire » (**P1**) et « déformée » (**P2**). En plus, nous avons rajouté à ce groupe la possibilité d'avoir une « poignée » saillant (**+Y**) au niveau interne en haute de la périphérie (voir Figure 55A).

Dans la zone intermédiaire (voir Figure 55B), nous avons remarqué la présence de volants avec « deux axes » (**I2**), « trois axes » (**I3**) ou « quatre axes » (**I4**). Concernant le

centre du volant (voir Figure 55C), nous avons considéré des formes de type « circulaires » (C1), « carrées » (C2), « trapézoïdales » (C3) ou « triangulaires » (C4).

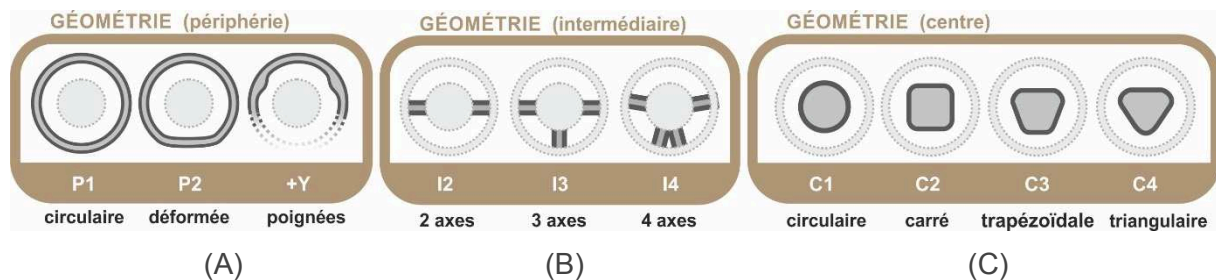


Figure 55 : Codage appliquée sur la caractérisation géométrique dans les volants. (A) Périphérie, (B) Intermédiaire, (C) Centre.

Les paramètres de couleurs considèrent les variations brillantes et mates (voir Figure 56). Le groupe « Brillantes » comprenant les couleurs suivantes : « Noir Brillant » (B1), « Gris Brillant » (B2) et « Chromée » (B3). D'autre part, la gamme « Mat » comporte six couleurs: « Noir » (M1), « Gris » (M2), « Argent » (M3), « Beige » (M4), « Rouge » (M5) et « Blanc » (M6).

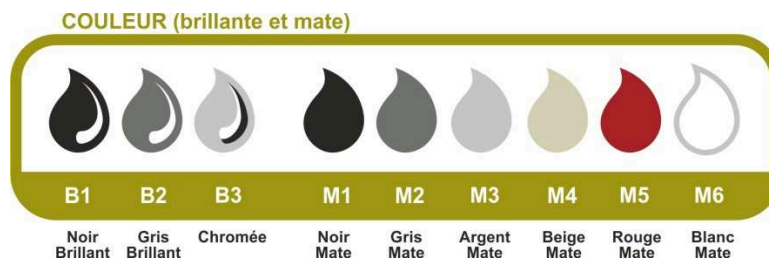


Figure 56 : Codage appliqué sur la variation des couleurs sur les volants.

La compilation de tous ces codages a été synthétisée dans un tableau qui détaille les 56 modèles de volant (voir Tableau 16).

Chaque volant est détaillé selon les codages de chaque ligne du tableau 16. Les colonnes retracent le pays d'origine des véhicules (FR ou BR), une vignette du véhicule, du volant et de la texture et le suivi de l'identification de la marque, du modèle et l'année de sortie.

Legende - caractéristiques visuelles																					
REGULARITE			GÉOMETRIE (périphérie)			GÉOMETRIE (centre)				COULEUR (brillante et mate)											
R1	R2	R3	P1	P2	+Y	C1	C2	C3	C4	I2	I3	I4	B1	B2	B3	M1	M2	M3	M4	M5	M6
organique géométrique mixte			circulaire déformée poignées			circulaire carré trapézoïdale triangulaire				2 axes 3 axes 4 axes			Noir Brillant Gris Brillant Chromée Noir Mate Gris Mate Argent Miroir Beige Mate Rouge Mate Blanc Mate								
Code	Image voiture	Image volant	Image textures	Marque	Modèle	Année de sortie	Caractéristiques visuelles			Prix 2013/14 (€)											
							Régularité (Rx)	Géométrie (Pxx-Cx-Ix)	Couleur (Rx/Mx)												
1				Chevrolet	Agile	2012	R1	P1-C1-I3	M2												
2				Chevrolet	Aveo	2012	R1	P1Y-C3-I4	M1-M3	12 150,00											

Tableau 16 : Exemples de codages appliqués sur les 56 modèles de volants.

Nous spécifions les caractéristiques visuelles par des codages (voir Figure 54, 55 et 56) en permettant des combinaisons multiples, comme par exemple deux couleurs sur le même volant, en plaçant en priorité la couleur prédominante. Le prix de la voiture est une référence moyenne estimée pour un produit neuf.

Les trois codages liés aux caractéristiques visuelles ont guidée la méthode de sélection et de réduction pour l'échantillon de volants. Le traitement de données que nous avons établi, prend en compte la répétabilité de chaque code. Pour intégrer les données sur une même échelle, nous avons harmonisé les trois paramètres. Etant donné que la « régularité » possède trois variantes, la « géométrie » et la « couleur », il existe plus de dix variantes. La relation de proportionnalité entre les deux dimensions d'échelles est décrit Figure 57.

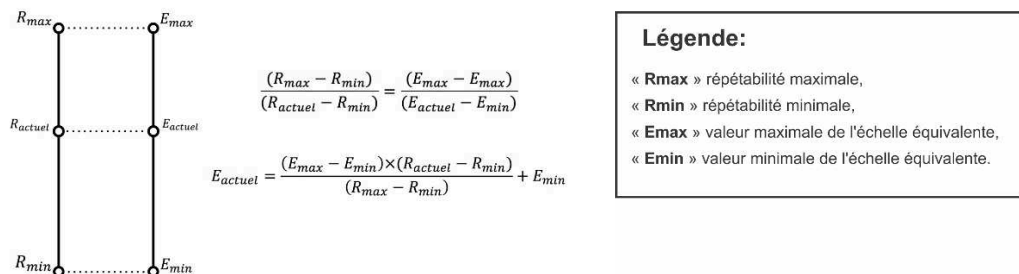


Figure 57 : Formule d'équivalence des échelles sur les caractéristiques visuelles.

Après avoir ainsi normalisé les valeurs sur une échelle unique (1-10), nous avons utilisé le logiciel Matlab pour traiter les données. L'identification des groupes de volants avec les mêmes valeurs numériques de répétabilité a mis en évidence 33 groupes différents.

Pour mieux visualiser la distribution des 56 modèles de volants, nous considérons chacun des trois paramètres (**régularité, géométrie et couleur**) comme un axe (X,Y,Z) pour créer des coordonnées dans un espace 3D et présenter les 33 groupes grâce à des points rouges (voir Figure 58).

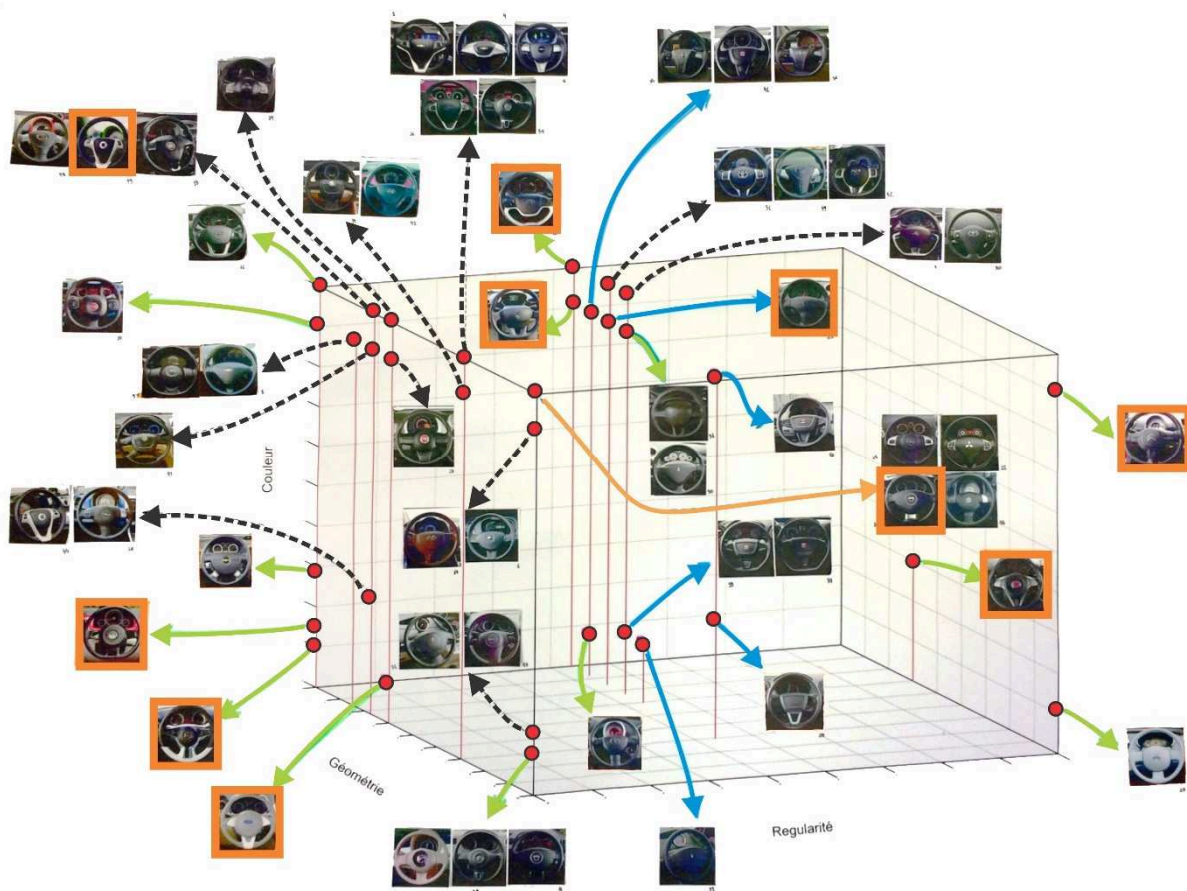


Figure 58 : Panneau 3D de 33 groupes de volants.

Nous utilisons ensuite une méthode de sélection des volants de nouveau basée sur la répétabilité de paramètres (régularité, géométrie et couleur), en classifiant les 33 groupes en 4 niveaux : « **répétabilité basse** » (flèches en vert), « **haute répétabilité** » (flèches en noir), « **répétabilité moyenne** » (flèches en bleu) et « **répétabilité maximale** » (flèches en orange).

Après avoir analysé chaque sous-groupe nous avons choisi les 10 volants les plus représentatifs pour notre banque d'image (cadres orange – voir Figure 58). Cette sélection a priorisée les volants le plus différents et donc a pris en compte une majorité de volants du

groupe vert (7 modèles) avec la plus faible répétabilité de paramètre. Les 7 modèles de volants du groupe vert nous ont donné une capacité plus variable pour la représentation des plus différents volants entre les 56. Ensuite, nous complétons la sélection en ajoutant 1 volant du groupe noir, 1 volant du groupe bleu et 1 volant du groupe orange.

L'ensemble de volants sélectionnés pour le questionnaire est illustré Figure 59 (codages V1 à V10).

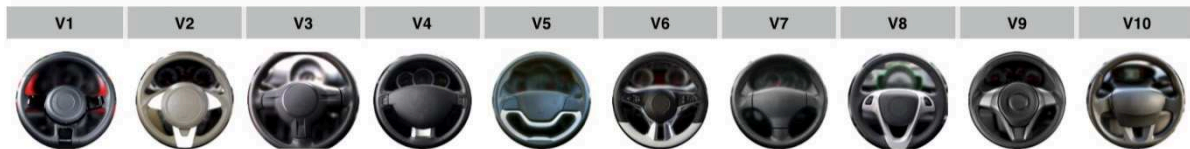


Figure 59 : Séquence de 10 volants sélectionnés – EXP1B.

3.3.2.2 Protocole – Questionnaire utilisateur

Sur la base de la liste de descripteurs les plus utilisés dans l'expérimentation précédente (EXP1A), nous avons sélectionné les mots le plus pertinents dans le contexte automobile en termes de descripteurs sensoriels, sémantiques et émotionnels. Afin de structurer le questionnaire avec des échelles de différentiel sémantique, une liste de 12 paires de descripteurs antonymes a été mise en place. Cette liste comporte trois paires de descripteurs sensoriels (**bleu**), six paires de descripteurs sémantiques (**vert**) et trois paires de descripteurs émotionnels (**rouge**) (voir Tableau 17).

Sensoriels		Sémantiques		Émotionnel	
1	Lisse - Rugueuse	1	Délicat - Grossier	1	Calmé(e) - Excité(e)
2	Brillant - Mat	2	Classique - Moderne	2	Ça me plait - Ennuyé(e)
3	Doux - Rigide	3	Simple - Sophistiqué	3	Surpris(e) - Indifférent(e)
		4	Chic - Basique		
		5	Modeste - Agressif		
		6	Minimaliste - Chargé		

Tableau 17 : Liste de descripteurs utilisés dans l'EXP2B.

La Figure 60, illustre le questionnaire avec les descripteurs sémantiques (**vert**), liés aux échelles de différentiel sémantique à cinq niveaux (**rouge**), lesquelles établissent des relations avec les « facteurs déterminants ». Ces facteurs (**jaune**) apportent une justification originale vis-à-vis du différentiel sémantique, en mentionnant différents points de vue tels que les finitions ou textures, la géométrie ou le matériau.

Descripteurs	Echelle de valeur du descripteur					Facteur déterminant pour la réponse		
	++	+	Neutre	+	++	Finition / Texture	Géométrie	Matériau
Minimaliste / Chargé	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Délicat / Grossier	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Simple / Sophistiqué	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classique / Moderne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chic / Basique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Modeste / Agressif	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figure 60 : Echelle de différentiel sémantique avec facteur déterminant – EXP1B.

Le questionnaire en ligne a été conçu à l'aide d'un logiciel libre qui s'appelle LimeSurvey (2014). Les images des volants ont été présentées également en détail pour l'identification de la texture sur la surface. Comme le montre l'exemple présenté Figure 61, la marque des volants a été masquée.



Figure 61 : Partie du questionnaire – EXP1B.

Avant soumettre les 10 volants à l'évaluation, nous avons demandé aux participants de proposer un profil pour un volant idéal en utilisant la même échelle de valeurs (voir Figure 60) en considérant les dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles (voir Tableau 17).

Le questionnaire (*voir Annexe 3-B*), a été présenté entre Avril et Mai 2014, diffusé par e-mail et dans des réseaux sociaux sur 2 zones géographiques : France et Brésil. Les deux langues officielles, le français et le portugais, ont été proposées. Le questionnaire a été composé de 98 questions réparties sur 4 sections : 1 - Introduction, 2 - Caractérisation du consommateur, 3 - Caractérisation du volant idéal, 4 - Evaluation des volants du marché sur les descripteurs SSE. A partir de la recolte de données du questionnaire, nous avons présenté les résultats et discussions dans le chapitre suivant.

3.3.3 Résultats et discussion

Pour rappel, 60 personnes ont répondu à ce questionnaire, soit 30 Français et 30 Brésiliens. La durée moyenne de remplissage du questionnaire a été de 20 minutes. La population française présentait une moyenne d'âge de 33 ans, avec 13 hommes et 17 femmes. La population brésilienne présentait une moyenne d'âge de 36 ans, avec 18 hommes et 12 femmes.

A partir de l'analyse du profil de volant idéal, nous avons établi des comparaisons avec profils sémantiques de 10 volants du marché également jugés par la population totale. Nous n'avons pas identifié à ce grade des différences importantes entre les populations française et brésilienne.

Le profil SSE de chaque volant a toujours été tracé après le profil du volant idéal. Figure 62, nous pouvons identifier les quatre modèles de volants (V02, V05, V08 et V09) comme les plus proches du profil du volant idéal. Le profil « idéal » est inscrit en bleu et celui correspondant aux volants en vert. Un tableau avec les profils de tous les autres modèles de volants est présenté en Annexe 3-C.

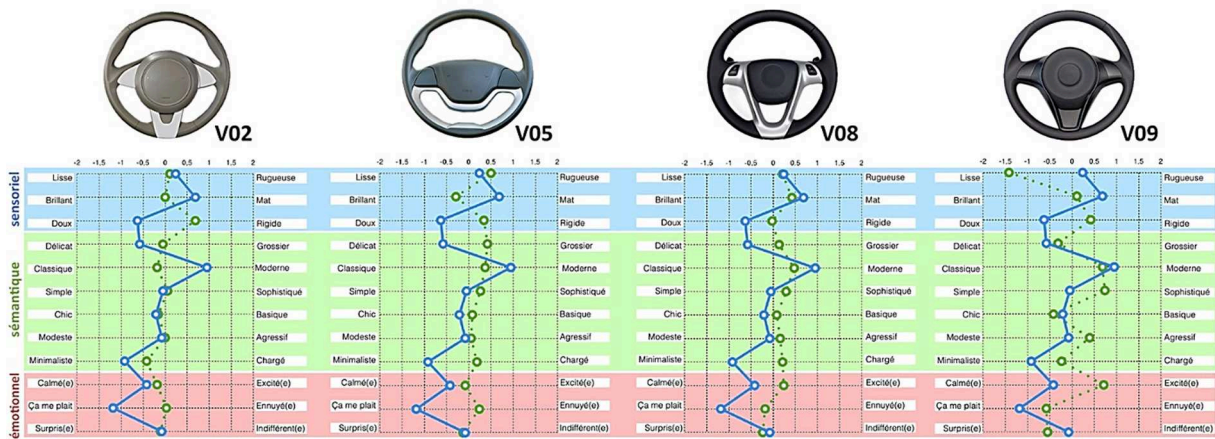


Figure 62 : Comparaison des profils SSE du volant idéal avec les volants de l'échantillon.

Notamment, nous avons identifié les descripteurs qui pourront contribuer à établir un lien avec les facteurs déterminants. A cette fin nous avons considéré les valeurs les plus représentées d'une variable en termes de finition/texte, géométrie, matériau. Plus précisément le facteur déterminant qui comporte la plus grande répétabilité peut être associé aux descripteurs.

Ainsi, nous décrivons sur le tableau 18, les 8 volants (8/10) qui se rapprochent le plus du volant idéal, en indiquant les 12 descripteurs (en rouge) (12/24) et les facteurs déterminants associés à ces descripteurs. Nous observons (en jaune) les facteurs déterminants qui présentent les relations les plus importantes pour notre sujet de thèse « les matériaux et les textures ».

paires de descripteurs (détachés les plus proches du volant idéal)	lisse	brillant	doux	délicat	classic	simple	chic	modeste	minimaliste	calm(é)	ennuyé(é)	surprise(e)
	rugueuse	mat	rigide	grossier	moderne	sophistiqué	basique	agressif	chargé	excité(é)	ça me plait	indifférent
facteur déterminant (lié aux descripteurs)	finition texture	matériau	matériau	finition texture	géométrie	géométrie	finition texture	géométrie	géométrie	géométrie	géométrie	géométrie
volants jugés (plus proche du idéal)	V8	V7	V6	V9	V9	V10	V2	V2	V4	V3	V6	V2

Tableau 18 : Descripteurs liés au volant idéal et ces correspondants les plus proches au marché.

Ainsi, nous pouvons décrire et comprendre l'influence visuelle de la surface des volants telles que celles des modèles V2, V6, V7, V8 et V9, identifiés dans l'EXP1B avec une population de 60 personnes. Dans cette sélection nous identifions l'importance de la valeur relative aux descripteurs sensoriels « rugueux, mat et doux », et des descripteurs sémantiques « délicat et chic », en relation avec la surface/texte des produits. Du point de

vue émotionnel, les descripteurs sont prioritairement liés aux aspects formels de la géométrie du produit.

Afin de mieux visualiser les résultats nous avons appliqué une ACP. A travers l'ACP, les résultats provenant du questionnaire nous ont permis de comparer les relations qui existent entre les descripteurs SSE sur les 10 modèles de volants et celles d'un volant idéal (première ligne du tableau 18). Cette comparaison est représentée Figure 63, avec l'échantillon de volants et les descripteurs sémantiques.

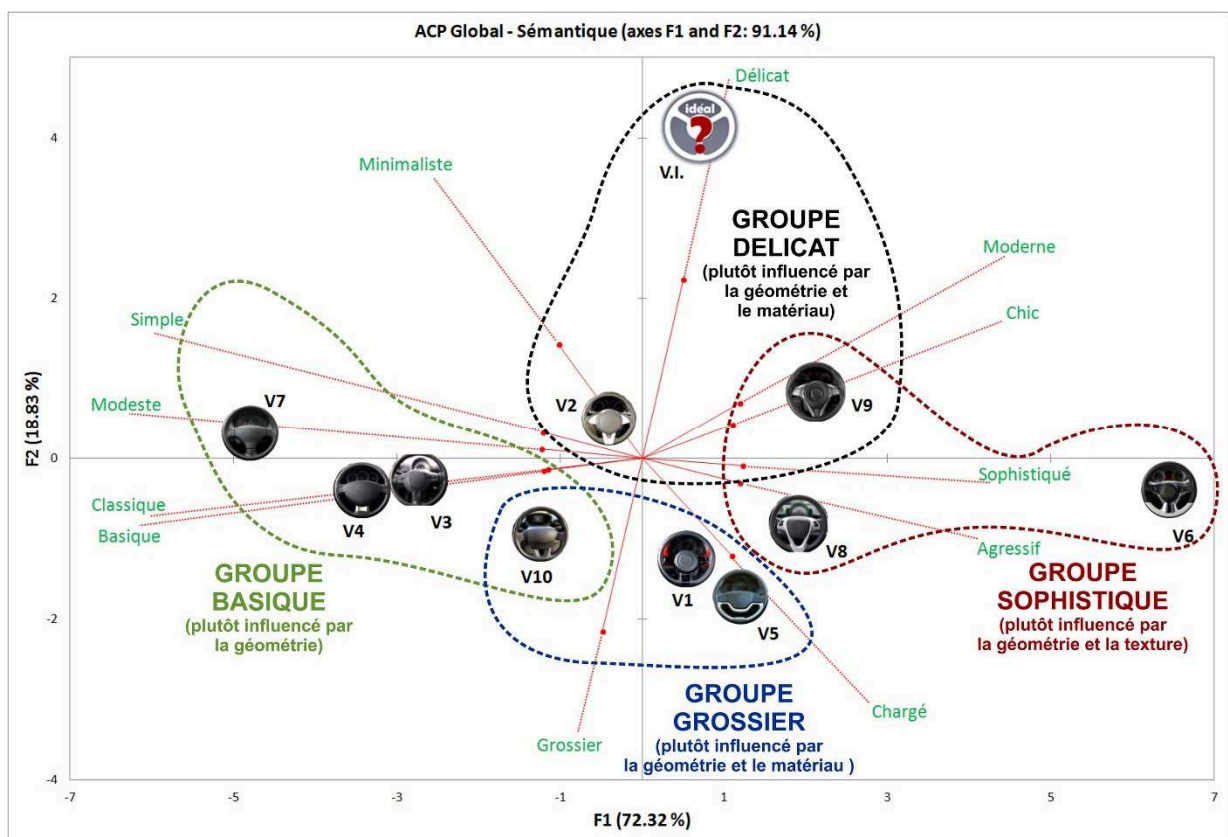


Figure 63 : Mapping de l'ACP de la dimension sémantique avec le volant idéal – EXP1B.

L'interprétation de l'ACP comprend l'identification de groupes d'échantillons (volants) qui détiennent des valeurs sémantiques communes par rapport à un descripteur ou un groupe de descripteurs proches. Nous identifions par exemple que le volant idéal est proche des Volants V2 et V9, comprenant le « groupe délicat » des descripteurs sémantiques.

En revanche, nous pouvons constater qu'un groupe est positionné à l'opposé du Volant Idéal. Il qui a été nommé comme « groupe grossier » des descripteurs sémantiques et il comprend les volants V1, V5 et V10.

Concernant la dimension sensorielle (voir Figure 64), les volants V7 et V8 sont considérés comme les plus proches du volant idéal dans l'EXP1B. Pour ces volants, les descripteurs associés sont les descripteurs « mat, doux et rugueux » et le groupe a été nommé comme « groupe doux ». Ces deux volants sont principalement liés aux matériaux et textures.

Deux autres groupes ont été identifiés comme « groupe lisse » et « groupe brillant ». Ce dernier groupe, comprend non seulement les volants V1, V5 et V10 (comme sur la Figure 63), mais aussi les volants V2 et V3 par opposition au Volant Idéal sur la dimension « sensorielle » (voir Figure 64).

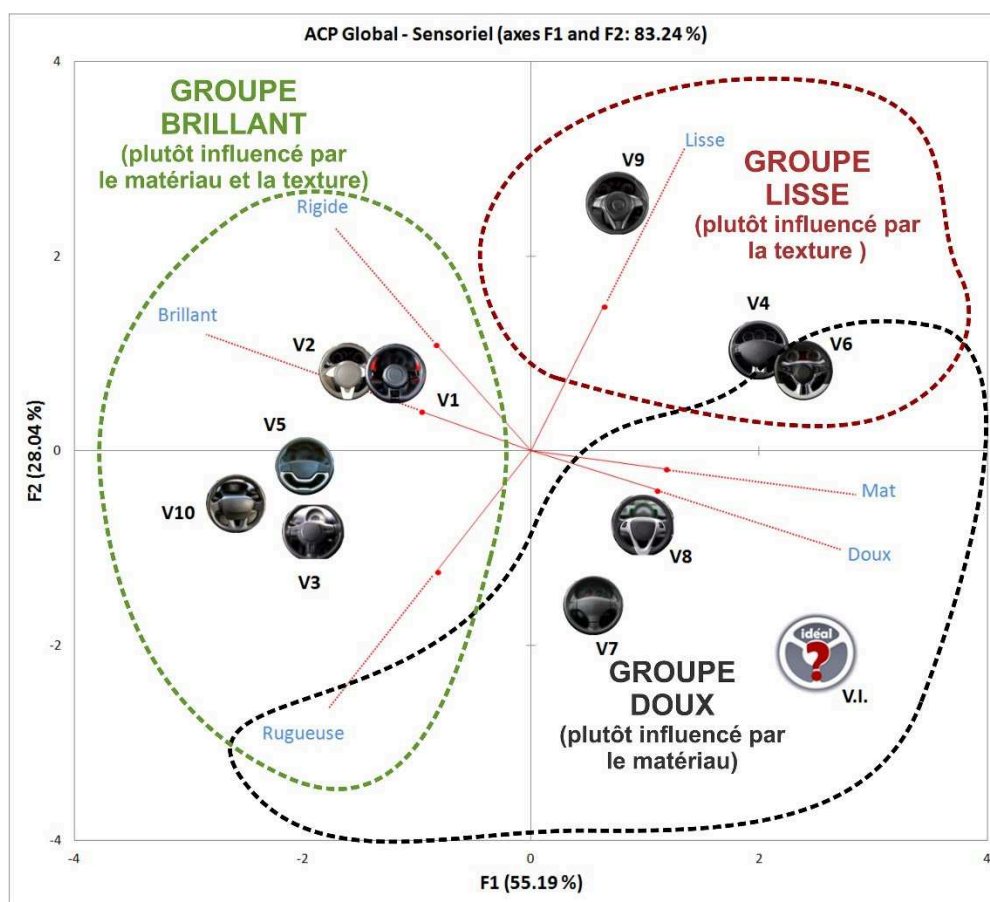


Figure 64 : Mapping de l'ACP de la dimension sensorielle avec le volant idéal – EXP1B.

Concernant la dimension « émotionnelle » nous n'avons pas identifié de proximité particulière vis-à-vis du Volant Idéal par rapport aux 10 modèles du marché (voir Figure 65). Cependant, certains volants (V2, V4 et V6) sont quand même liés « émotionnellement » au

Volant Idéal, à travers le facteur morphologique (géométrie) avec trois descripteurs associés : « excité », « ça me plaît » et « surprise ».

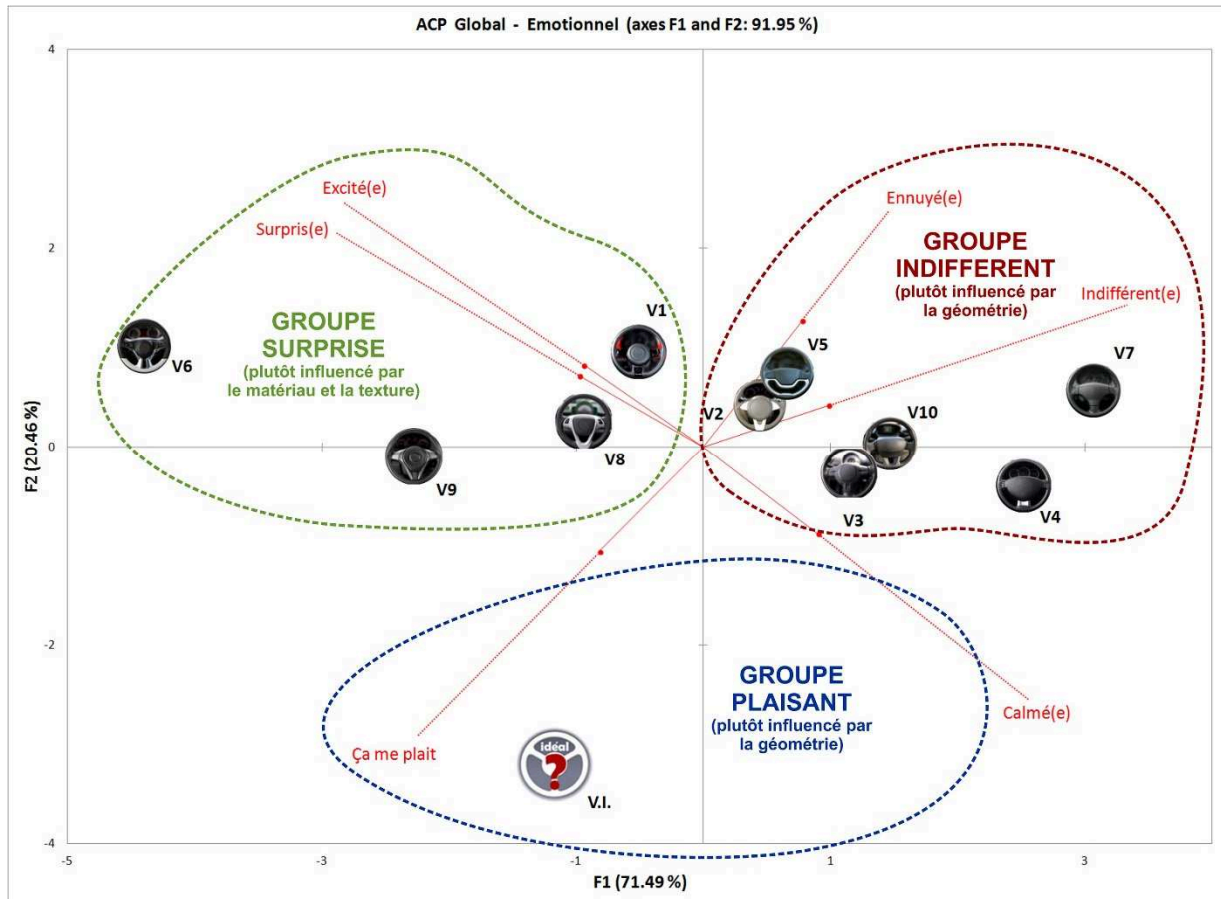


Figure 65 : Mapping de l'ACP de la dimension émotionnel avec le volant idéal – EXP1B.

3.3.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2

L'expérimentation EXP1B nous a donné une vue d'ensemble par rapport à l'utilisation de descripteurs associés aux matériaux et aux textures du produit « volant » automobile.

Pour rappel, l'EXP1B a été basée sur les réponses d'un questionnaire online par rapport à la perception visuelle d'images de volants automobiles. Les réponses nous ont permis d'effectuer une analyse quantitative et qualitative de données. D'après ces résultats, nous avons conclu que l'expérience utilisateur d'un véhicule automobile avec les textures de volants, est normalement caractérisée par des références particulières aux individus dans ce

contexte. Les données nous ont permis d'identifier des divergences relatives aux attributions de valeurs (autour de 17%) par rapport aux descripteurs sémantiques (simple/sophistiqué) du volant idéal. Cette divergence montre que le concept d'un volant idéal n'est pas toujours précis, mais il permet d'harmoniser la combinaison entre les descripteurs sémantiques.

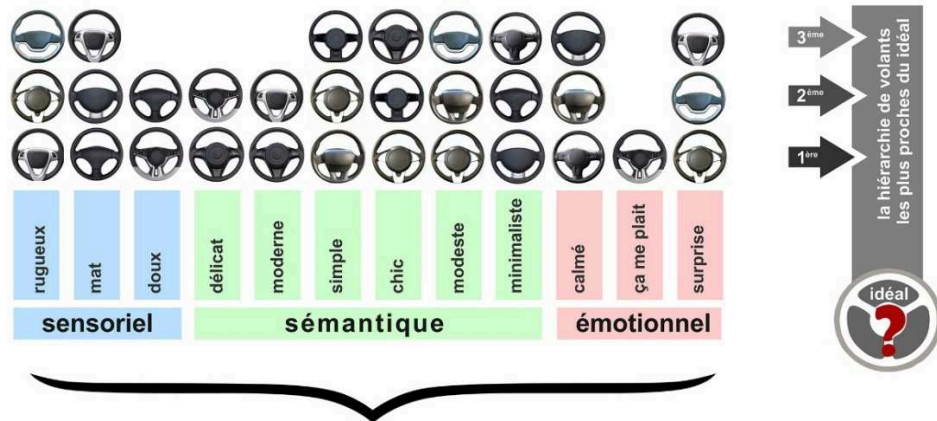
Concernant les 10 modèles de volants du marché, nous avons constaté des divergences sur les volants V2, V4 et V7 sur les 3 dimensions SSE. Particulièrement sur la dimension « sémantique », nous avons identifié des divergences importantes pour 50% des descripteurs sur les volants V1 et V7. Cependant, ces divergences ne sont pas variables en fonction de la nationalité (FR et BR) ou même de la tranche d'âge. C'est-à-dire qu'elles sont homogènes sur toute la population et ne pourtant pas sur des profils spécifiques.

L'intégration de la notion de « Facteur Déterminant » liés aux réponses a été importante pour filtrer et valider le niveau d'influence de chaque descripteur. Ainsi, la texture peut être caractérisée à partir de descripteurs Sensoriels et Sémantiques pourtant sur les aspects des matériaux et les finitions.

Sur les graphiques ACP (*voir Figure 63, 64 et 65*), qui considèrent la totalité de la population, nous identifions dans les cercles de corrélation que les volants du marché ont tendance à s'organiser en différents groupes en relation avec les dimensions SSE. Le volant idéal s'avère plutôt distant de tous les volants analysés dans cette recherche, principalement sur la dimension émotionnelle.

Ainsi, nous pouvons constater que le « volant idéal » peut évoluer encore à partir de nouvelles combinaisons de matériaux et textures pour enrichir les réponses émotionnelles des individus. Aujourd'hui le facteur morphologique apparaît comme prépondérant vis-à-vis des matériaux et finitions (textures).

A partir d'une comparaison entre les 3 dimensions de descripteurs SSE (*voir Annexe 3-C*) nous présentons Figure 66 en soulignant la hiérarchie des volants les plus proches du volant idéal avec ces descripteurs corrélés.



Les 12 descripteurs les plus proches du volant idéal

Figure 66 : Relations descripteurs et volants du marché par rapport à l'idéal.

Le volant idéal correspond à un profil SSE préféré. Si l'on considère les relations avec les modèles de volants, il doit être légèrement « rugueux » (V8), un peu « mat » (V7) et « doux » (V6) dans la dimension sensorielle, et « délicat » (V9), « moderne » (V9) et « minimaliste » (V4) et légèrement « simple » (V10), « chic » (V2) et « modeste » (V2) au niveau sémantique. Concernant la dimension émotionnelle, il doit être « agréable » (V6), générer une attitude plutôt « calme » (V3) et être légèrement « surprenant » (V2).

La synthèse de ces résultats ne permet pas de valider complètement les hypothèses (H1 et H2), car nous avons besoin de comparer encore les résultats sur la dimension tactile dans le même contexte (automobile) avec les nationalités FR et BR. L'EXP 2 permettra de rajouter cette dimension et d'établir des nouvelles comparaisons.

3.4 EXP2 : Perception visuo-tactile – matériaux/macrotextures/produits

3.4.1 Objectifs

Le principal objectif de cette expérimentation est d'établir une mise en relation entre la dimension visuo-tactile et les aspects subjectifs, à partir de descripteurs sensoriels, sémantiques et émotionnels, mais aussi des aspects physiologiques et comportementaux et des caractéristiques produit particulières (volants automobiles) à travers deux groupes d'utilisateurs de véhicules.

Nous cherchons ainsi à comparer la perception visuo-tactile avec la perception visuelle de l'expérimentation EXP1B. La finalité de cette expérimentation est d'apporter des spécifications design (matériaux, textures, couleurs) pour la conception intégrée Kansei - Produit en contexte automobile.

3.4.2 Protocole expérimental – EXP2

Le protocole de l'expérimentation EXP2 s'applique toujours au contexte automobile et au volant, tout comme l'expérimentation EXP1B. Ce protocole a été élaboré en deux phases pour placer l'utilisateur au sein de l'expérience produit puis récupérer des informations concernant les attributs sensoriels, sémantiques et émotionnels.

L'expérience a concerné la perception de volants du marché et a duré 25 minutes. La deuxième partie du protocole a consisté à remplir un questionnaire utilisateur (*voir Annexe 4-A*) pendant 35 minutes environ. Ainsi, la durée totale de l'expérimentation a été d'une heure (*voir protocole Tableau 19*). Les tâches inhérentes à ce protocole ont été appliquées pour chaque participant avec la supervision d'un animateur.

Phase et Séquence	ACTION	OBJECTIF	
Phase 1	1	Introduction à l'EXP2	Compréhension du contexte de la recherche
	2	Installation du participant dans l'environnement	Adaptation sur place surtout par rapport à l'éclairage local
	3	Configuration du siège en face du tableau de bord (lui-même)	Obtenir la meilleure relation stimulus – réponse pendant l'expérimentation
	4	Installation du dispositif eye-tracking et calibration	Capturer la direction du regard aussi comme la variation dimensionnelle de la pupille pendant l'expérimentation
	5	Installation du capteur de fréquence cardiaque (HR) dans le lobe de l'oreille du participant	Capturer le rythme cardiaque pour mettre en évidence de potentielles variations émotionnelles
	6	Allumer les caméras vidéo puis le dispositif eye-tracking et le capteur HR	Capturer la réaction comportementale et physiologique du participant pendant l'expérimentation
	7	Exposer le volant et chronométrer le temps d'interaction visuelle	Obtenir les données physiologiques et comportementales à partir de cette interaction
	8	Pause de 15 secondes en regardant le panneau	Rétablir une dimension neutre de la pupille
	9	Tourner le regard vers le volant pour pendant 1 min.	Obtenir les données physiologiques et comportementales
	10	Enlever le volant et refaire la pause (15 secondes). Mettre le deuxième sur place et répéter le cycle (fin de cycle par volant - 150 secondes – 18min. total)	Rétablir une dimension neutre de la pupille et provoquer les stimuli avec d'autres modèles de volants dans un ordre randomisé avec 7 volants
	11	Eteindre les caméras et capteurs et ôter les dispositifs du participant	Transition, relachement avant de passer à la phase du questionnaire
Phase 2	12	Réinstallation des volants, côte à côte, sur une table dans le même ordre	Aiguiser la capacité comparative du participant par rapport les volants
	13	Rajouter le questionnaire structuré (Annexe 4-A) papier à côté de chaque volant	Récupérer les valences sensorielles, sémantiques et émotionnelles dans une sélection de 14 paires de descripteurs
	14	Rajouter le questionnaire non-structuré (Annexe 4-A) papier à côté de chaque volant	Récupérer le ressenti émotionnel spontané par rapport aux textures et découvrir les préférences attribués à la texture, à la forme et au matériau sur les volants
	15	Finaliser la séance	

Tableau 19 : Phases de l'EXP2 en détails.

Nous décrivons pour la suite le déroulement de chaque phase en précisant le protocole.

3.4.2.1 Protocole – perception visuo-tactile de volants du marché

Cette expérimentation liée à la perception de l'utilisateur a été construite sur la base de la sélection précédente de volants dans l'EXP1B. Cependant, nous utilisons 7 volants sur 10 en raison de la disponibilité des échantillons de volants chez les partenaires industriels (TAKATA au Brésil et AUTOLIV Isodelta en France). D'autre part le modèle V10 de l'EXP1B

(voir Figure 67-A) a été remplacé dans l'EXP2 par un modèle de forme et de couleurs similaires, de la même marque, cependant avec des matériaux et textures différents (voir Figure 67-B).



Figure 67 : (A) Volant V10 dans l'EXP1B ; (B) Volant V10 dans l'EXP2.

Ainsi, compte tenu de l'indisponibilité des volants V2, V3, V5 et du volant V10 (voir Figure 67-A) nous présentons les 7 volants finalement intégrés à l'EXP2 (voir la Figure 68).



Figure 68 : Echantillon de volants pour l'EXP2.

La préparation de l'EXP2 a compris la construction physique d'un cockpit en simulant un tableau de bord simplifié de véhicule automobile grand public, pour simuler un contexte réel. A cette fin nous considérons la dimension standard du côté conducteur et passager avec un plafond pour donner un sentiment d'immersion. L'environnement se rend neutre et limité à l'expérience d'interaction avec des volants (voir Figure 69A). Nous rajoutons un panneau scénographique en papier blanc en face du tableau de bord simulé. Une lampe à incandescence a été installée derrière ce panneau avec un dessin en gris pour simuler la « route » (voir Figure 69B). Ce panneau scénographique a contribué au recalibrage naturel de la pupille dans les intervalles d'analyse physiologique avec un contrôle de l'éclairage. La température de couleur de la lampe installé derrière le panneau scénographique a été 2700K (Kelvin) en produisant 630lm (lumens). La couleur jaune de cette lampe a fourni un niveau

de confort agréable aux participants et sa puissance (*lumens*) a été diffusée radialement derrière le panneau scénographique (voir *Figure 69B*). L'effet attendu était la contraction de la pupille pendant le changement de modèle de volant.



Figure 69 : (A) Cockpit simulé ; (B) Tableau de bord et panneau scénographique ; (C) Participant installé.

Le plafond a procuré une diffusion uniforme par rapport à l'éclairage de la salle sur le tableau de bord et les volants. L'intensité moyenne a été de 215 LUX sur le volant et de 118 LUX sur la pupille. Une chaise ergonomique a été installée en face le tableau de bord pour apporter au participant un confort proche d'un siège de voiture (voir *Figure 69A* et *Figure 69C*), en permettant aussi le réglage en hauteur par rapport au tableau de bord et au volant.

Concernant l'enregistrement des données physiologiques, nous avons utilisé des capteurs *open source* sur la plateforme Arduino®. Le premier capteur (Cap1) a contribué pour obtenir la variation de la fréquence cardiaque, dans le lobe de l'oreille pendant l'intervalle de l'interaction avec des volants. Le deuxième capteur (Cap2) a été un dispositif eye-tracking pour la mesure de la dilatation de la pupille, installé sur la tête du participant. Un troisième capteur (Cap3) nous a permis de mesurer l'intensité lumineuse avec un Luxmètre pendant chaque séance sur la surface du volant et sur le visage des participants. Le quatrième capteur (Cap4) a été utilisé pour contrôler la température de la salle sur deux points avec une station de température sans fil pour optimiser la sensation thermique. Pour l'aspect comportemental, nous utilisons 3 caméras vidéo pour enregistrer les expressions verbales spontanées (langages) et les expressions gestuelles ainsi que le suivi du regard pour l'identification des zones d'intérêt. La première caméra (Cam1) a été fixée côté droit à 2,5m du participant avec un téléobjectif 70-200mm à 45 degrés de la chaise. La deuxième caméra (Cam2) « grand angle » a été installée plus près du participant (0,5m) à 30 degrés de la chaise dans le sens opposé par rapport la Cam1. La troisième caméra (Cam3) a été fixée dans un casque vélo sur la tête du conducteur.

Dans le tableau 20, nous pouvons identifier les spécifications des équipements utilisés pendant l'expérimentation EXP2.

Code	Spécifications des équipements	Fonction	Image
Cap1	Kit <i>Pulse Sensor Arduino</i> ® avec compteur.	Capturer la fréquence cardiaque de façon non-invasive.	Figure 70-A, B et C
Cap2	<i>Eye-tracking SMI – iView X™</i> HED	Capturer les traces du regard et dilation de pupille de façon non-invasive.	Figure 71-A et B
Cap3	Luxmètre (<i>light meter</i>) Velleman DVM1300	Capturer les variations d'intensité lumineuse sur la surface du volant et les yeux des participants.	Figure 71-C
Cap4	Station de Température La Crosse Technologie - WS9160IT	Contrôler la température de la salle d'expérimentation.	Figure 71-D
Cam1	Canon 5D MarkII + objectif Sigma 70-200mm f2.8 APO DG HSM	Capturer des vidéos du visage pour l'analyse comportementale.	Figure 72-A
Cam2	GoPro Hero3+ <i>Black edition</i>	Capturer des vidéos du participant pour l'analyse comportementale.	Figure 72-B
Cam3	Caméra VGA sur Eye-tracking	Capturer des vidéos du regard du participant pour l'analyse comportementale.	Figure 72-C

Tableau 20 : Spécifications des équipements utilisés dans l'EXP2.

Les Figures 70, 71 et 72 illustrent les équipements utilisés pendant l'expérimentation EXP2 présentés dans le tableau 20.

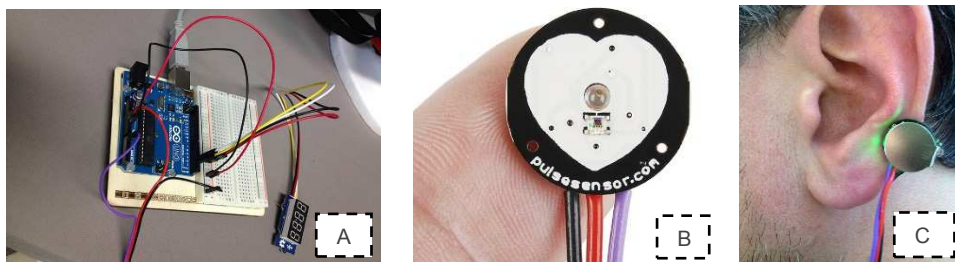


Figure 70 : **Cap1** : (A) Carte Arduino® et compteur ; (B) Capteur infrarouge ; (C) Clip d'oreille.

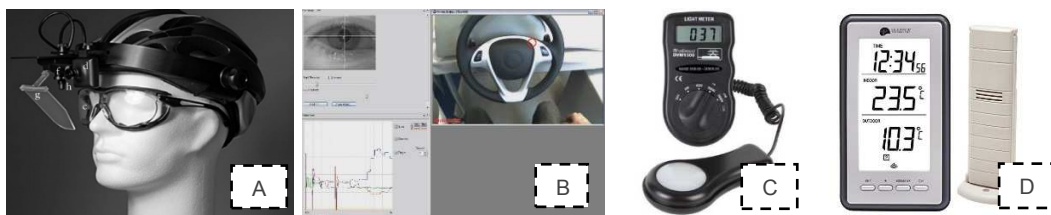


Figure 71 : **Cap2** : (A) Eye-tracking SMI et (B) Logiciel SMI iView X™ ; **Cap3** : (C) Luxmètre ; **Cap4** : (D) Station de température



Figure 72 : **Cam1** : (A) Camera reflex capteur full frame + objectif 70-200mm ; **Cam2** : (B) Camera grand angle full HD ; **Cam3** : (C) Camera VGA pour le dispositif d'eye-tracking

Après l'installation du dispositif de eye-tracking (Cap2) (voir Figure 71A) sur la tête du participant, nous avons réalisé la calibration du même avec un dispositif créé spécialement pour ce contexte (voir Figure 73). Il a été dimensionné avec le volant le plus grand et a permis de régler la distance entre l'utilisateur et le volant. Dès qu'une première calibration a été effectuée, le dispositif d'eye-tracking fixe des repères sur les trois axes et peut analyser les mouvements de la pupille de haut en bas, comme de gauche à droite.



Figure 73 : Dispositif de calibration de l'eye-tracking - EXP2.

L'ensemble des dispositifs cités dans le tableau 20 nous a permis d'explorer les variables physiologiques et comportementales des utilisateurs (voir Figure 74).

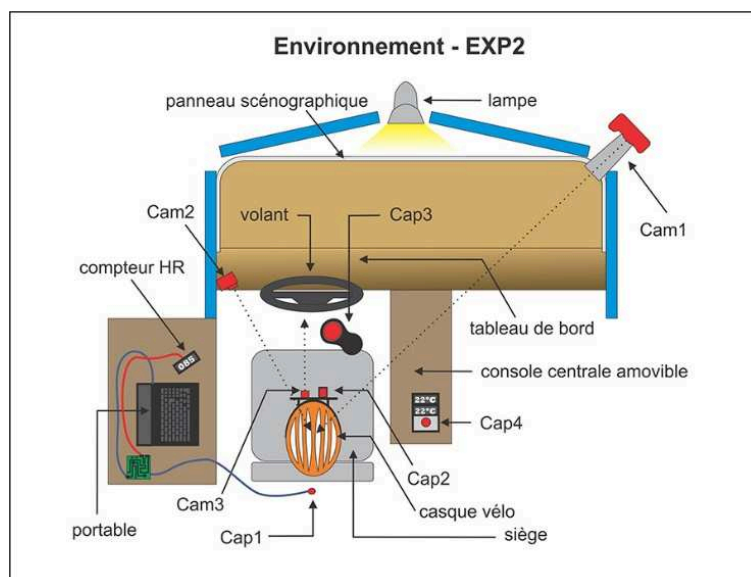


Figure 74 : Représentation spatiale de l'EXP2.

L'interaction avec les 7 volants a été proposée de façon randomisée pour éviter une réaction standardisée. Chaque volant a été évalué selon une séquence de 1 minute d'interaction visuelle, 15 secondes de pause et encore 1 minute d'interaction visuo-tactile suivi de 15 secondes de pause. Pendant cette période les verbalisations simultanées des participants ont été enregistrées, à travers le protocole « *Think-Aloud* » (ERICSSON et SIMON, 1993).

Après l'exécution de la première phase de l'EXP2, la phase 2 a été mise en scène avec le questionnaire (voir Annexe 4-A). Le protocole de la phase 2 de l'EXP2 est détaillé dans le chapitre suivant.

3.4.2.2 Protocole – Questionnaire utilisateur

La deuxième phase de l'EXP2 consiste à faire remplir un questionnaire de 12 pages pour contribuer à l'analyse subjective réalisée dans la phase 1 (interaction avec des volants), en faisant relier les valeurs de l'expérience visuo-tactile avec les descripteurs SSE. Les questionnaires structurés et non-structurés ont été divisés en 4 parties :

- 1^{ère} - Caractérisation du participant ;
- 2^{ème} - Evaluation des volants jugés par descripteurs SSE ;
- 3^{ème} - Questions ouvertes par rapport aux textures de chaque volant ;
- 4^{ème} - Choix de volants préférés, par rapport à l'ensemble des textures, matériaux et forme.

Les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} parties du questionnaire ont été présentées face à chaque modèle de volant. Les volants ont été disposés côte-à-côte sur une table, comme l'illustre la Figure 75.



Figure 75 : Application de la 2^{ème} phase de l'EXP2 : préparation du questionnaire.

Pendant l'exécution de cette phase, le participant a été autorisé à explorer (visuellement et tactilement) encore une fois tous les volants pour l'aider dans la prise de décision et la complétion du questionnaire.

Après la collecte de données auprès de 30 participants (15 français et 15 brésilien), relative à la phase 1 (perception visuo-tactile) et à la phase 2 (questionnaire), nous avons identifié la besoin d'un prétraitement sur le contenu brut recueilli. Cette opération a été mise en œuvre pour nettoyer des bruits existents, pour organiser et agrouper les informations et pour réduire les variables en favorisant l'analyse d'après. Cette analyse de données a été effectuée grâce au logiciel d'analyse comportementale « Noldus® – Observer XT ». Ainsi, les prétraitements les plus importants ont été les suivants (*voir Tableau 21*) :

Code	Prétraitement des données	Source des données
1	Tabulation de réponses du questionnaire à partir des échelles du différentiel sémantique ;	Questionnaire (<i>voir Figure 75</i>)
2	Transcription de la verbalisation orale (vidéo) et écrite (questionnaire) sur un tableau comparatif entre les nationalités et les intervalles de la phase visuelle et visuo-tactile ;	Cam1, Cam2 et questionnaire (<i>voir Figure 72A, Figure 72B et Figure 75</i>)
3	Traitement du signal de fréquence cardiaque ;	Cap1 (<i>voir Figure 70B</i>)
4	Traitement de la courbe du diamètre pupillaire ;	Cap2 (<i>voir Figure 71B</i>)
5	Synchronisation et fusionnement de vidéos pour l'analyse comportementale ;	Cam1 et Cam2 (<i>voir Figure 72A et Figure 72B</i>)
6	Interpolation manuel et synchronisée des zones de regard (<i>dispositif de l'eye-tracking</i>) sur les images vidéo (sur une fréquence de 25 images par seconde, soit 21.000 images par vidéo) de la Cam3 ;	Cap2 et Cam3 (<i>voir Figure 71A et Figure 72C</i>)
7	Elaboration et enregistrement de codages synchronisés dans le logiciel Noldus® Observer XT, pour l'analyse comportementale (expressions faciales et expressions gestuelles) et les séquences de présentation de volants randomisés ;	Cam1, Cam2 et Cam3 (<i>voir Figure 72A, Figure 72B et Figure 72C</i>)
8	Application de filtres pour l'affinage des données croisées dans le logiciel Noldus® Observer XT (intervalles de pics HR, selon le modèle de GRAHAM & CLIFTON (1966), expressions gestuelles, expressions faciales, etc.) ;	Cam1, Cam2, Cam3 et Cap1 (<i>voir Figure 72A, Figure 72B, Figure 72C et Figure 70B</i>)

Tableau 21 : Prétraitement des données de l'EXP2.

Ces prétraitements de données nous ont permis d'organiser et de présenter les résultats traités, comme décrit dans le chapitre suivant.

3.4.3 Résultats et discussion

L'analyse des données de l'EXP2 a été basée sur une combinaison de 5 variables (critères) qualitatives et quantitatives, représentatives des dimensions comportementale (β), psychologique (ψ) et physiologique (φ) à partir de l'interaction de l'utilisateur (\ddagger) avec le produit (π).

Sur le schéma figure 76 nous avons souligné les combinaisons investiguées de variables : « nationalité, impulsion au toucher, fréquence de conduite, zone d'intérêt et expression gestuelle ». Ces combinaisons de variables ont permis une mise en relation avec les dimensions produit. Pour la majorité de ces variables, nous avons intégrés les « expressions faciales » ou la « fréquence cardiaque » comme des « filtres émotionnels » de mise en relation.

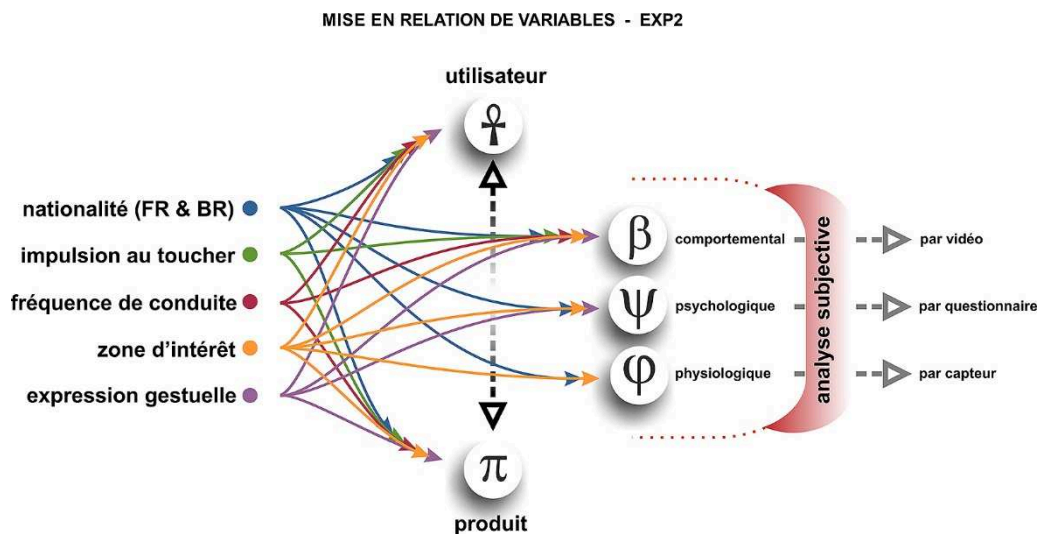


Figure 76 : Mise en relation de variables - EXP2.

Nous avons présenté dans les paragraphes suivants les résultats détaillés suivi des discussions qui y sont relatives.

- **Nationalité ($\eta \times \beta \times \varphi \times \psi$) :**

Dans le cadre de l'expérimentation 2 sur l'interaction visuelle et tactile avec des volants automobiles, nous avons identifié tout d'abord les réactions émotionnelles des populations française et brésilienne. Ces réactions ont été identifiés à travers les expressions faciales (neutre, positive, négative, surprise +, surprise -, amusement et ennuyé), et les verbalisations spontanées en complément.

Pour enrichir notre mise en relation dans la variable « nationalité » nous avons rajouté des données d'entrée en considèrent les données utilisateur. Ainsi, l'ensemble des

expressions faciales (β) a été croisé avec les caractéristiques de l'utilisateur (\dagger), le questionnaire, la verbalisation vidéo (ψ) et les résultats de mesures physiologiques (φ).

Concernant les utilisateurs, les **15 Français** (FR) ont un âge moyen de 26 ans, également répartis entre hommes et femmes (près de 50%). Ils ont en moyenne entre 5 à 10 ans d'expérience de conduite, mais en revanche une faible fréquence mensuelle de conduite (10h/mois). Pour une vision globale du confort thermique, la moyenne de température annuelle de leur lieu d'habitation est de 11°C (bilan climatique 2014 région Ile de France – source Météo France). Les **15 Brésiliens** (BR) ont un âge moyen de 24 ans, avec une distribution à 60% féminin et 40% masculin. Ils ont en moyenne entre 1 à 4 ans d'expérience de conduite et une haute fréquence mensuelle de conduite (46h/mois). La moyenne de la température annuelle de leur lieu d'habitation est de 24°C (bilan climatique 2014 de la région nord du Brésil - *Instituto Nacional de Meteorologia* – INMET).

Nous rappelons que la détection des expressions faciales (neutre, positive, négative, surprise positive, surprise négative, amusement et ennuyeuse) a été réalisé manuellement sur l'observation vidéo de tous les 30 participants, en recherchant les mouvements du visage caractérisés par chaque expression (DESMET et al, 2012) (SNYDER et al, 2012) mais pas forcément les micro-expressions (EKMAN, 2007). Le logiciel d'analyse comportementale « Noldus® – Observer XT » a été utilisé pour enregistrer les codages des expressions faciales (*relatifs aux points 5 et 7 du Tableau 21*). Le logiciel *FaceReader™* réalise cette reconnaissance des expressions de façon automatisée, mais il n'a pas été possible de l'utiliser en raison d'un nécessaire éclairage frontal et de l'obstruction partielle de son visage par l'équipement eye-tracking (*voir Figure 71*). Nous avons donc naturellement opté pour l'alternative la moins intrusive possible (*voir Figure 72A*).

En considérant les deux groupes (Français et Brésiliens), nous ne trouvons pas des différences importantes par rapport aux expressions faciales pendant les 20 minutes d'interaction avec les 7 modèles de volants. La moyenne de toute la population (30 participants) est représenté Figure 77. Pour plus de détail sur les expressions faciales concernant la population française et brésilienne, voir Annexe 4-G.

Le résultat global a indiqué un comportement neutre majoritaire de 75%. Cependant les pourcentages des expressions en valences positives (10% + 4%) et négatives (9% + 1% + 1%) ont été liés à des réactions spontanées particulières qui demandent une analyse en profondeur.

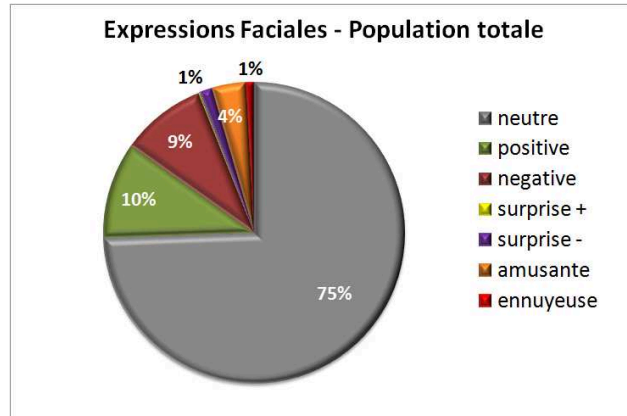


Figure 77 : Moyenne global des expressions faciales (France et Brésil) sur l'interaction d'EXP2.

En référence au modèle de réflexe cardiaque de GRAHAM & CLIFTON (1966) présenté dans l'Etat de l'Art, nous l'avons intégré au protocole de cette expérimentation. Ainsi, nous avons appliqué un filtre relatif aux données physiologiques (φ). Par ce faire nous avons recueilli les pics de fréquence cardiaque (HR) avec leurs intervalles initiales de 3 secondes d'accélération (*tranches blanches sur les courbes normalisés de chaque participant - voir Figure 78*). Ces intervalles avant les pics (*tranches blanches*) ont été potentiellement liés aux stimuli responsables de l'accélération cardiaque de chaque participant. Les pics ont été rattachés à des émotions intenses, à travers l'interprétation des EXP2 courbes normalisées. La normalisation a été nécessaire à cause de la variation de fréquence cardiaque entre chaque personne, liées à de larges différences physiologiques (condition physique, l'âge, etc.). Ainsi, les pics filtrés ont été caractérisés par une tranche relative à 20% les plus élevée de la valeur mesurée sur la fréquence cardiaque individuelle.

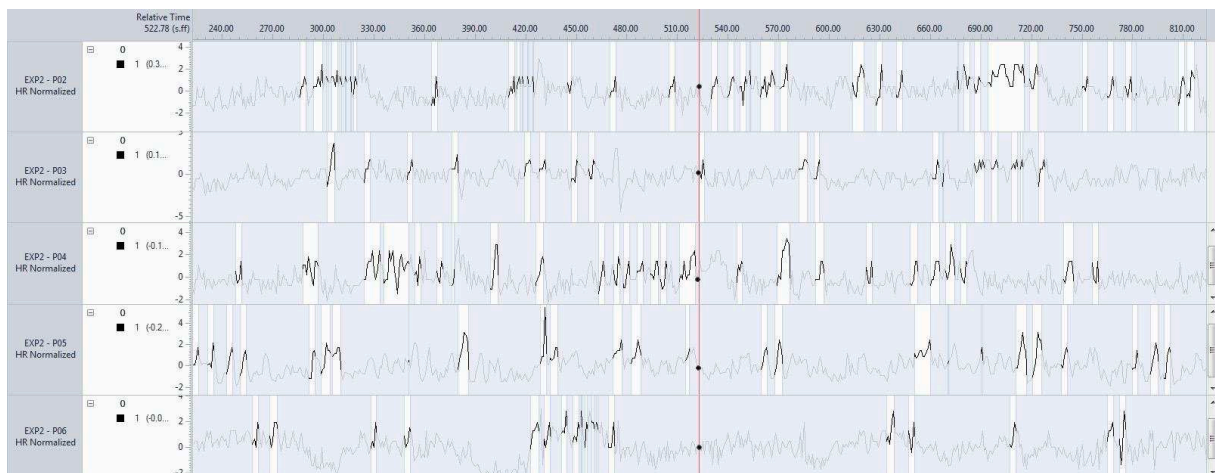


Figure 78 : Filtre sur la fréquence cardiaque normalisée d'une sélection de la population. (Pic > 1.3 = 80% ou plus sur le range HR moyenne)

Cette restriction d'intervalle de 3 secondes sur la courbe de fréquence cardiaque a augmenté la fiabilité des expressions faciales liées à des émotions intenses.

Par conséquent, nous avons regroupé l'ensemble des expressions positives (positive, surprise positive et amusante) et négatives (négative, surprise négative et ennuyeuse). Ce regroupement a simplifié l'interprétation face à la faible somme globale de 25% des expressions remarquables émotionnellement (*voir Figure 77*).

Les résultats statistiques entre les groupes FR et BR, relatifs aux expressions faciales filtrés avec les pics de fréquences cardiaques, ont été intéressants en particulier pour certains modèles de volants. Les volants V01 et V09 (*voir Figure 80*), obtiennent des valences opposées si l'on considère les « expressions faciales confondues » (EFC) pour les groupes FR et BR. Egalement pour les Volants V04, V07 et V10 (*voir Figure 81*), nous avons identifié une différence de valence autour de 6%. Les volants V06 et V08 n'ont pas montré de différences entre les groupes (FR et BR). Les pourcentages concernant la valence ont été très similaires entre eux. Cependant la valence positive a été prédominante dans les 2 cas (entre 9 et 13% de plus que la valence négative).

La somme des intervalles filtrée par les pics de fréquence cardiaque (*tranches blanches voir Figure 78*) nous a révélé que la population brésilienne a été de 20% moins intensément stimulée que la population française, lors de l'interaction avec les volants de la catégorie citadines grand public.

Nous avons souhaité aussi mettre en relation les données physiologiques de la « fréquence cardiaque » et la « dilatation de pupille » lors d'interactions visuo-tactiles avec les 7 volants. La relation de ces deux variables a été identifiée par les pics les plus élevés de la fréquence cardiaque et par les pupilles dilatées. La présence simultanée de ces variations sur les deux courbes synchronisés (*voir Figure 79*) nous a permis de souligner l'apparition des certaines émotions plus intenses (BOUCHON-MEUNIER, 1997). Nous avons donc identifié que 27% de la population totale a présenté ce phénomène physiologique lors de l'interaction visuo-tactile avec les volants. Dans cette tranche de la population nous avons identifié que 75% sont de nationalité française et 75% du genre féminin. Par la suite, nous avons cherché grâce aux expressions faciales les émotions ressenties. L'émotion la plus courante dans le cadre de cette expérimentation sur le contexte automobile a été « l'amusement ». La Figure 79 illustre un pic émotionnel lié à un « éclatement de rire ». Le participant P4 a joué avec la rotation du volant V01 ce qui a provoqué une valence émotionnelle positive, en relation avec le contexte simulé automobile.

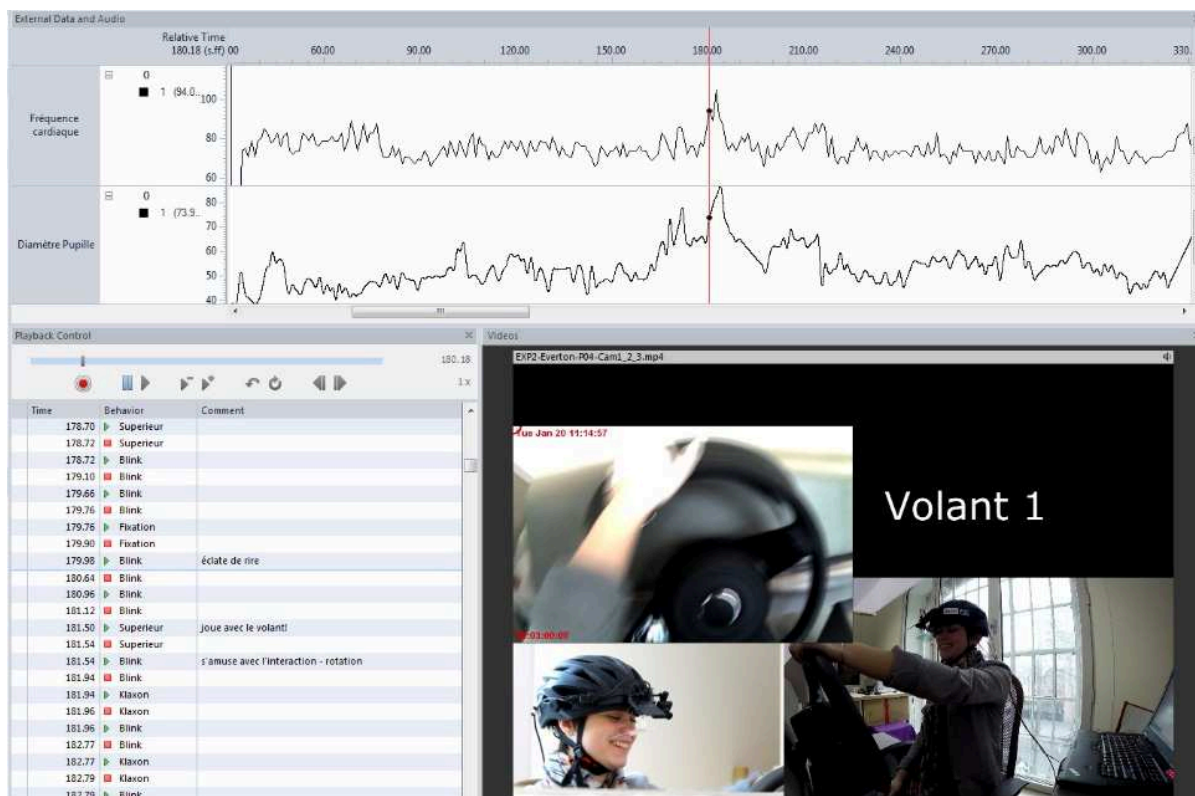


Figure 79 : Concomitance de pics sur les courbes HR et Pupille (Logiciel Noldus® Observer XT).

Nous avons détecté un total de 16 pics isolés (fréquences cardiaques et pupilles) entre 8 participants avec les 7 modèles de volants. Une somme de 5 pics isolés a été liée à un seul participant brésilien du genre masculin sur 3 modèles de volants. Les volants qui ont provoqué le plus l'apparition de pics sur la totalité des participants ont été les volants V08 et V10.

Naturellement, les stimuli liés aux volants automobiles du marché dans la catégorie grand public, ne sont pas exceptionnellement importants au point de provoquer une expérience émotionnelle intense et peut-être durable (*voir durée des émotions chapitre 1.3*). Egalement, nous avons observé une faible influence (à pondérer) des différences concrètes entre l'environnement real d'une voiture et l'environnement immersif simulé pour l'expérimentation (en contre-exemple, le ressenti est amusant lors du scénario imitatif).

Finalement nous avons souligné que les émotions ressenties n'ont pas été influencées par des marques ou des finitions des matériaux (tableau de bord, panneau latéral, console central, plafond, etc.). Toutefois, cette condition environnementale (*voir Figure 69 du protocole*) a assuré l'équilibre des influences externes pour un jugement équitable par rapport à chaque modèle de volant.

Sur l'analyse comportementale des utilisateurs (FR et BR) nous avons identifié que le comportement neutre a été majoritaire pour l'ensemble des volants. Nous avons souligné des particularités entre les deux groupes de la population sur les volants V01, V04, V07, V09 et V10 (voir Figure 80 et 81). Concernant les volants V06 et V08 il n'y a eu pas des variations importantes.

Sur Figure 80, concernant les groupes FR et BR nous avons pu vérifier qu'il y eu une condition inversée sur les valences relatives aux expressions faciales confondues (EFC) avec des filtres par rapport aux pics de fréquence cardiaque sur les volants V01 et V09. La différence de ces valences entre FR et BR a été autour de 7% sur le Volant V01 et 12% par rapport le Volant V09.

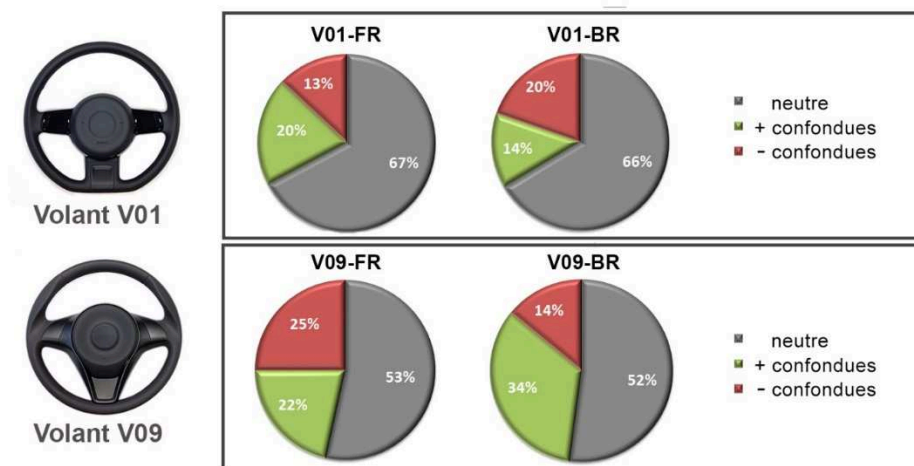


Figure 80 : Inversion des valences entre France et Brésil selon les EFC filtrées par rapport aux pics de fréquence cardiaque.

Ensuite, nous avons comparé les Volants V04, V07 et V10 (voir Figure 81). Nous avons identifié que les EFC (positives et négatives) ont été plus importantes pour la population Française, et proportionnellement inférieures pour la population Brésilienne.

Nous rappelons que ces représentations graphiques soulignant la durée des EFC filtrées par les pics de fréquence cardiaque (HR) et donc, leurs intensités (au niveau émotionnel) ne sont pas systématiquement mesurées.

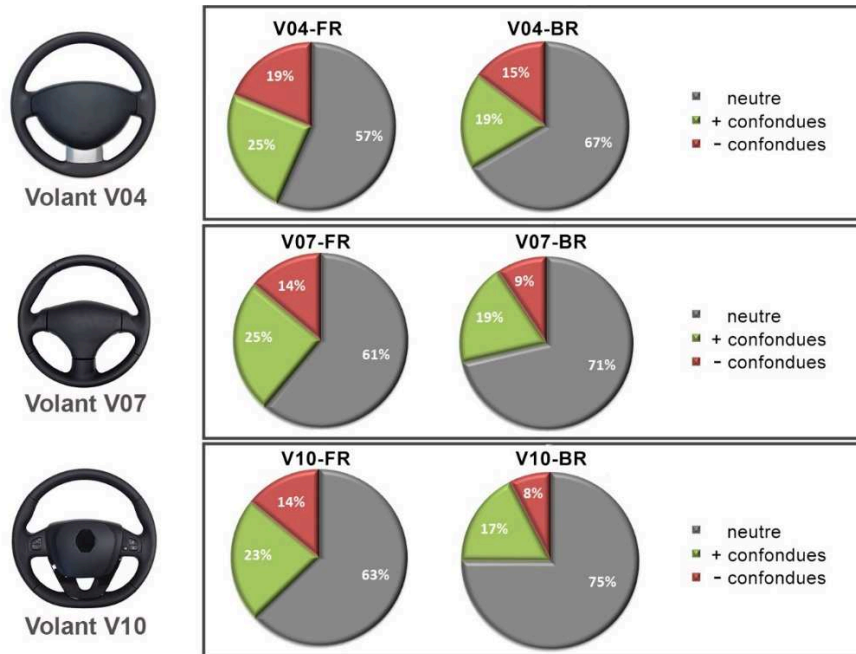


Figure 81 : Différence d'intensité entre France et Brésil sur les EFC (filtrées par rapport aux pics HR).

Ces résultats des EFC nous ont donné un point de vue global par rapport le ressenti émotionnel de chaque groupe de la population. Pour enrichir cette analyse nous avons analysé aussi les influences de l'interaction tactile sur l'exploration visuelle (voir Figure 82), les valences attribuées par la verbalisation spontanée ont été considérées.

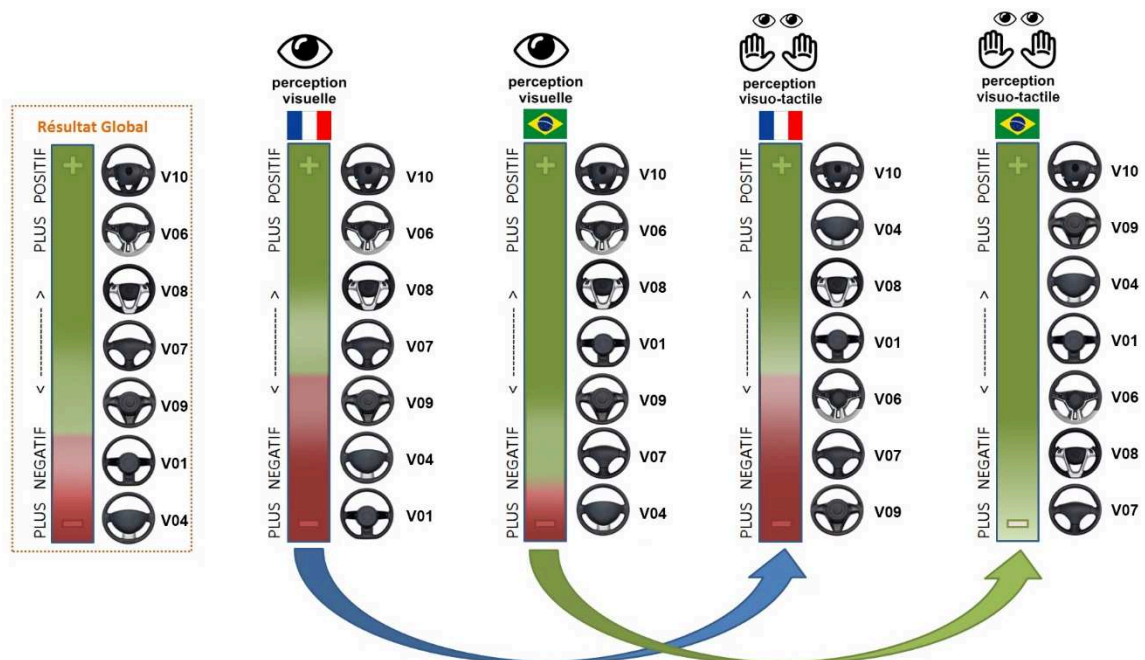


Figure 82 : Appréciation positive ou négative des volants sur les dimensions visuelle et tactile en France et au Brésil – basée sur les valences affectives récupérées lors des verbalisations.

Un classement des volants basé par les réponses des questionnaires a été présenté pour identifier les préférences des utilisateurs par rapport les textures, les matériaux et les formes. Egalement, nous avons regroupé les volants le plus liés aux descripteurs positifs et négatifs (voir Tableau 22).














































		TEXTURES PREFEREES	MATERIAUX PREFERES	FORME PREFEREE	DESCRIPTEURS POSITIFS	DESCRIPTEURS NEGATIFS
TOTAL (moyenne - 30 personnes)	1 ^o					
	2 ^o					
	3 ^o					
FR (moyenne - 15 personnes)	1 ^o					
	2 ^o					
	3 ^o					
BR (moyenne - 15 personnes)	1 ^o					
	2 ^o					
	3 ^o					

Tableau 22 : Classement de volants par l'utilisateur via questionnaire.

Pour établir une mise en relation sur l'ensemble des résultats, nous avons associé donc les expressions faciales positives et négatives de la population française et brésilienne à des données représentées par les plans factoriels – ACP (voir Annexe 4-E) par rapport les descripteurs émotionnels. Nous rappelons que ces descripteurs émotionnels ont été

comptabilisés par les résultats des questionnaires utilisateurs. L'interprétation de cette mise en relation a été rajoutée dans les synthèses relatives à chaque volant. Ces synthèses sont présentées ensuite et se basent sur une combinaison des données (*voir Figure 80, 81, 82 et l'annexe 4-E*).

Synthèse Volant V01 : Nous avons observé que la majorité des Français considèrent ce volant comme « sérieux, calme et agréable » et la majorité des Brésiliens le considèrent comme « sérieux, calme et désagréable ». Ce volant, en comparaison des autres modèles, ne provoque pas un impact émotionnel important, compte tenu d'expressions faciales essentiellement « neutres ». Nous avons constaté d'autre part que le Volant V01 est négatif concernant la phase d'interaction visuelle (en dernier classement sur les 7 volants) et devient positif après le toucher pour les Français (*voir Figure 82*). La verbalisation relative au toucher est « confortable et doux ». Le volant V01 occupe la deuxième concernant la forme préférée (*voir Tableau 22*).

Synthèse Volant V04 : Ce volant a été considéré de manière positive sur la dimension visuo-tactile (ergonomique, confortable), et de manière plutôt négative pour la dimension visuelle (centre trop grand et design simple, commun). La majorité des Français et des Brésiliens considèrent ce volant comme « sérieux, calme et indifférent ». Ce volant est en dernière position sur le classement global (*voir Figure 82*). Par contre, ce volant occupe la troisième place 3/7 par rapport à la texture préférée (*voir Tableau 22*).

Synthèse Volant V06 : Le volant V06 a été considérée de manière plutôt positive tant sur la dimension visuelle que dans la dimension visuo-tactile (*voir Figure 82*) en soulignant son importance au niveau des textures, des matériaux et sur l'ensemble des descripteurs positifs identifiés dans le questionnaire (*voir Tableau 22*). Les ACPs ont indiqué les descripteurs émotionnels « excitant » et « amusant » comme les plus liés au volant V06. Sur les descripteurs sémantiques il est considéré comme plutôt « moderne » et « sophistiqué ». La couture est considérée comme plutôt gênante mais la texture est agréable au toucher.

Synthèse Volant V07 : Ce volant est le mieux classé du point de vue de la perception visuelle, à cause du matériau cuir et de sa texture classique. Du point de vue de la perception tactile, sa dureté est élevée et la couture est gênante. Cependant l'acceptabilité de ce volant reste moyenne par rapport aux autres volants. Ce volant suscite les mêmes descripteurs émotionnels que le volant V01 : « sérieux, calme et indifférent ». En même temps, son design est considéré comme « moche, simple et ancien », mais aussi

« confortable » au niveau de prise en main. Il occupe la deuxième position sur le classement relatif aux textures préférées par les français (*voir Tableau 22*).

Synthèse Volant V08 : Le volant V08 a été classée en troisième pour la préférence au niveau de la forme (*voir Tableau 22*) corrélant ainsi les valences affectives récupérées lors des verbalisations (*voir Figure 82*). L'évaluation émotionnelle sur les plans ACP (Annexe 4-E), indique que ce volant plait et séduit la majorité de la population. Sa couture est considérée comme plutôt gênante mais la texture est agréable au toucher avec un aspect cuir valorisé. Les descripteurs sensoriels liés à ce volant sont : « rigide » et « rugueux ».

Synthèse Volant V09 : Contrairement au volant V01, les Français expriment les descripteurs « amusant, surprenant et désagréable » pour le volant V09 et les Brésiliens mentionnent les termes « excitant, amusant et agréable ». La transition entre l'étape d'interaction visuelle et l'étape d'exploration visuo-tactile de l'EXP2 sur ce volant confirme un changement d'avis très important (*voir Figure 82*) au niveau des valences attribuées par chaque groupe (FR et BR). Les descripteurs associés au Volant V09 sont plutôt négatifs pour les Français et plutôt positifs pour les Brésiliens. Cependant, les termes relatifs au toucher sur la totalité de la population sont plutôt positifs : « ergonomique, lisse et agréable ». Le volant V09 occupe la troisième position par rapport au matériau préféré (*voir Tableau 22*).

Synthèse Volant V10 : Ce volant occupe la meilleure position (*sur toutes les colonnes de la Figure 82*), par rapport l'ensemble des descripteurs positifs, sur les dimensions visuelle et tactile (confortable, agréable au toucher, excitant, texture centrale jolie, ergonomique, sophistiqué, chic, moderne, délicat). Il est également au top des préférences concernant les matériaux, textures et forme (*voir Tableau 22*). La texture centrale du volant V10 est considérée comme inhabituelle compte tenu des motifs géométriques. L'évaluation émotionnelle sur les plans ACP (Annexe 4-E), indique que ce volant plait et séduit la majorité de la population aussi comme le volant V08. Cependant, ce volant ne provoque pas d'émotion positive aussi longtemps que le volant V09, par exemple.

Après cette synthèse sur les volants en priorisant les relations avec la variable nationalité, nous avons présenté ensuite une analyse comportementale par rapport l'impulsion au toucher.

- **Impulsion au Toucher ($\pi \times \uparrow \times \beta$) :**

Dans la première phase d'appréciation visuelle (la première minute interdit de toucher), certaines personnes ont exploré de manière tactile le volant. Cette action a été codée sous le nom de « impulsion au toucher » (IT) dans l'analyse comportementale.

Statistiquement, nous constatons que 53% (16/30) des individus, dont les 2/3 sont des femmes ont eu cette réaction. Ces 16 individus possèdent une moyenne d'âge plus élevée que la moyenne globale (29 ans pour moyenne globale de 24 ans). Parmi le nombre d'occurrences d'IT, 77% proviennent de la population Française et 23% de la population brésilienne.

A partir des données obtenues par questionnaire, nous avons croisé la variable indépendante de reconnaissance de volants avec l'IT. Selon cette variable, 69% de ces occurrences IT sont dues à la méconnaissance des modèles de volants. Par ailleurs les volants V01 et V10 sont les moins connus entre les 7 modèles. Les volants qui génèrent la plus large quantité d'IT sont les modèles V01, V08 et V10, (voir Figure 83) obtenant 5 occurrences d'IT chacun sur un total de 26 occurrences d'IT.



Figure 83 : Modèles de volants (V01, V08 et V10) – occurrences IT

Cependant, le classement de volants préférés au niveau de la forme (voir Tableau 22) est respectivement : V10, V01 et V08. Donc, nous pouvons établir un lien entre la bonne appréciation visuelle d'un produit qui n'est pas connu et son exploration tactile (IT). Les 3 modèles de la figure 83 possèdent des caractéristiques particulières qui motivent les personnes à engager une interaction tactile. Entre ces caractéristiques, nous avons identifiés les boutons, les palettes de vitesse et les formats anatomiques de zones poignées comme les plus remarquables par les participants.

Au niveau des matériaux et des textures, le volant V10 est en tête des préférences. Les finitions de ce volant présentent des textures sophistiquées de type cuir ou polymères haut de gamme. Elles apportent une grande valeur au produit.

Nous avons remarqué que les caractéristiques particulières présentes sur les volants, considérées comme inhabituelles (nouveautés), ont provoqué un sentiment de surprise et

ont entraîné un enrichissement de l'interaction. Ce facteur *surprise* a été valorisé par la forme, par le matériau ou par la texture, en encourageant l'IT comme dans l'exemple présenté (voir Figure 83). Ce phénomène d'IT constitue une anxiété de l'utilisateur dans l'exploration du produit et donc, augmente son expérience d'interaction (UX). Le résultat de cette expérience tactile pourra être positif ou négatif, générant ainsi des émotions liées aux produits.

Après l'analyse des occurrences d'IT sur les volants nous avons présenté ensuite une analyse sur l'expérience d'utilisateur concernant sa fréquence de conduite.

- **Fréquence de conduite ($\pi \times T \times \beta$) :**

Concernant la population des participants à l'EXP2 dans son ensemble, nous identifions que les français conduisent en moyenne 10,5 heures par mois, contre 46,8 heures pour les brésiliens. La moyenne d'âge du groupe français est de 26 ans et celle du groupe brésilien est de 24 ans. Cette différence importante concernant la fréquence de conduite mérite d'investiguer plus particulièrement le comportement des utilisateurs face au volant. Elle est due avant tout à la nature des infrastructures de transports publics dans les régions concernées du Brésil et en France. Nous distinguons 2 groupes parmi la population globale : le groupe « haute fréquence de conduite » HFC et le groupe « basse fréquence de conduite » BFC.

Le groupe BFC conduit 1 à 14 heures par mois lors que le groupe HFC conduit 15 à 100 heures par mois.

Groupe BFC :

Le groupe « basse fréquence » (BFC) possède une moyenne de 5,6 heures de conduite par mois. Il est également réparti entre homme et femme. Par contre il est hétérogène en nationalité, avec 80% de FR et 20% de BR. La moyenne d'âge du groupe BFC est de 24,5 ans.

Groupe HFC :

Le groupe de « haute fréquence » (HFC) possède une moyenne de 51,4 heures de conduite par mois. Il est également réparti entre homme et femme, Il est hétérogène en

Nationalité, soit avec 20% de FR et 80% de BR. La moyenne d'âge du groupe est de 25,6 ans.

La comparaison entre ces deux groupes (BFC et HFC), ne montre pas de différences importantes concernant les gestes ou les expressions faciales. Les résultats qui sont présentés dans le tableau 23 présentent une moyenne relative de la durée des intervalles par rapport à la période de 2 minutes d'interaction avec chaque volant (soit un total de 14 minutes).

	BFC Moyenne relative à la durée des intervalles (%)	Analyse comportementale	HFC Moyenne relative à la durée des intervalles (%)
Expressions Gestuelles	61,18	pas de touché	61,88
	10,57	toucher tangentiel	8,11
	17,30	toucher orthogonal	20,07
	6,78	ortho et tangentiel	7,86
	3,85	pointer	1,99
	0,24	anticipation du toucher	0,09
Expressions Faciales	71,42	neutre	74,87
	10,40	positive	9,99
	9,77	négative	8,23
	1,83	surprise +	1,91
	1,67	surprise -	0,98
	4,27	amusante	2,94
	0,57	ennuyeuse	1,07

Tableau 23 : Analyse comportementale sur les groupes BFC et HFC.

- **Zone d'Intérêt « AOI »** ($\pi \times \tau \times \beta \times \psi \times \varphi$) :

Des zones d'intérêt ou AOI (*Areas of Interest*) ont été définies dans le cadre de l'expérimentation 2. Plusieurs régions du volant ont été proposées pour analyser plus précisément où porte le regard des individus. Ces zones ont été appelées : « Poignées », « Supérieur et Inférieur », « Boutons », « Centre » et « Déco » (voir Figure 84). Chaque zone du volant a été définie en prenant en compte la bonne proportion des parties ainsi que la division structurelle et fonctionnelle du volant.

Pour cette division en AOI, nous référons au modèle de LEBAHAR (2005) (voir Figure 36) présenté dans le Chapitre 2.2. Ce modèle renforce la relation des artefacts avec les domaines de connaissance. Dans la dimension « spatiale » du modèle, nous identifions la géométrie et l'assemblage de parties qui sont pertinentes dans le contexte de volants automobiles (voir Figure 84).

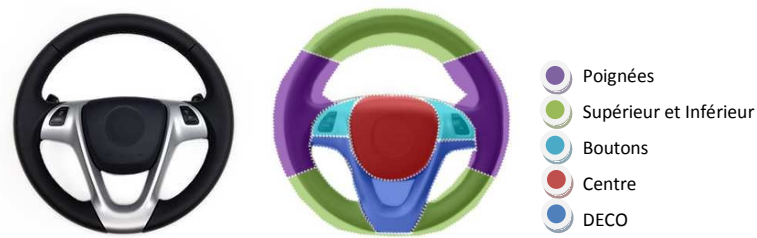


Figure 84 : Exemple de masque AOI sur le volant – V08.

La mesure du temps de regard de chaque zone a été réalisée par le dispositif « eye-tracking » afin d'observer le mouvement et la position de la pupille, le temps de fixation du regard, en considérant une moyenne minimale de 300ms par point fixe (RAYNER, 2009). Les facteurs externes, comme l'intensité de lumière (LUX) sur le volant et sur les yeux ou la température environnementale, ont été contrôlés pour assurer une meilleure stabilité des réactions physiologiques du participant. Nous avons identifié la moyenne de 124 LUX projetée sur les yeux des participants. Egalement, nous avons mesuré 22°C pour la température moyenne de la salle d'expérimentation avec une variance limitée à 2 degré sur une marge d'erreur de 1 degré sur l'équipement (Cap4, voir Figure 71-D).

A partir de l'extraction de données sur le temps d'observation par le dispositif de l'eye-tracking liés à chaque zone des volants, nous avons arrivé aux résultats statistiques présentés Figure 85.

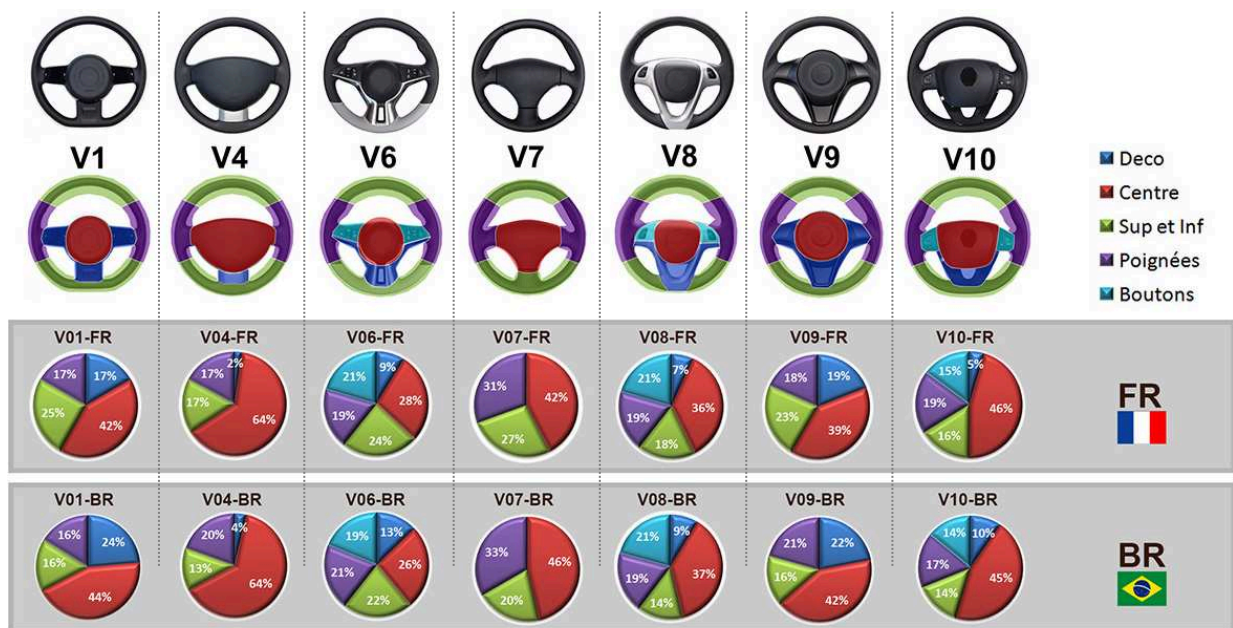


Figure 85 : Pourcentage de la fixation de regard sur chaque zone d'intérêt.

Les diagrammes en Figure 85 représentent l'intervalle d'environ 1 min pour chaque volant (phase de l'interaction visuelle de l'EXP2). Ainsi, le temps cumulé de fixation du regard sur chaque zone des volants a été exprimé en pourcentage pour nous permettre de comparer les points d'intérêt les plus recherchés parmi les volants. L'évaluation comparative entre la population française et la population brésilienne n'a pas montré de différences importantes. Une légère variation a été constatée pour les brésiliens (BR) qui portent plus le regard dans la zone « déco » que les français. Cependant, parmi les volants (les colonnes), nous avons identifié des différences significatives. Dans l'analyse, nous avons considéré les caractéristiques similaires entre les volants, comme la présence de boutons ou motifs décoratifs. Les volants V01, V04 et V09 comportent les mêmes zones, mais le volant V04 présente plus d'intérêt (+20%) sur la zone centrale en rouge (*voir Figure 85*).

Nous avons pu également identifier une variation croissante de 10% par rapport la zone centrale sur les volants V06, V08 et V10 respectivement. Il semble que les centres les plus volumineux soient les plus regardés, comme par exemple le volant V04.

La zone « Déco » de ces 3 volants (bleu foncé) génère une petite variation sur le temps de regard, probablement lié à luminosité et une brillance de la surface plus intenses pour le volant V06 (aspect aluminium brossé) et moins pour le V10 (plastique noire brillant). Le volant V06 a concentré plus d'intérêt sur la zone « Supérieure et Inférieure » pour laquelle nous pouvons déduire que la zone inférieure blanche a attiré le regard à cause d'une couleur inhabituelle, pas forcément agréable visuellement selon les verbalisations. Par conséquent, le volant V06 a présenté une meilleure homogénéité sur les zones d'intérêts enregistrées, possiblement liée au volume plus homogène de chacune des parties et aussi à la présence d'éléments riches en détails (boutons, couture, matériau « métallique », etc.).

Les discussions sur les zones d'intérêts évalués peuvent être enrichies par l'intégration d'un « classement des préférences » de la population (*voir Tableau 22*), d'une analyse de la « séquence de regard » (*voir Tableau 24*) et de la verbalisation spontanée obtenue lors de l'interaction visuelle avec les volants (*voir Tableau 25*). Nous avons identifié aussi des apports sur la phase visuelle de l'EXP2 en comparant les groupes FR et BR.

En analysant la trace du regard, nous avons comparé les 3 premiers points de regard pendant les 10 premières secondes et, nous avons identifié un classement des « zones d'intérêt » d'après la fixation du regard (*voir Tableau 24*). Chaque couleur du tableau montre la correspondance avec la zone identifiée par le masque AOI dessiné sur les volants.

		perception visuelle		V01	V04	V06	V07	V08	V09	V10
		dimension (x,y) →		(370 x 360mm)	(374 x 374mm)	(365 x 365mm)	(365 x 365mm)	(352 x 358mm)	(365 x 365mm)	(365 x 354mm)
Le classement "AOI"	TOTAL	1 ^o	Centre	Centre	Centre	Centre	Centre	Centre	Centre	Centre
		2 ^o	DECO	DECO	DECO	Poignée D	Bouton G	DECO	Bouton G	
		3 ^o	Inférieur	Poignée D	Bouton G	Poignée G	Bouton D	Poignée G	Bouton D	
	FR	1 ^o	Centre	Centre	DECO	Centre	Centre	DECO	Centre	
		2 ^o	DECO	DECO	Centre	Poignée G	Bouton G	Centre	Bouton D	
		3 ^o	Supérieur	Poignée D	Inférieur	Poignée D	Bouton D	Poignée G	DECO	
	BR	1 ^o	Centre	Centre	Centre	Centre	Centre	Centre	Centre	
		2 ^o	DECO	DECO	DECO	Poignée D	Bouton G	DECO	Bouton G	
		3 ^o	Inférieur	Poignée D	Bouton G	Poignée G	Bouton D	Poignée G	DECO	

Tableau 24 : Classement des 3 premiers points de regard - Zones d'intérêt.

Dans le classement ci-dessus, nous avons identifié que le regard porte toujours au centre au départ, sauf pour les volants V06 et V09 pour la population française, qui priorise la zone « déco ». Des commentaires spontanés par rapport la forme, la couleur et les finitions ont été relevés en particulier pour la zone déco de ces deux volants. Par contre le volant V06 suscite plus de valences positives (descripteurs sémantiques) que le volant V09 dans cette zone (déco).

Quand nous comparons les avantages des volants par rapport la somme de descripteurs les plus cités lors la verbalisation spontanée, nous identifions un classement sensoriel et sémantique mentionné en vert (voir Tableau 25). A côté de chaque descripteur nous identifions la valence moyenne [+] ou [-] relative au descripteur selon les 30 participants. Ces valences ont été validées pour chaque participant à la demande de l'animateur pendant le remplissage du questionnaire.

	V01	V04	V06	V07	V08	V09	V10
1 ^o	[+] confortable	[-] simple	[+] joli	[-] couture (plutôt genante)	[-] couture	[+] joli	[+] joli
2 ^o	[-] centre ronde	[-] centre trop grand	[+] couture	[+] confortable	[+] joli	[+] lisse (plutôt agréable)	[-] mélange textures
3 ^o	[-] moche	[-] dur	[+] mélange couleurs	[-] simple	[+] boutons	[+] ergonomique	[-] couture
4 ^o	[-] rigide	[-] basique	[+] sport	[-] moche	[+] aspect cuir	[+] sport	[+] confortable
5 ^o	[-] faible épaisseur	[-] vieillot	[+] confortable	[+] aspect cuir	[+] palettes	[+] texture inhabituelle	[+] sport
Legend:		[+] Descripteur plutôt positif		[-] descripteur plutôt négatif			

Tableau 25 : Synthèse de descripteurs sémantiques et sensoriels – verbalisation orale sur la phase visuelle.

Les valences attribuées dans le classement du Tableau 25 ne sont pas des indicateurs de la valence moyenne de chaque volant comme dans la Figure 82 qui a été basé sur les deux phases de l'EXP2 (interaction visuelle et tactile). Ces valences nous aident à savoir si les « descripteurs les plus cités » sont « plutôt positifs » ou « plutôt négatifs » lors de la toute première interaction visuelle.

- **Expression Gestuelle** ($\pi \times \overset{\circ}{T} \times \beta \times \psi$) :

L'expression gestuelle est composée prioritairement du Toucher Orthogonal (TO, Figure 86-A), du Toucher Tangentiel (TT, Figure 86-B), et de la combinaison simultanée des deux (TO/TT, Figure 86-C). L'expression gestuelle intervient pendant la phase visuo-tactile de l'expérimentation à partir de la deuxième minute. Nous observons également parfois « l'absence de toucher », aussi bien que l'acte de « pointer des zones du volant » lors de la phase visuelle (première minute).



Figure 86 : (A) Toucher Orthogonal - TO, (B) Toucher Tangentiel - TT, (C) Toucher Orthogonal et Tangentiel - TO/TT.

Entre les trois types de toucher TO, TT, TO/TT, nous avons identifié grâce au dispositif eye-tracking que le point de regard (*cercle rouge Figure 86*) est plutôt proche à la zone de TT que de la zone de TO pendant l'interaction visuo-tactile avec les volants.

Le toucher a été mesuré en fonction du temps de contact avec la surface du volant. Il représente une démarche volontaire de la part d'utilisateur, ce qui le distingue des autres sens (vision, olfaction, etc.). Nous le caractérisons comme une activité proactive, désirable, à partir des stimuli visuels importants (l'apparence qui comprendre la couleur, la forme et la texture). Le sens du toucher est un moyen de valider les indicatifs de la qualité perçue sur les volants. Nous avons priorisé les perceptions texturales des matériaux vis-à-vis des propriétés spatiales du volant (poids, volume, contours de forme, etc.).

Lors de l'analyse statistique relative au toucher, nous avons associé chaque zone de textures en utilisant l'analyse croisée de variables dépendantes pour identifier les valences sémantiques par volant. Ces variables ont été basés sur les réponses des questions ouvertes de notre enquête (*voir Annexe 4-A*) avec toute la population. Le questionnaire a été appliqué après la phase d'interaction avec les 7 volants, en prenant en compte la perception multi-sensorielle (visuo-tactile) pour les textures de chaque zone. La figure 87 montre les zones texturées (poignées, centre et déco) de chaque volant avec la somme totale de descripteurs positifs ou négatifs. La somme de descripteurs par verbalisation écrite (questionnaire) a été de 1182 termes sur toute la population (FR et BR). En revanche, la verbalisation orale (vidéo) nous a présenté une somme de 1491 termes spontanés (*voir Annexe 4-H*).

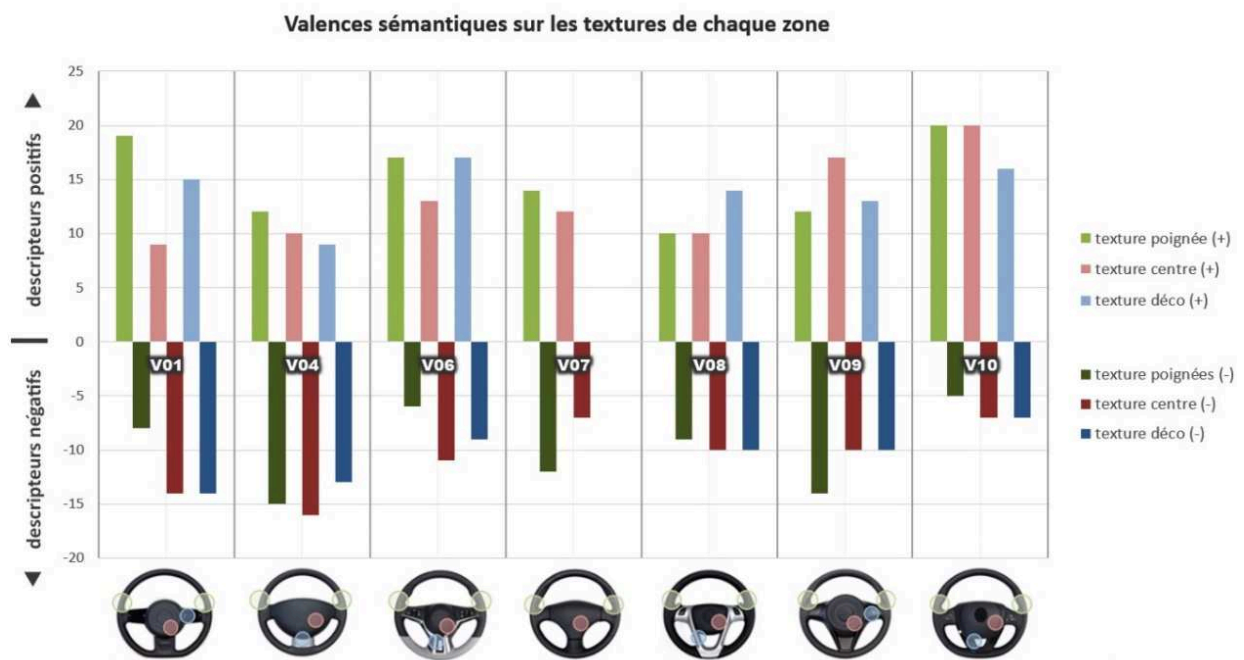


Figure 87 : Les textures positives ou négatives de chaque volant par verbalisation écrite.

Dans cette analyse basée sur les textures des volants, nous avons observé que les volants V01, V06 et V10, présentent des valences positives remarquables sur la zone de la poignée (des barres vertes). Par rapport à la zone centrale (barres rouges), les textures les plus agréables sont celles des volants V09 et V10. La zone déco (barres bleues) est la plus souvent liée à des textures avec des rugosités faible (micro textures). Les volants V06 et V10, recueillent le plus grand nombre de descripteurs positifs. Globalement, le volant V10

suscite plus de descripteurs sémantiques positifs sur toutes les régions texturées, et le volant V04 suscite le plus de descripteurs négatifs sur toutes les zones.

Selon les types d'expressions gestuelles (TO, TT et TO/TT), nous avons analysé les durées et intervalles associés sur les enregistrements vidéos (Cam2 et Cam3, Figure 72-B et 72-C). La Figure 88, souligne l'écart entre les populations FR et BR par chaque volant, concernant chaque type de toucher, avec le temps moyen passé par les utilisateurs de chaque nationalité. La somme des intervalles considérés (chaque colonne de la Figure 88), caractérise une durée moyenne de 60 secondes par volant pour chaque groupe de la population.

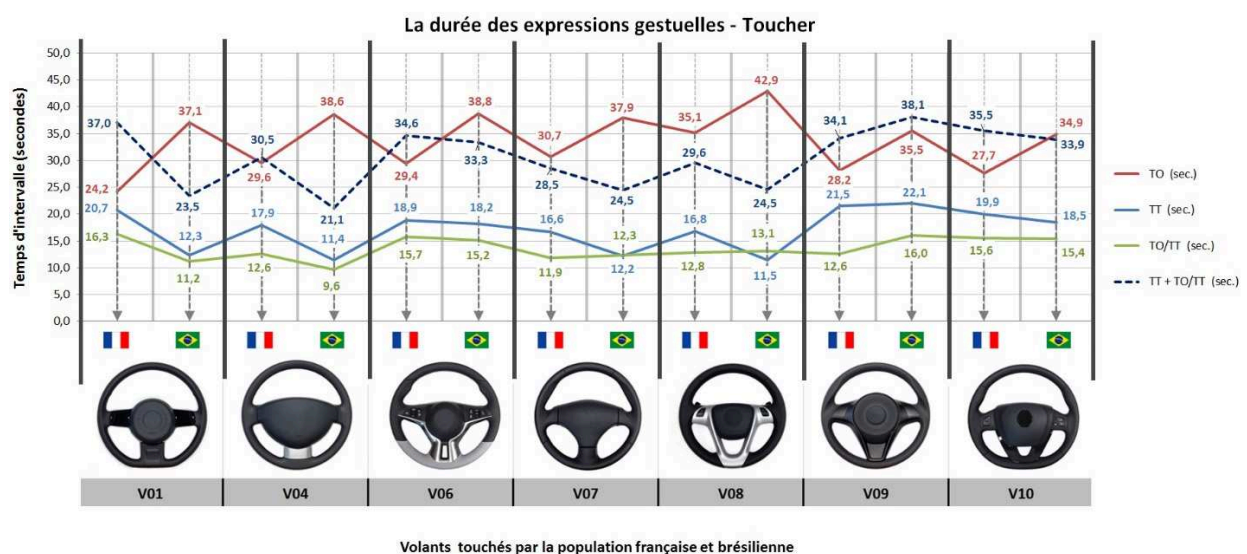


Figure 88 : Durée cumulée des expressions gestuelles liées au toucher

Il apparaît que le TO (*ligne rouge – Figure 88*) est plus présent pour tous les volants, et encore plus pour le volant V08. Les résultats relatifs au TT et au TO/TT (*ligne bleue et verte – Figure 88*) sont inversement proportionnels à celle du TO. Par ailleurs, nous pouvons identifier clairement que les brésiliens réalisent plus de TO que les français, alors que les français réalisent plus de TT.

Le Toucher Tangentiel (TT), est caractérisé par un toucher dynamique (pas statique). Ainsi, le TT est influencé par les matériaux, les textures et est lié aux points de regard préférés (AOI). Nous constatons que souvent le TT est suscité par la rugosité de textures inhabituelles ou le revêtement de matériaux inconnus, comme dans le cas des volants V09 (texture plastique striée), V10 (texture plastique géométrique) et V06 (texture simili cuir

organique). Ces trois modèles sont aussi considérés selon le questionnaire comme les plus agréables au niveau des matériaux. Concernant la texture préférée, le volant V10 et le volant V06 sont également mis en avant. Cependant le volant V09 a provoqué une expérience tactile négative au niveau de la texture.

Le Toucher Orthogonal (TO) est plutôt lié à la perception de la température ou la dureté du volant et est caractérisé par un toucher statique (pas dynamique). Il est mis en évidence avec le volant V08 qui est en troisième position concernant les formes préférées entre les modèles. Une corrélation avec les descripteurs sensoriels nous indique que le volant V08 est plutôt rigide, léger et froid, ce qui coïncide bien avec un toucher statique pour la prise en main.

Le Toucher Orthogonal et Tangentiel (TO/TT) bien qu'il soit considéré comme « mixte », peut être considéré comme prioritairement Tangentiel (TT), car le « TO » existe, dans ce cas, seulement pour assister l'exploration de la deuxième main au sens Tangentiel. Nous identifions une orientation du regard simultanée qui renforce la concentration de l'utilisateur sur la zone touchée tangentiellement. Ainsi, la somme du « TO/TT » avec le « TT » (*voir ligne bleue foncée Figure 88*) donne une durée moyenne équivalente au « TO ». Cette condition de somme montre que les volants V09 et V10 sont plutôt TT que TO. Dans ce sens, nous pouvons dire que le TT (TO/TT inclus) est plutôt sollicité que le TO pour l'exploration et découverte de macrotextures inhabituelles.

Nous avons complété l'analyse du toucher par une corrélation avec les expressions faciales. Ainsi, pour les intervalles cumulés de chaque type de toucher, nous identifions le pourcentage d'expressions faciales dans le temps.

Sur l'exemple de la Figure 89, nous pouvons identifier le cas du volant V09, qui montre la variance la plus prononcée par rapport aux expressions faciales (*voir aussi l'annexe 4-B*).

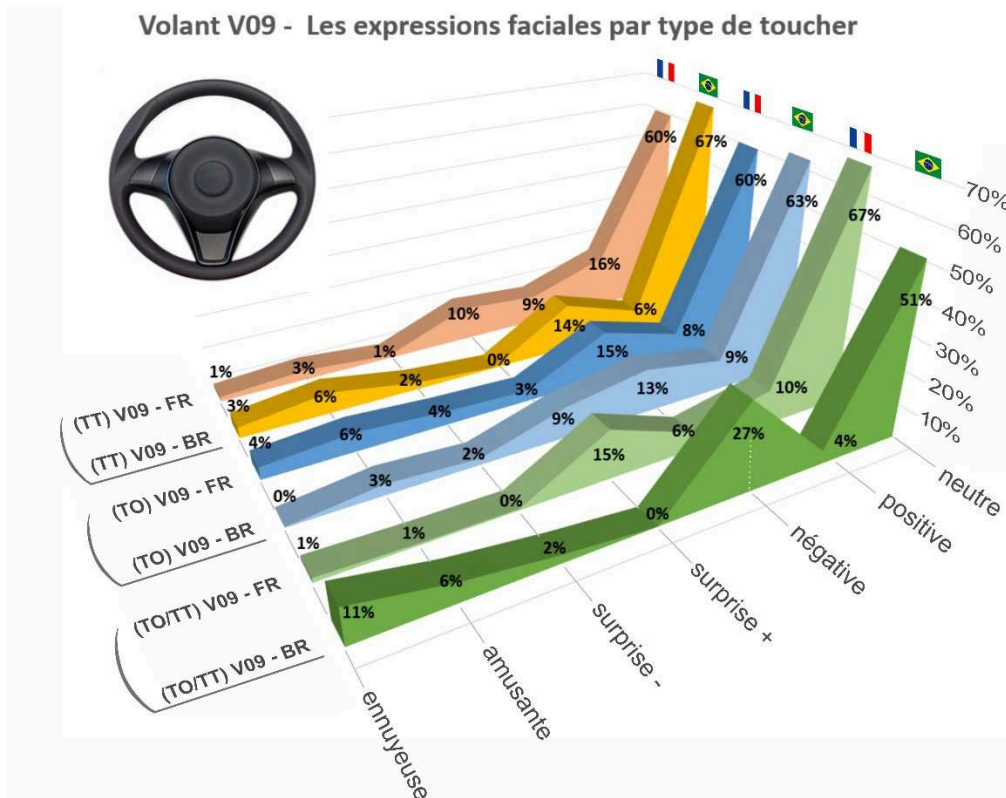


Figure 89 : Relations entre expressions faciales et gestuelles pour le volant V09

Quand nous comparons les groupes FR et BR (voir Figure 89), nous observons une certaine variabilité entre les valences positive et négative dans l'intervalle du toucher TO/TT. Cependant, le volant V09 correspond plutôt à une expression faciale négative dans la majorité des intervalles.

A partir de cette analyse nous avons comparé les valences d'expressions faciales avec les valences des verbalisations spontanées sur les volants dans la phase visuo-tactile (voir Figure 82 – colonnes de la perception tactile). Ainsi, nous avons identifié un contraste d'opinions plus élevé avec le volant V09 en considérant les groupes FR et BR. C'est-à-dire que les expressions faciales pendant cette phase d'interaction avec le volant V09 sont plutôt négatives (FR) et les commentaires spontanés sont plutôt positives (BR).

Les caractéristiques remarquables de chaque zone sur les volants ont été caractérisées par des descripteurs mis en relation avec la durée de chaque type de toucher. Les descripteurs sémantiques du questionnaire ont été reliés à l'analyse du toucher en considérant d'autre part la dimension émotionnelle.

Les descripteurs du toucher sont divers. Cependant, nous avons identifié les plus fréquentes pour chaque volant. Afin de minimiser les éventuels biais cognitifs et culturels et s'assurer de l'objectivité de cette recherche, nous avons réalisé une analyse de contenu par

Concernant la séquence du toucher, nous avons classifié les volants à partir du moment initial de contact physique puis avec les 3 premiers points du toucher pendant les 10 premières secondes, soit en fonction des parties des volants touchées.

Sur ce classement des parties des volants faisant l'objet d'un contact tactile, nous avons identifié que la préférence globale au début de la phase visuo-tactile correspond toujours à la « Poignée » (voir Tableau 27), suivi de la partie « l'Inférieure » ou la partie « Supérieure ».

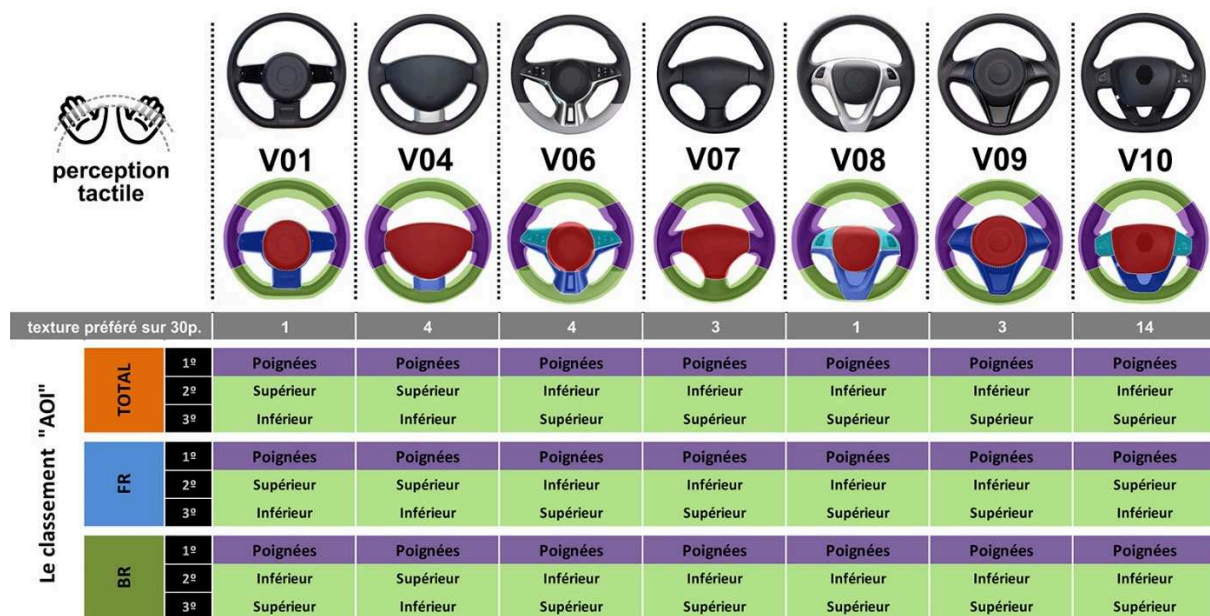


Tableau 27 : Classement de 3 points du toucher concernant les zones d'intérêt.

La relation entre la deuxième et la troisième position montre un toucher plutôt porté sur la zone « Inférieure » (71%), plutôt que la zone « Supérieure ». Nous supposons que la forme de la branche inférieure et son côté ergonomique pour poser la main est déterminante pour stimuler cette gestuelle prédominante. Cette remarque ne s'applique pas au volant V04 qui porte une masse centrale importante par rapport aux autres et une accessibilité plus réduite à la zone « Inférieure », l'espace étant étroit pour les mains.

L'analyse comportementale des 3 premiers points de regard (voir Tableau 24) et des 3 premiers points de toucher (voir Tableau 27), nous indique qu'il n'existe pas une relation directe entre ces deux modalités. La perception visuelle semble porter naturellement le regard vers les éléments formels les plus volumineux (centre des volants) suivi des éléments les plus attractifs avec des connotations sémantiques, soit par la couleur, soit par la forme ou

les matériaux. La perception tactile semble opérer de manière plus automatique et orientée vers les standards de confort ergonomique (posture classique de prise en main, poignées droite et gauche).

Dans le chapitre suivant, après une discussion des résultats de l'EXP2, nous présentons la conclusion et la validation des hypothèses H1 et H2.

3.4.4 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2

L'expérimentation EXP2 nous a donné une vue d'ensemble par rapport à la perception visuelle et visuo-tactile de l'utilisateur du volant automobile. L'activité et les tâches réalisées dans cette expérimentation ont pris en compte une sélection optimisée de descripteurs SSE liés aux matériaux et textures du contexte automobile. La variable physiologique a été intégrée dans l'analyse pour une mise en relation de la base de données avec la fréquence cardiaque et la dilatation de pupille lors de l'interaction utilisateur-produit. Nous avons également considéré les expressions verbales et non verbales dans l'analyse comportementale pour mettre en évidence les convergences ou divergences d'opinions.

En regard de la complexité de cette mise en relation de variables qualitatives et quantitatives, nous concluons que l'interprétation est meilleure si nous considérons les modèles de volants comme référence comparative au départ. Ainsi, nous présentons un vue d'ensemble des résultats sur la Figure 91, en soulignant 3 mises en relations positives (lignes vertes) et 3 mises en relations négatives (lignes rouges) par variable présentée, dans le but d'identifier les volants les plus agréables et les plus désagréables parmi notre sélection. Quelques exemples concernant les principaux résultats sur les variables analysés ont été rajoutés dans la Figure 91.

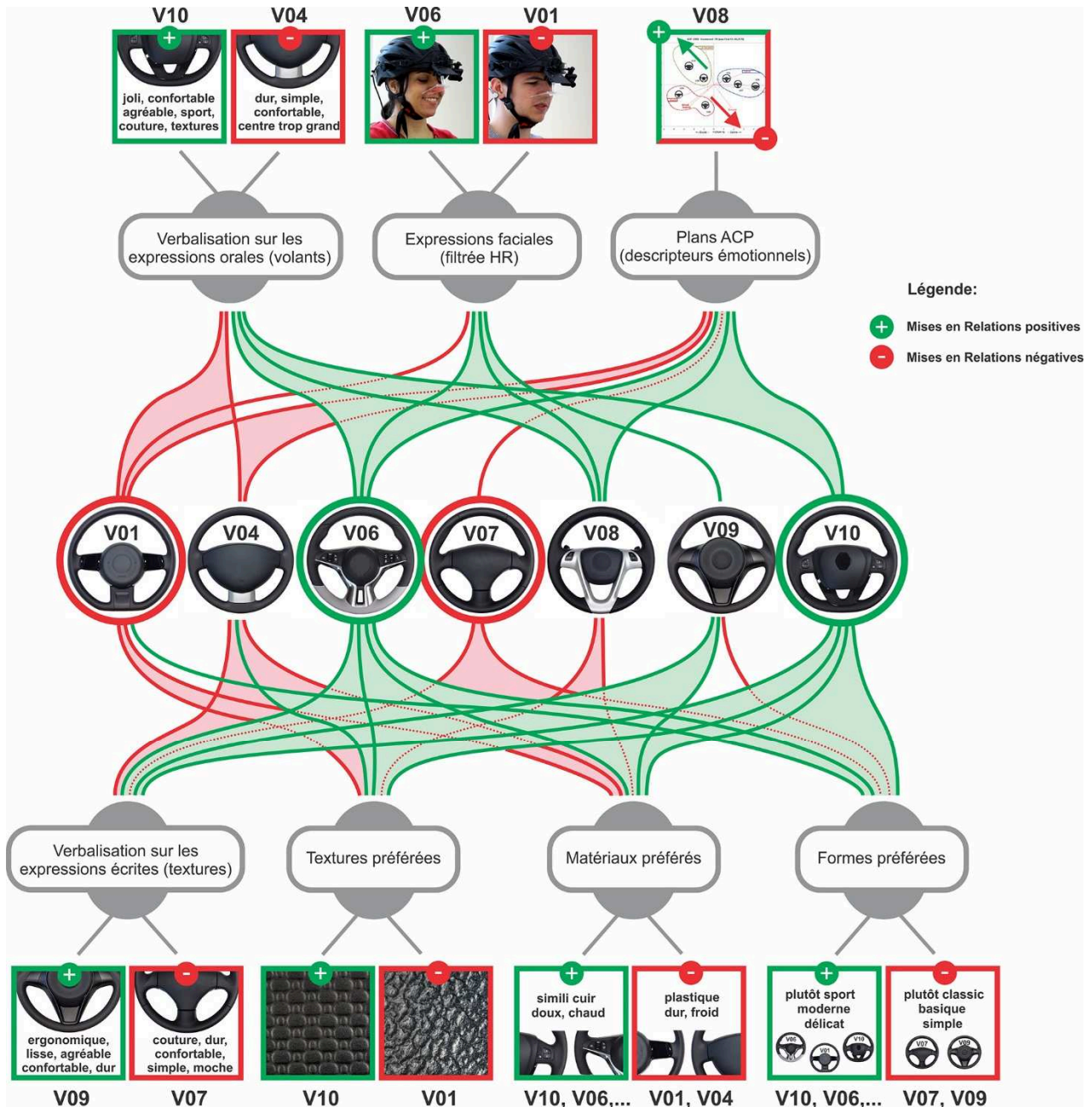


Figure 91 : Mises en relations positives et négatives des volants automobiles – Résultats EXP2.

A partir de ces résultats de l'EXP2 (Figure 91), nous concluons que les volants les plus valorisés par des mises en relations positives sont les modèles V06 et V10 et les volants les moins valorisés par des mises en relations négatives sont les modèles V01, V04 et V07. Pour valider cette mise en relation, nous avons considéré les variables qui nous ont permis d'identifier et de quantifier les valences positives ou négatives, en intégrant les analyses qualitatives telles que les verbalisations (2673 termes par expressions orales et écrites).

L'utilisation d'autres données ou variables croisées est également importante pour établir des orientations de conception plus précises sur la mise en relation du Design émotionnel avec la texture et les matériaux. Concernant ces variables, nous analysons les profils des utilisateurs (FR et BR), en considérant les réponses physiologiques de la pupille, les traces du regard par zones d'intérêt, les types de toucher et l'impact émotionnel avec les descripteurs SSE corrélés.

Concernant le volant V06 et le volant V10, nous remarquons qu'ils sont considérés agréables au toucher (surtout pour les textures) à travers les descripteurs sensoriels « doux, lisse, chaud », et sémantiques « moderne, sophistiqué, confortable, joli, sport » et émotionnellement « plaisant ». Ces volants ont gagné la préférence des utilisateurs (FR et BR en proportions égales) sur les textures. Celles-ci peuvent être mixtes (organique et géométrique) avec des matériaux valorisés (revêtement simili cuir et plastiques haut de gamme). Les détails techniques seront intégrés dans l'expérimentation EXP3, dans le chapitre suivant.

Les volants V01, V04 et V07 se distinguent des autres sur la Figure 91, par leurs caractéristiques moins agréables. Ils sont reliés aux descripteurs sémantiques « modeste, minimaliste, simple, basique » et aux descripteurs émotionnels « sérieux, calmé, indifférent ». Cependant ces trois volants partagent ensemble une définition de produit « agréable au toucher et confortable ». Toutefois, nous avons identifié des descripteurs ponctuels par chacun de ces volants, où le volant V01 a été considéré « rigide, rugueux » par les Français et « lisse, brillant et froid » par les Brésiliens. La texture au centre du volant V01 est plus désagréable, mais il est dans la liste de formes préférées. Concernant le volant V04, le descripteur sensoriel le plus remarqué a été « rugueux » et ce volant a été souligné avec le plus grand nombre de descripteurs sémantiques négatifs tels que « simple, centre trop grand, basique, vieillot ». Concernant le volant V07, les descripteurs sensoriels sont « mat, chaud et dur » et la rugosité fait partie du classement de textures préférées, mais le volant porte une couture gênante dans la zone périphérique et zone poignée.

Ponctuellement nous avons constaté des divergences d'opinions entre les groupes FR et BR. Nous remarquons le cas du volant V09 qui comporte des mises en relations plutôt positives pour les Brésiliens et plutôt négatives pour les Français. Ce résultat se répète dans les verbalisations orales et les réponses écrites, et à travers les expressions faciales et le classement des matériaux préférés. Cependant, le volant V09 montre aussi des divergences sur la perception entre les populations (FR et BR), en ce qui concerne l'analyse des expressions faciales avec les intervalles de toucher sur 60 secondes (*relations entre expressions faciales et gestuelles, voir Figure 89*). Ces divergences ont été notées plutôt

dans le toucher TO/TT en provoquant des expressions faciales « négatives » pour les Brésiliens et des expressions faciales « surprise + » pour les Français. Nous rappelons que l'analyse précédente des EFC sur les volants (voir Figure 80 et 81) caractérise la période totale (phase visuelle et visuo-tactile) de 120 secondes environs par volant. Avec l'analyse croisée (mise en relation entre EFC et HR), cette période a été optimisée sur une moyenne de 40 secondes par volant à partir d'un filtre appliqué sur des pics de fréquence cardiaque. Ce filtre a sélectionné des intervalles relatifs aux valeurs les plus élevés de la fréquence cardiaque (20% au-dessous des pics les plus élevés). En observant les résultats, nous avons constaté que le stimulus visuel au premier regard (dans la phase visuelle de l'EXP2) peut exciter la fréquence cardiaque en comptabilisant des pics aussi comme dans la phase visuo-tactile. Ainsi, nous avons considéré la probabilité d'avoir une somme importante d'intervalles relatifs à la phase visuelle de l'interaction avec les volants dans cette période filtrée. Dans cette condition, nous pouvons valider l'existence de résultats divergents entre les populations (FR et BR) sur le volant V09, concernant le ressenti émotionnel avant et après le toucher de macrotextures tactiles. La durée de l'expression faciale « neutre » a été toujours la plus longue, même avec le filtre HR.

Ainsi, tous ces résultats nous rapprochent de l'hypothèse H1, selon laquelle *l'impact émotionnel provoqué par les macrotextures tactiles est influencé par les propriétés des matériaux et les caractéristiques utilisateurs*. En validant l'hypothèse H1, nous formalisons le lien qui existe entre le profil utilisateur et la variation émotionnelle. De la même façon, nous validons le contexte des matériaux comme un potentiel régulateur des émotions à partir des valeurs sensorielles et sémantiques corrélées. Cependant, la mise en relation des propriétés technique de matériaux et textures avec l'impact émotionnel pourra être validée après l'analyse de correspondances sur la variable sensorielle. La possible existence d'une mise relation entre des valeurs techniques (mesurées dans l'EXP3) et la valeur subjective perçue dans les EXP2 et EXP1B, nous assistera à élaborer un modèle conceptuel qui permettra ensuite d'enrichir le processus de conception amont, vis-à-vis de la sélection de macrotextures tactiles.

La seconde hypothèse, H2 : *On peut intégrer les dimensions sensorielles, sémantiques, émotionnelles et techniques de la macrotexture tactile, au sein d'un modèle unique de mise en relation* ; dépend de la mise en relation intégrée de toutes les expérimentations. Cette discussion est présentée chapitre 3.7 « Mise en relation des expérimentations ». Dans le Chapitre 4, nous mettons en relation les variables qualitatives et quantitatives.

3.5 EXP3 : Analyse technique de macrotextures

3.5.1 Objectifs

Le principal objectif de cette troisième expérimentation a été de caractériser d'un point de vue technique les macrotextures tactiles sur les 7 modèles de volantes utilisés dans l'EXP2 par des méthodes spécifiques. Nous cherchons ensuite à utiliser des variables techniques telles que la rugosité, la dureté, la dissipation thermique et l'analyse descriptive de macrotextures pour établir une mise en relation avec les dimensions subjectives précédemment décrites telles que les dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles.

3.5.2 Protocole expérimental – EXP3

Les méthodes sélectionnées pour obtenir la caractérisation de macrotextures s'appuient sur les principes techniques de base de l'ingénierie qui visent à analyser quantitativement l'état de surface (ASHBY et JOHNSON, 2002) (FERRANTE, 1996). Ces méthodes comprennent aussi l'analyse descriptive des éléments visuels (HOSSAIN et SERIKAWA, 2013) (KINDLEIN et al, 2003) qui contribuent à identifier les standards de macrotextures.

L'EXP3 a été divisée en 4 parties (EXP3A, EXP3B, EXP3C et EXP3D) qui sont structurées autour du modèle de mise en relation de KUNZLER (2003) concernant les propriétés techniques avec la dimension sensorielle humaine. En synthèse l'EXP3 est présentée sur le schéma Figure 92.

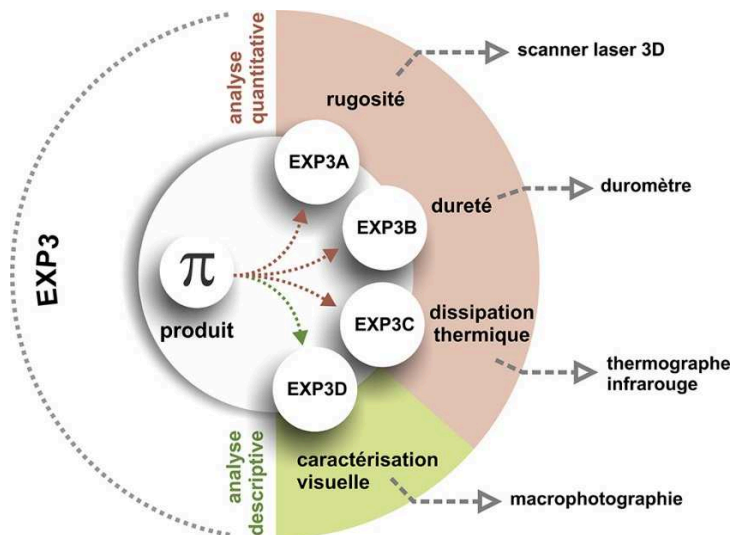


Figure 92 : Schéma de l'EXP3.

Ainsi, nous considérons l'analyse de la rugosité, l'analyse de la dureté, l'analyse de la dissipation thermique et l'analyse visuelle de la structure et de la composition de macrotextures tactiles. Les points d'intérêt pour l'EXP3 sont les points qui apparaissent comme les plus importants dans l'EXP2 dans l'interaction visuelle (voir Tableau 24) et tactile (voir Tableau 27), soit « le centre » et « la poignée » (voir Figure 93).



Figure 93 : Regions analysés sur les volants dans l'EXP3 – Poignée (verte), Centre (rouge).

3.5.2.1 Protocole EXP3A – Mesure de la rugosité

Pour la mesure de la rugosité, nous nous appuyons sur les références normatives déjà citées dans l'Etat de l'Art par rapport l'état de surface (NF EN ISO 4287:1998), où le paramètre de mesure plus utilisé est la « Ra » (rugosité moyenne arithmétique). La plupart des équipements rugosimètres présentent une capacité de mesure comprise entre 0 et 800 micromètres sur l'axe Z, mais ils sont plutôt favorisés pour les matériaux les plus « durs » sur l'échelle de microtextures. Toutefois, pour intégrer aussi les matériaux plus souples comme

le cuir des volants, sur l'échelle de macrotextures, nous utilisons la technique de mesure à laser qui génère une interaction moins dégradante sur la surface.

Ainsi, l'équipement utilisé pour la mesure de la rugosité a été le scanner laser 3D « Tecnodrill® Digimill 3D » (voir Figure 94). Cet équipement se situe dans le Laboratoire de Design et Sélection de Matériaux – LdSM à l'Université « UFRGS » au Brésil. Il est utilisé très souvent pour la numérisation 3D des objets par un faisceau laser. Il porte une puissance de 1MW et peut générer jusqu'à 1000 points numérisés par seconde en considérant les coordonnées sur les 3 axes (x,y,z).



Figure 94 : Scanner laser 3D - Tecnodrill® Digimill 3D

En considérant cet équipement ainsi que les surfaces à numériser, l'EXP3A a été réalisée, en respectant un protocole structuré en 3 phases (voir Figure 95). La première phase est liée à la préparation des échantillons. La deuxième à la calibration et à la fixation des échantillons dans la machine. La troisième à la numérisation des lignes sur les échantillons pour obtenir les coordonnées spatiales et convertir ces données en rugosité moyenne arithmétique (Ra). Cette conversion a été faite par un logiciel développé dans le Laboratoire LdSM pour la lecture de la rugosité de surface.

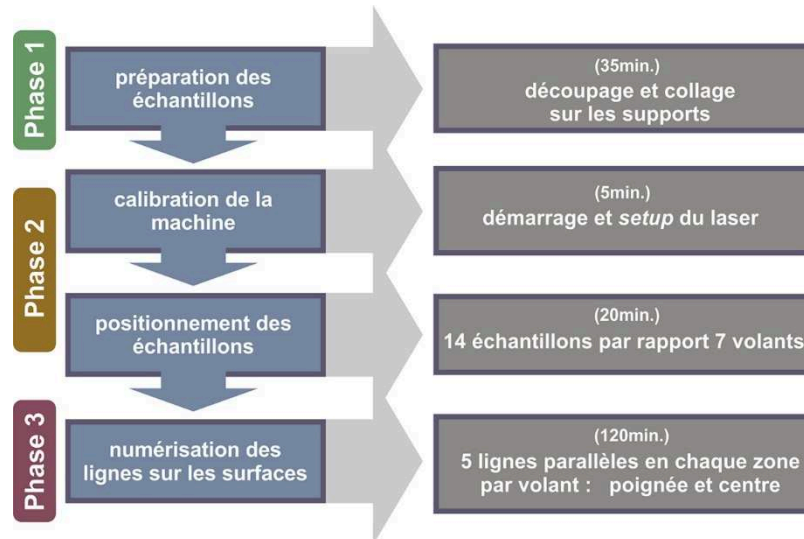


Figure 95 : Protocole EXP3A

Concernant la préparation des échantillons (Phase 1), nous découpons des morceaux sur la surface des volants (voir Figure 96), pour éviter que la spatialité du produit (courbes de la surface) n'interfère sur la mesure de la rugosité. Les échantillons de textures (poignées et centres) ont été collés sur des supports plats (voir Figure 96C) en cherchant une disposition perpendiculaire par rapport au faisceau laser (Figure 97). La dimension moyenne des échantillons a été de 40 x 15mm, en faisant varier l'épaisseur.

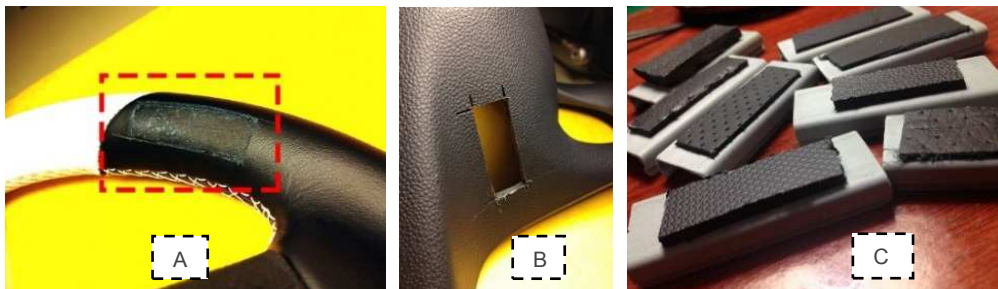


Figure 96 : (A) et (B) Découpage du revêtement des volants. (C) application des échantillons sur les supports.

Le scanner a été calibré (Phase 2) avec un objectif 50mm pour apporter une précision de 0,02mm (20 μ m) avec la puissance du laser à 100%, et capturer la variation de rugosité au niveau de la microtexture afin d'avoir une topographie détaillée. Pour obtenir une valeur fiable de la rugosité avec le laser (Phase 3), nous avons considéré la moyenne sur 5 lignes parallèles (voir Figure 97).



Figure 97 : Numérisation des lignes sur les échantillons des volants.

Après le déroulement du protocole de l'EXP3A nous présentons les résultats dans le chapitre suivant.

3.5.2.2 Résultats EXP3A

Pour rappel, 14 échantillons de macrotextures ont été numérisés dans l'EXP3A. Les données brutes de la numérisation sont comprises dans des fichiers « txt ». Elles comportent notamment les coordonnées topographiques des macrotextures des 7 volants. Ces coordonnées ont été décodées par un logiciel développé au laboratoire LdSM (Brésil). Le logiciel permet d'interpréter la rugosité à partir des nuages de points représentés graphiquement (voir Figure 98). Il convertit les données en paramètres de rugosité (valeurs en μm représentées sur la moyenne arithmétique – R_a). Dans l'exemple de la Figure 98, nous pouvons observer l'analyse de la rugosité divisée par un « Cut-off » de 2,5mm concernant une ligne numérisé avec 1526 points. La ligne caractérise la texture de la zone centre du volant V10. Cette texture comprend une macrotecture géométrique visiblement régulière (Voir aussi analyse descriptive dans EXP3D). Parmi les échantillons évalués, la tranche de 0,4 à 1,3mm de distance entre pics et creux a été la plus fréquente. Ainsi, selon la norme « ISO 4287:1998 » nous utilisons le « Cut-off » de 2,5mm (voir Tableau 7 Chapitre 2.1).



Figure 98 : Capture d'écran du logiciel d'analyse de rugosité - EXP3A.

Le classement de rugosité basé sur la valeur « Ra », selon la norme « ISO 4287:1998 » (voir Tableau 8 Chapitre 2.1), permet de positionner les 7 volants avec le code « N9 » pour la poignée du Volant **V09**, « N10 » pour la poignée du Volant **V06**, « N11 » pour toutes les autres zones de volants (**V01**, **V04**, **V07**, **V08** et **V10**) et notamment aussi le centre du Volant **V09** et **V06**. Les résultats de « Ra » en µm sur tous les volants sont présentés Figure 99.

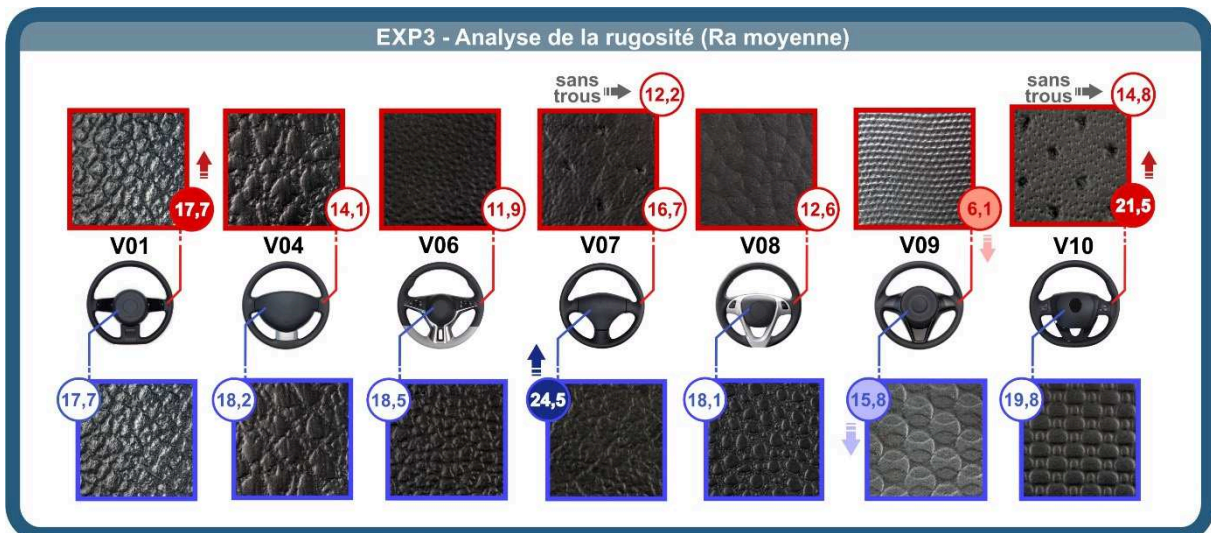


Figure 99 : Ra moyenne sur les volants - EXP3A.

Ainsi, nous pouvons constater qu'au niveau de la poignée, les volants **V10**, **V01** et **V07** sont considérés comme les plus rugueux. Cependant les volants **V10** et **V07** portent des trous assez profonds sur le matériau de revêtement, et comptabilisent des variations importantes pour le calcul de « Ra » sur le « *Cut-off* » de 2,5mm. Si nous ne considérons pas ces trous, la rugosité du volant V07 diminue de « 16,7 Ra » à « 12,2 Ra » et le volant V10 diminue de « 21,5 Ra » à « 14,8 Ra ». Le volant considéré comme le moins rugueux est le volant **V09**, sur la poignée et le centre. Ceux qui ont été considérés comme les plus rugueux au centre sont le volant **V07** et le volant **V10**.

3.5.2.3 Protocole EXP3B – Mesure de la dureté

Pour la mesure de la dureté, nous utilisons un duromètre analogique appliqué directement sur les zones des poignées et du centre de chaque volant. La classe de matériaux analysés est celle des polymères. Donc l'échelle de dureté sélectionnée est la « Shore A » pour les élastomères plus mous dans la zone de la « poignée » (similicuir et similaires) et « Shore D » pour les thermoplastiques plus rigides dans la zone du « centre » (ABS - Acrylonitrile Butadiène Styrene, PU – Polyuréthane, etc.). Les copolymères sont aussi présents sur des volants et ils caractérisent un mélange de propriétés (souple-rigide), comme le TPE - Elastomère Thermoplastique ou le TPU - Polyuréthane Thermoplastique.

L'EXP3B a été basée sur le protocole présenté Figure 100. Ce protocole a été divisé en deux phases. La Phase 1 a porté sur la calibration du duromètre et le positionnement des échantillons, et la Phase 2 a consisté à prendre des mesures.

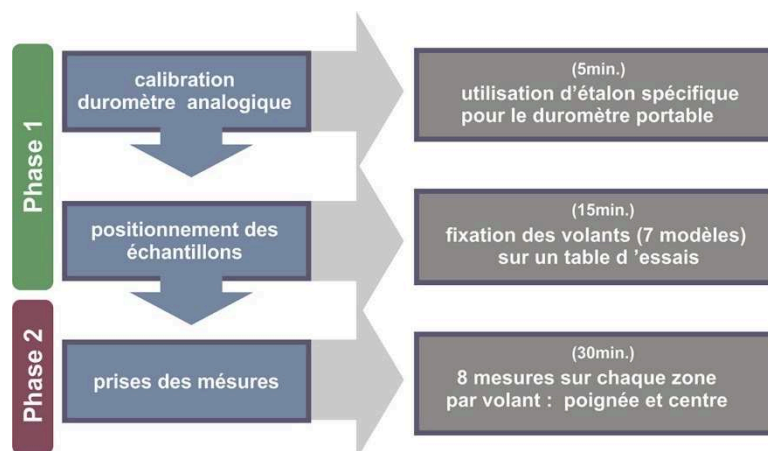


Figure 100 : Protocole EXP3B.

Concernant la préparation de l'équipement, nous effectuons la vérification et l'étalonnage (Phase 1) du duromètre marque "Instrument & MFG®" (voir Figure 101A) selon les procédures et spécifications du fabricant, conformément aux normes ASTM D2240. Les pointes (pénétrateurs) varient la géométrie selon l'échelle de la dureté. Pour l'échelle « Shore A » nous utilisons une pointe cône tronqué et pour l'échelle « Shore D » nous utilisons une pointe cône (voir Figure 101B).

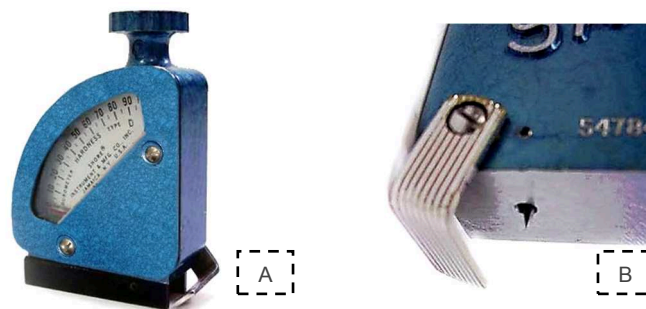


Figure 101 : (A) Duromètre analogique « Instrument & MFG® », (B) La pointe pour l'échelle Shore D.

Après le positionnement des volants sur la table d'essais, nous avons pris 8 mesures de dureté sur chaque zone (poignée et centre) de chaque volant. Le duromètre est positionné de façon perpendiculaire au point de contact de la surface mesurée (voir Figure 102).



Figure 102 : Mesure de la dureté avec le duromètre analogique - EXP3B.

3.5.2.4 Résultats EXP3B

Pour rappel, 14 zones de macrottextures sur 7 volants (poignée et centre) ont été mesurés par rapport la dureté des matériaux sur l'EXP3B. 112 mesures au total ont été

effectuées pour obtenir les valeurs moyennes de dureté sur 7 volants (voir l'Annexe 5-B). Ces valeurs moyennes nous ont permis de présenter un classement de la dureté par zone des volants, où les poignées ont été liées à l'échelle « Shore A » et les centres ont été liés à l'échelle « Shore D » (voir Figure 103).

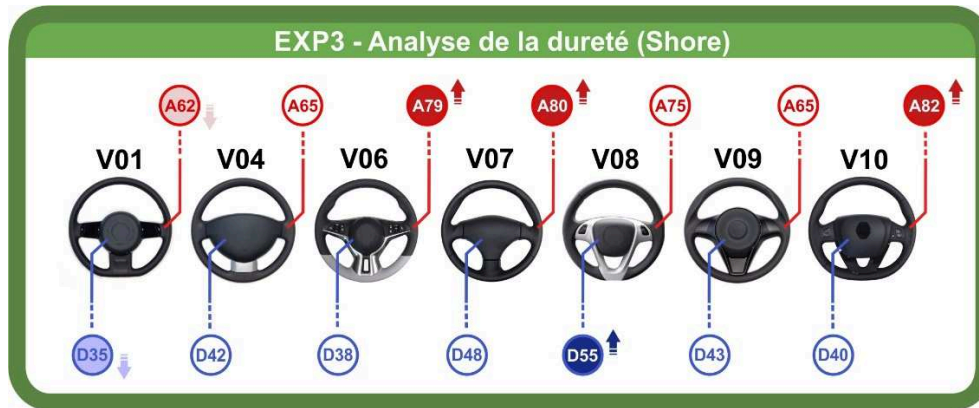


Figure 103 : Dureté moyenne sur les volants - EXP3B.

Ainsi, nous pouvons constater qu'au niveau de la poignée, les volants **V10**, **V07** et **V06** sont les plus dur. Ces trois volants portant des matériaux de revêtement couturé (le similicuir ou la croûte de cuir), et tous les autres sont de polymères thermoplastiques. Les moins durs dans cette région ont été les volants **V01**, **V04** et **V09**. Les plus durs au centre ont été le volant **V08**, et le volant **V07**, et les moins durs au centre ont été le volant **V01** et le volant **V06**.

3.5.2.5 Protocole EXP3C – Mesure de la dissipation thermique

Pour la mesure de la dissipation thermique sur des volants automobiles, nous utilisons un thermographe infrarouge aussi connu sous le nom de « caméra thermique ». Le protocole pour cette analyse implique un contrôle rigoureux sur la stabilité de la température de l'environnement ainsi que la variation affecté sur les produits à partir des interactions humaines (source de chaleur). En considérant ces variables, l'EXP3C a été réalisée selon le protocole de la Figure 104, structuré en 3 phases. La première phase est liée à la préparation de la salle d'essai, des échantillons (7 volants), et du thermographe infrarouge. La deuxième phase est liée à la stabilisation de la température du corps des participants et des volants dans le même environnement. La troisième phase comprend la prise de

mesures thermiques sur les volants pendant l'interaction des participants (réchauffement de la surface) et la période qui suit (dissipation thermique des volants).

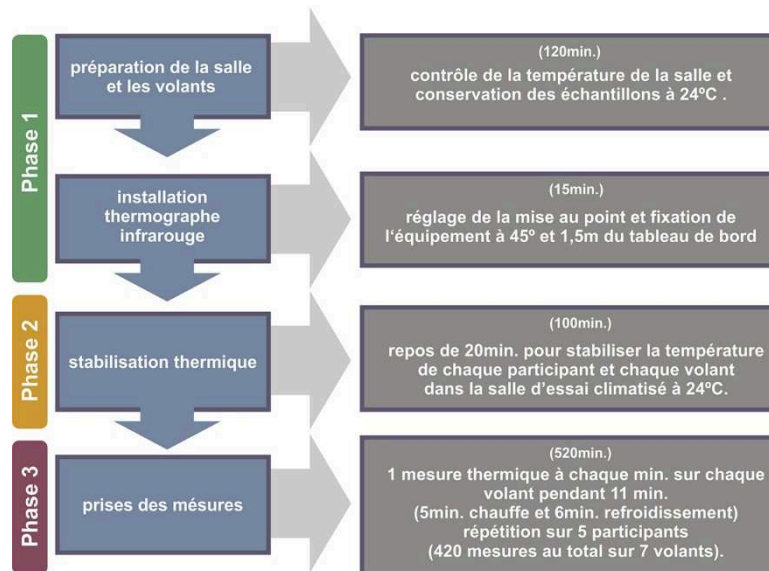


Figure 104 : Protocole EXP3C.

Concernant la préparation et le contrôle de la salle d'essai en Phase 1, nous avons installé d'abord deux capteurs thermiques (le premier à côté du tableau de bord et le deuxième derrière le participant). Les capteurs (également utilisés dans l'EXP2) sont liés à un système sans fil en caractérisant une station de température (voir Figure 105-A). Cette station (La Crosse Technologie – modèle WS9160IT) a permis de surveiller la variation thermique en cherchant la meilleure stabilité possible à travers l'intervention d'un climatiseur type « Split ». Ce climatiseur provoque une ventilation forcée pour optimiser l'homogénéité et réduire la stratification thermique de la salle. La température moyenne a été conservé à 24,5°C au niveau de 1m du sol, soit dans le niveau d'interaction (poignées des volants) sur le tableau de bord installé. L'humidité relative de l'air a été naturellement stabilisée autour de 50% par l'utilisation du climatiseur (selon les spécifications techniques de l'appareil type Split).

Le thermographe infrarouge a été installé autour de 1,5m de distance du tableau de bord à un angle de 45° par rapport le sujet. Cette position comprend la meilleure prise de vue, tandis que l'équipement marche sur le principe photographique avec des images contrastées en échelles de couleurs pour caractériser le gradient de température sur la surface des objets ou de la peau humaine. Cet appareil portatif a compris le modèle « 875-

1 » de la marque « Testo® » (voir Figure 105-B). Il présente une résolution de 320 x 240 pixels, un objectif de 32° et une étendue de mesure entre -30°C et +350°C.



Figure 105 : (A) Station de température, (B) Thermographe Infrarouge - EXP3C.

La Phase 2 comprend la stabilisation thermique des échantillons à 24°C, pendant 20 minutes sans les toucher. Elle intègre aussi une étape de stabilisation thermique pour les participants en état de repos, avant commencer la Phase 3. Systématiquement, la Phase 3 a comporté une séquence d'interaction du participant avec un volant à la fois. Cette séquence a été divisée en 2 étapes. Une étape pour le réchauffement du volant et l'autre pour le refroidissement du volant, comprenant la dissipation thermique. Ainsi, le participant a touché le volant dans la zone de la poignée pendant 5 minutes chronométrées (voir Figure 106-A) en lâchant le même une fois à chaque minute pour la capture thermique (voir Figure 106-B). Ces intervalles sans toucher au volant ont duré 3 ou 4 seconds uniquement pour la mesure thermique de la surface du volant et de la main du participant, en ressaisissant la poignée toute suite après. Au bout de 5 minutes, le participant a arrêté de toucher le volant et le thermographe infrarouge a enregistré la dissipation thermique du volant à chaque minute pendant 6 minutes. A la fin du premier cycle de 11 minutes, nous avons pris le deuxième volant pour redémarrer l'étape d'interaction avec le participant, et nous avons procédé de la même manière pour l'ensemble des autres volants. Les 7 volants ont été essayés avec 5 participants différents dans le même environnement. Le profil des participants correspond à une tranche d'âge de 27 à 39 ans, de genre masculin (sans symptômes d'hyperthermie ou des maladies apparentées).

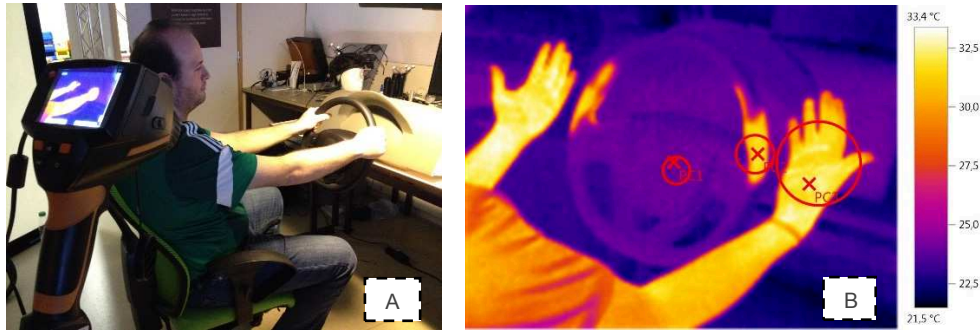


Figure 106 : (A) Réchauffement du volant, (B) Thermogramme de l'intervalle du réchauffement - EXP3C.

Après une capture des images thermiques chez tous les participants, un traitement des données a été nécessaire pour identifier quelle est la température exacte sur les points d'intérêt (voir exemple Figure 106-B). Ce traitement a été réalisé à l'aide du logiciel du fabricant (Testo®) qui a permis de localiser automatiquement « les points plus chauds » ou « les plus froids » représentés par les cercles rouges. Nous avons regroupé les données dans un tableau avec les moyennes de température entre les 5 participants à partir de 420 thermogrammes. Les résultats sont présentés dans le chapitre suivant.

3.5.2.6 Résultats EXP3C

Pour rappel, les 7 volants ont été mesurés thermiquement sur la zone poignée et centre. La température des mains des 5 participants a aussi été mesurée. La durée totale de l'EXP3C a été de 755 minutes. Une somme de 420 thermogrammes a permis de registrer la température sur un total de 1260 points.

La première analyse des données nous a indiqué que les « températures des centres » n'ont pas changé significativement au cours du temps. Elles n'ont donc pas été mises en évidence dans les résultats.

Par rapport aux « températures des poignées », nous avons constaté que les matériaux de revêtement sur les volants **V10**, **V08** et **V06** tels quels le similicuir et les copolymères ont provoqué un réchauffement un peu plus élevé que les matériaux thermoplastiques des volants **V01**, **V04** et **V09**. Cette différence de température (°C) a été mentionnée dans les cercles rouges Figure 107. Elle concerne la moyenne de température relative à chaque volant après 5 minutes de contact physique. Nous comprenons que la partie la plus chaude (la main) cède de l'énergie sous forme de chaleur à la partie la plus

froide (le volant). Ces deux parties sont directement dépendants des propriétés thermiques relatives à chaque matériau (principe de la thermodynamique¹⁵).

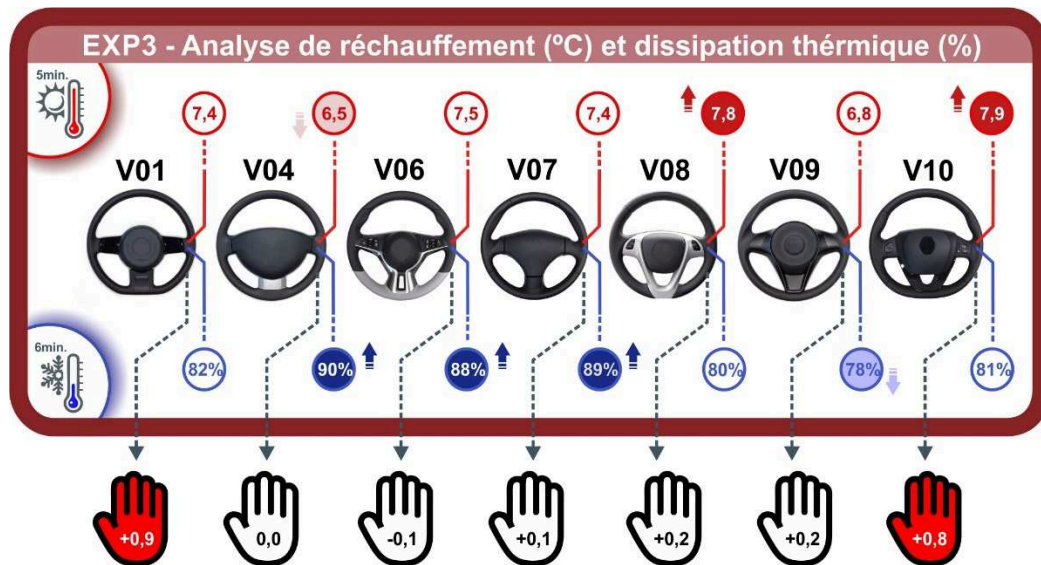


Figure 107 : Réchauffement et dissipation thermique sur la poignée des volants - EXP3C.

La chaleur relative aux volants au bout de 5 minutes de contact physique, a été considérée comme la référence pour évaluer la performance de la « dissipation thermique » 6 minutes plus tard. Ainsi, le pourcentage exprimé dans les cercles bleus (Figure 107) est relatif à la performance de la dissipation thermique de chaque volant. Par exemple, le volant V04 a dissipé en 6 minutes de repos, 90% de la température mesurée (6,5 °C) en 5 minutes de contact physique par le participant, soit 5,9 °C dissipés. A partir de cette analyse, les volants **V04**, **V06** et **V07** sont considérés comme le plus performants par rapport la dissipation thermique et le volant **V08**, **V09** et **V10** sont considérés comme les moins performants.

Le réchauffement des mains a été plus important avec les volants **V01** et **V10** (mains en rouge Figure 107). Ces deux volants présentent des propriétés thermiques similaires, mais ne possèdent pas d'autre variable en commun. Cette similitude sur les propriétés thermiques a été identifiée aussi entre le volant **V08** et **V10**, soit sur la capacité de réchauffement, soit sur la faible performance de la dissipation thermique. Cependant nous identifions une différence de 75% (0,6°C) dans la chaleur des mains des participants entre ces deux volants. En comparant les propriétés techniques de rugosité et dureté pour ces

¹⁵ Branche de la physique et de la chimie qui étudie les relations entre l'énergie thermique (chaleur) et mécanique (travail) (ROBERT, 2005).

volants, nous constatons qu'elles sont bien différentes, de la même manière que les caractéristiques visuelles des textures.

Le comportement thermique au cours du temps sur les zones « poignée », « centre » et les « mains de participants » est décrit en détail à chaque minute Figure 108.

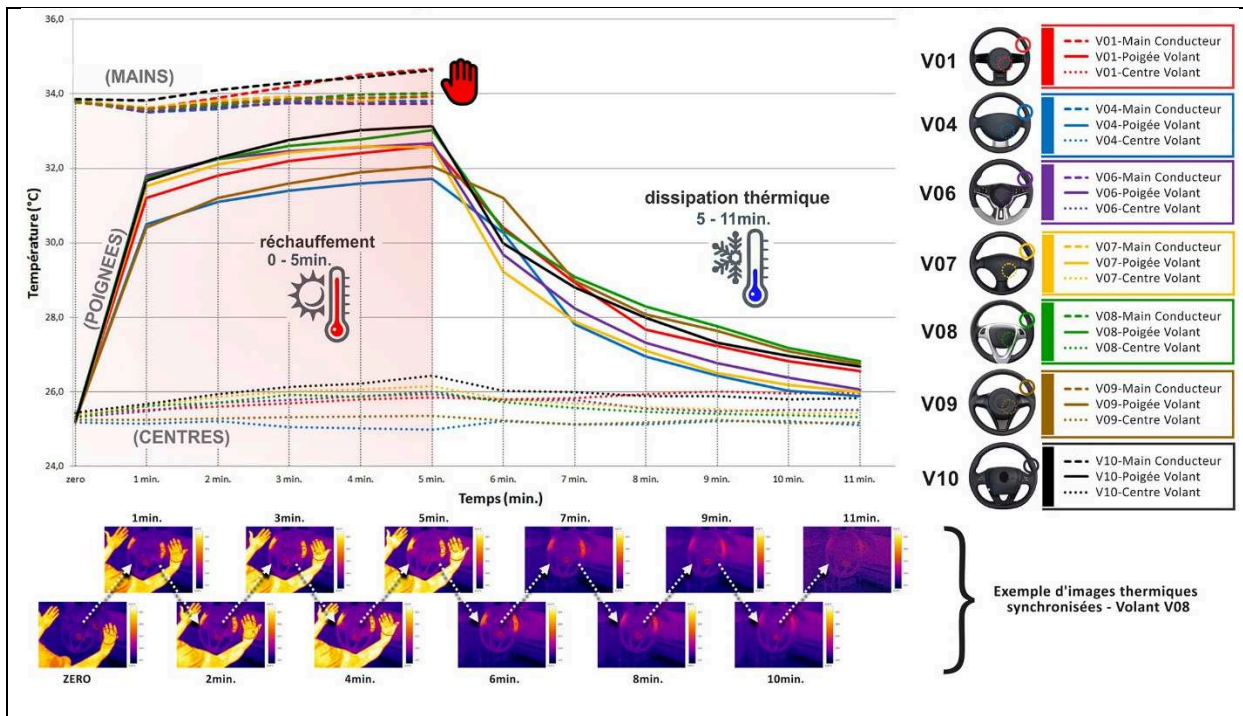


Figure 108 : Courbes thermique tous volants - EXP3C.

Nous présentons sur la partie inférieure de la Figure 108, l'exemple du volant V08 avec des thermogrammes (images thermiques) synchronisés sur la durée totale de l'EXP3C. Les thermogrammes nous permettent d'identifier la variation de température à partir de l'émissivité thermique de chaque volant et de chaque participant. Ces températures sont exprimées sur un spectre de couleurs allant du plus clair (le plus chaud) au plus foncé (le plus froid).

Pour plus de détails relatifs aux données représentées par la Figure 108, voir Annexe 5-C.

3.5.2.7 Protocole EXP3D – Caractérisation visuelle des macrotextures

La quatrième partie de l'EXP3 a consisté en une analyse descriptive des images de macrotextures automobiles. Pour la capture de ces images, nous avons utilisé la technique de la macrophotographie. La photo macroscopique commence avec le rapport 1:1 (taille réelle). Elle peut être magnifiée plusieurs fois (rapport 2:1, 3:1, 4:1, etc.) à travers l'utilisation d'équipements photographiques spécifiques. La macrophotographie apporte des conditions favorables à l'analyse visuelle de la macrotexture en détail.

Dans le tableau 28, nous pouvons identifier les spécifications des équipements utilisés pour l'expérimentation - EXP3D.

Spécifications des équipements	Fonction	Image
Canon® 5D MarkII + objectif macro Canon® MP-E 65mm f/2.8 1-5X	Capturer des images macro en haute définition et bon rapport de magnification.	Figure 109-A
Flash Canon® MT-24 EX Macro Twin Lite	Augmenter la profondeur de champs avec une lumière plus uniforme.	
Rail micrométrique Velbon® Super Mag Slider	Ajuster le cadrage et la mise au point au millimètre	Figure 109-B
Trépied photo Manfrotto® 732CY Carbon Fiber	Préserver la stabilité de l'équipement pour éviter des flous et augmenter la clarté d'image	Figure 109-C

Tableau 28 : Spécifications des équipements utilisés dans l'EXP3D.

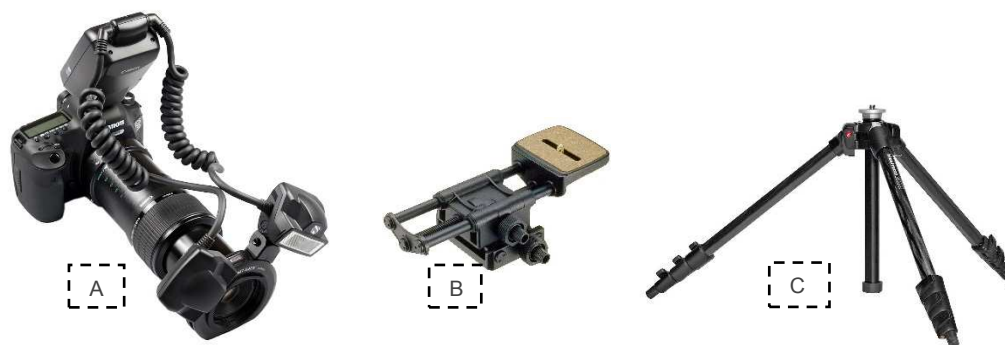


Figure 109 : Équipements pour la macrophotographie. (A) Appareil photo reflex, objectif macro, flash macro, (B) rail micrométrique, (C) trépied photo.

L'appareil photo (Canon® 5D Mark II, Figure 109-A) porte un capteur plein format en numérique de 24 x 36mm appelé « full frame ». Il donne la possibilité de générer plus de pixels pour une plus grande résolution (dans ce cas, 21MP - mégapixels), en donnant une meilleure qualité d'image. Cette qualité nous convient bien pour l'analyse de macrotextures.

L'objectif relatif à cet appareil (Canon® MP-E 65mm) est unique pour la macrophotographie. Il est capable de réaliser des images mesurant de une à cinq fois la taille du sujet. Cet objectif a donc une très faible profondeur de champ qui s'aggrave avec le capteur plein format (maximum de 2,24 mm à une ouverture focale f/16 au grandissement 1:1). Cependant, les macrotextures du secteur automobile comme notre sujet sont compatibles à ce matériel et à ses réglages.

La condition la plus défavorables à la technique de la macrophotographie est le manque de lumière sur le sujet, dans le cas de réglages optimaux (ouverture focale très réduite – f/16). Ainsi, un éclairage supplémentaire est nécessaire pour préserver la qualité attendue. L'intérêt du flash est de pouvoir diminuer le temps de pose et donc d'augmenter la profondeur de champs qui diminue vite en macrophotographie. Pour compenser, la meilleure option a été le flash Canon® MT-24 EX qui a deux têtes fixées à une bague qui s'adapte au bout de l'objectif (*voir Figure 109-A*). Les têtes pouvant pivoter verticalement et horizontalement et cette flexibilité est aussi importante pour identifier la meilleure direction de la lumière sur la surface rugueuse de macrotextures. Le choix de la direction est déterminé en fonction des effets visuels par réflexion optique (ASHBY, 2011) sur la surface texturée, en permettant ainsi comprendre les caractéristiques physiques.

Pour obtenir la finesse nécessaire sur le contrôle de profondeur de champ (2,24mm) et la distance précise (24cm) par rapport la surface texturée, nous avons utilisé un rail micrométrique sur les deux axes (*voir Figure 109-B*). Ce rail a permis de contrôler plus facilement et précisément le cadrage et la mise au point. Naturellement, le trépied photo (*voir Figure 109-C*) a été indispensable pour apporter l'infrastructure nécessaire au bon fonctionnement.

En synthèse l'EXP3D a été divisée en 3 Phases (*voir Figure 110*). La Phase 1 concernant le montage des équipements et le positionnement des échantillons. La Phase 2 a traité la calibration de l'appareil photo sur la base des restrictions d'éclairage et de la mise au point. La Phase 3 comport une séquence de 5 photos, avec des petites variations millimétriques de mise au point pour assurer le meilleur résultat d'image.

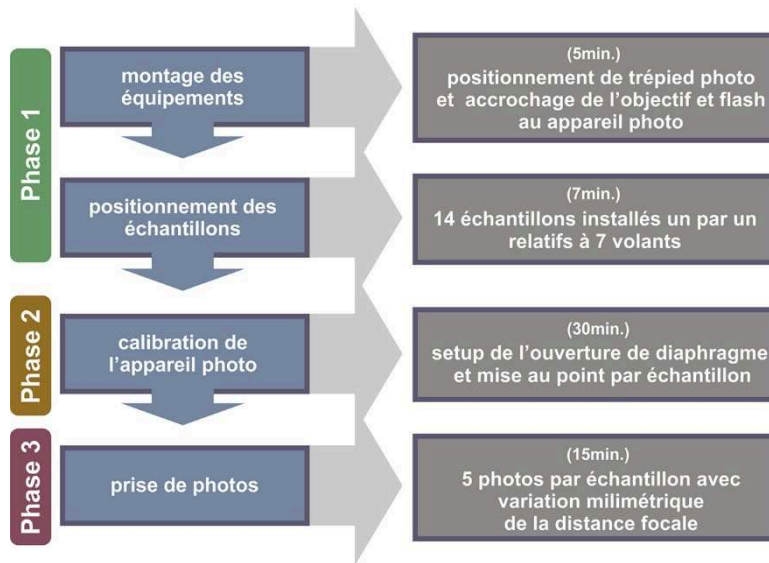


Figure 110 : Protocole EXP3D.

Un post-traitement numérique a été réalisé sur les images obtenues par le processus de macrophotographie. Nous en avons extrait les principaux éléments composants de la macrotecture tactile. Les logiciels *Photoshop*® et *Corel Draw*® ont été utilisés pour éditer les images et paramétrer (vectoriser) les composantes primitives régulières ou irrégulières.

Sur la base des modèles structurels d'organisation de textures de KINDLEIN et al. (2003), et HOSSAIN et SERIKAWA (2013), nous avons extrait les attributs pertinents pour réaliser l'analyse descriptive des macrotectures. Ces 4 attributs sont : « **la dimension** » en préservant l'échelle macro en prenant en compte la perception tactile, « **la densité** » par rapport au nombre d'éléments sur l'aire de la surface, « **la régularité** » concernant la symétrie et les proportions entre les éléments constituants de la texture (régulière ou irrégulière) et « **la forme** » basée sur une structure organique ou géométrique.

3.5.2.8 Résultats EXP3D

Les résultats de l'analyse descriptive sur les macrotectures tactiles des volants sont présentés figure 111. La Figure montre les images des volants au centre, les photos macro de la poignée (cadres verts en haut) et les photos macro du centre (cadres rouges tout en bas). Ces photos sont illustrées avec un rapport 1:1, où l'échelle (0...1) indique l'équivalence de 1cm² dans cette version imprimée. Les images éditées sur fond gris à côté des originaux,

montrent les résultats de la paramétrisation bidimensionnelle. Celle-ci prend en compte le processus de vectorisation des éléments visuels de la macrotexture. En se rapprochant du centre de la Figure 111, nous identifions les 4 attributs analysés sur les lignes grises (dimension, densité, régularité et forme).

Nous pouvons identifier que le volant **V09** a été le seul volant totalement géométrique par rapport la forme de la macrotexture. Il présente la plus faible densité d'éléments (rugosité plus discrète au niveau de la poignée). La texture la moins discrète est caractérisée par la grande « dimension » des éléments visuels (les grains) du volant **V04**, et sa structure irrégulière de forme organique.

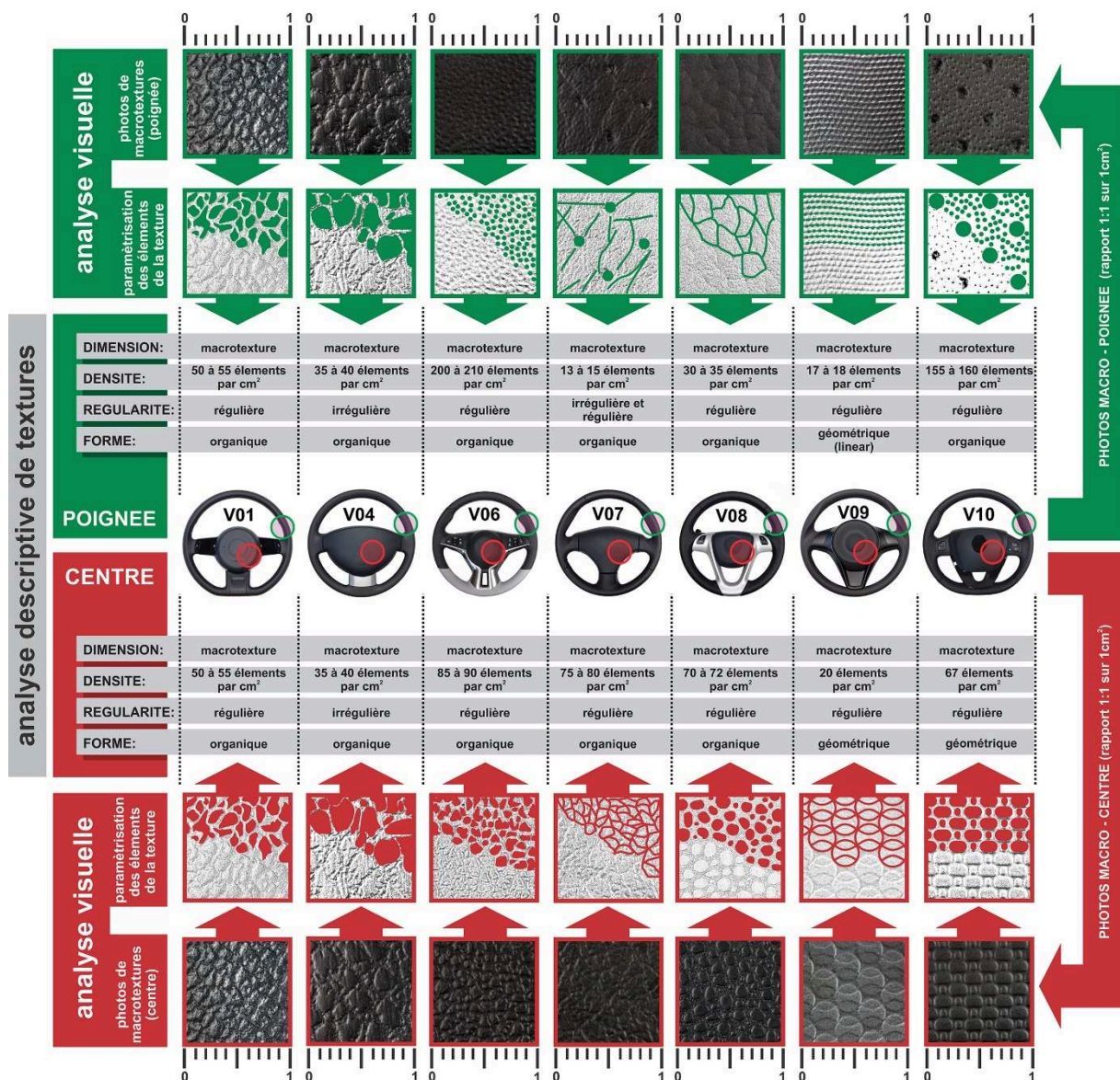


Figure 111 : Résultats d'analyse descriptive de textures - EXP3D.

Un autre aspect remarquable entre les macrotextures a été l'espace entre les éléments visuels qui caractérisent la « prégnance » selon les lois de la « *gestalt* ». Notons aussi l'influence de la proportionnalité et de la symétrie entre les composants. L'harmonie entre ces éléments combinés sur différents échelles a été identifiée sur le volant **V10**.

3.5.3 Conclusion et validation des Hypothèses H1 et H2

L'expérimentation EXP3 nous a permis de connaître les attributs techniques des matériaux et des macrotextures de volants automobiles dans la catégorie citadine « grand public ». Nous avons identifié les valeurs de rugosité, de dureté, de dissipation thermique et les descriptifs techniques à partir d'une analyse visuelle des macrotextures sur 7 volants.

Lors de la mise en relation de variables techniques liées à des macrotextures (EXP3A, EXP3B, EXP3C et EXP3D), nous avons conclu que les conditions d'influence d'une variable technique par rapport l'autre (parmi celles-ci qui nous avons analysées dans l'EXP3) ne sont pas nombreuses comme celles-là qui nous avons analysées dans l'EXP2. C'est-à-dire que les variables techniques et objectives sont parfois indépendantes en limitant ainsi les possibilités de mise en relation.

Dans le contexte de notre recherche, les valeurs techniques de l'EXP3 sont très importantes pour attribuer des caractéristiques physiques aux produits « volants ». Le « décodage » de ces caractéristiques au regard de l'utilisateur à travers l'évaluation subjective (descripteurs SSE) peut contribuer significativement au processus de conception par le Designer.

Par exemple, les valeurs de rugosité (EXP3A) au niveau de la macrotexture tactile de volants automobiles peuvent être liées plutôt à des aspects esthétiques de la surface du produit que les valeurs de la dureté (EXP3B) ou de la dissipation thermiques (EXP3C) qui sont plutôt dépendantes de la caractérisation des matériaux. Les attributs descriptifs de la macrotexture (EXP3D) peuvent caractériser une variable plutôt liée sur la perception humaine et les interprétations cognitives (EXP1B et EXP2).

Nous pouvons encore identifier une relation entre la dureté (EXP3B) et la dissipation thermique (EXP3C), où la dureté de chaque zone des volants a été influencée par la densité de chaque matériau (masse volumique – Kg/m^3). Par conséquent, la densité peut influencer la capacité de retenir la chaleur en déterminant la conductivité thermique du matériau et donc la performance de sa dissipation thermique. Cependant, plusieurs couches de matériaux différents dans les volants peuvent également contribuer à différents

comportements sur la conduction thermique. Ainsi, une petite variation de la dissipation thermique peut être appliquée quand même sur les volants de même matériau.

Concernant la validation des hypothèses H1 et H2 à travers l'EXP3, nous considérons que les résultats toute seules ne peuvent pas répondre, mais nous a besoin de récapituler les apports et formaliser la mise en relation avec les variables subjectives des expérimentations « EXP1A, EXP1B et EXP2 » pour pouvoir répondre aux hypothèses. Ainsi, la mise en relation entre toutes les expérimentations sur les différentes dimensions (visuelle, visuo-tactile et technique) peut permettre seule de répondre à des hypothèses.

Pour rappel, les hypothèses H1 et H2 sont les suivantes : Hypothèse **H1** : *l'impact émotionnel provoqué par les macrotextures tactiles est influencé par les propriétés des matériaux et les caractéristiques utilisateurs* ; et Hypothèse, **H2** : *On peut intégrer les dimensions sensorielles, sémantiques, émotionnelles et techniques de la macrotecture tactile, au sein d'un modèle unique de mise en relation.*

La partie suivante chapitre 3.6 « Apports expérimentaux » présente en synthèse les apports principaux de toutes les expérimentations et le chapitre 3.7 présente une discussion par rapport la mise en relation entre toutes les expérimentations, en répondant ainsi aux hypothèses.

3.6 Apports expérimentaux

Dans ce chapitre nous proposons une synthèse des apports expérimentaux (EXP1A, EXP1B, EXP2 et EXP3). Chaque expérimentation a mis en œuvre plusieurs variables en considérant la dimension visuelle, la dimension visuo-tactile et la dimension technique.

Concernant l'**EXP1A**, l'apport principal a été la formalisation de liens « Kansei textures ». Cette relation a été établie à partir de liens créés par des designers et ingénieurs français et brésiliens entre les 2 corpus de données Kansei et Textures. Ainsi, les métiers en jeu ont permis une meilleure compréhension de cette relation en créant de nouveaux liens (matériaux et descripteurs SSE). L'EXP1A a fourni plus de 1300 nouveaux liens à intégrer dans la base de données « SKIPPI » dans sa dimension KANSEI – PRODUIT, en considérant la relation entre les descripteurs « SSE » et 15 textures.

Concernant l'**EXP1B**, l'apport principal a été l'identification de facteurs d'influence dans la mise en relation entre descripteurs SSE et une sélection de volants automobiles du marché. Ce secteur produit a constitué le contexte, en permettant de souligner les variables les plus proches de chaque descripteur sensoriel, sémantique et émotionnel. Par exemple, les variables « matériaux » et « textures », peuvent influencer l'appréciation de la majorité des descripteurs « Sensoriels » et « Sémantiques » du point de vue de l'utilisateur dans le cadre des volants sélectionnés. Ces descripteurs Sensoriels (par exemple : rugueux, mat et doux) et Sémantiques (par exemple : délicat et chic) ont été liés aux textures de 5 volants du marché « grand public » (V02, V06, V07, V08 et V09). Ces volants sont considérés comme les plus proches du « volant idéal » selon les variables « matériaux » et « textures » (Annexe 3-C).

Dans l'**EXP2**, l'apport principal porte sur l'influence de la perception visuo-tactile (deuxième minute d'interaction avec chaque volant) sur la perception visuelle (premier minute d'interaction avec chaque volant). Dans cette dimension multisensorielle, la valeur sémantique et la valeur émotionnelle ont été attribuées aux produits volants à partir du croisement de variables qualitatives et quantitatives, en s'appuyant sur les deux moments d'interaction décrits au-dessus. Cette attribution a été validée par des entretiens, ainsi que par les évaluations cognitives, physiologiques et comportementales. Par évaluations cognitives nous entendons les réponses aux questionnaires et entretiens. Par évaluation physiologiques nous entendons le signe de la fréquence cardiaque et la dilatation de la pupille. Par évaluation psychologique nous entendons les expressions faciales. Ainsi,

l'analyse multivariée de l'EXP2 a donnée des pistes pour la création d'un modèle multidimensionnel de l'interaction « produit – utilisateur – concepteur ».

L'**EXP3** a tout d'abord permis de caractériser quantitativement les propriétés de surface des volants au niveau de la matière et de la texture. Ces données nous ont permis de comparer, par exemple, les volants avec les matériaux les plus rugueux, les plus rigides et les plus conducteurs de chaleur avec les variables subjectives traitées dans l'**EXP2** (sensorielles, sémantiques et émotionnelles). Ainsi, une nouvelle relation a été formalisée et validée entre les propriétés techniques et les variables subjectives relatives aux dimensions visuelle et visuo-tactile d'interaction avec des volants.

En synthèse, les apports principaux sont récapitulés comme suit :

- **APP1 (EXP1A)** : Formalisation de la relation « KANSEI – TEXTURES » en contexte.
- **APP2 (EXP1A)** Formalisation de la relation « KANSEI – PRODUIT ».
- **APP3 (EXP1B)** : Identification de facteurs d'influence dans les dimensions SSE relative au « volant idéal ».
- **APP4 (EXP2)** : Formalisation de la relation croisée de variables qualitatives et quantitatives sur une dimension multisensorielle.
- **APP5 (EXP2 vs. EXP3)** : Formalisation de la relation entre variables « SUBJECTIVES et TECHNIQUES ».

Les mises en relations principaux entre les expérimentations, peuvent être identifiées dans le chapitre suivant.

3.7 Mise en relation des expérimentations

Pour établir une bonne visualisation sur les mises en relations identifiés entre les expérimentations EXP1A, EXP1B, REXP2 et EXP3, nous présentons le tableau 29 ci-dessous. Ce tableau de correspondance de variables nous a permis de souligner les relations les plus marquantes indiquées dans les cases en rouge, orange et gris.

comparaison FR et BR sur la même variable		DIMENSION VISUELLE									DIMENSION VISUO-TACTILE							DIM. TECHNIQUE					
		EXP1A			EXP1B			EXP2			EXP3				EXP3								
		Liens Kansai			Analyse Qualitative			Analyse Cognitive, Physiologique et Comportementale							Analyse Quantitative et Descriptive								
		Ustensiles de Cuisine			Secteur Automobile - Volants																		
		SEN	SEM	EMO	♀	SEN	SEM	EMO	♀	π	SEN	SEM	EMO	♀	π	φ	ψ	β	π	RUG	DUR	D.T.	A.D.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
DIMENSION VISUELLE	EXP1A	SEN	a	1a	3a																		
	SEM	b																					
	EMO	c		2c																			
	♀	d			3d	4d																	
EXP1B	SEN	e								9e													
	SEM	f								9f													
	EMO	g						7g		9g													
	♀	h																					
π	i					5i	7i																
EXP2	SEN	j				5j														19j	20j		
	SEM	k					6k			10k													
	EMO	l						7l		10l			13l	15l	17l								
	♀	m											13m				17m						
π	n							9n		12n				15n	17n								
φ	o															17o							
ψ	p			3p												16p						22p	
β	q		2q										14q		17q						21q	22q	
EXP3	π	r																					22r
	RUG	s																					
	DUR	t																					22t
	D.T.	u																			19u		
A.D.	v																				18v		

LEGENDE : ■ Contributions directes les plus importantes. ■ Contributions sur la comparaison entre les populations dans une variable. ■ Contributions générales.

Tableau 29 : Tableau de correspondance de variables sur l'EXP1A, l'EXP1B, l'EXP2 et l'EXP3.

Ce tableau est suivi de 39 résultats sur les relations formalisées. Par exemple, le Code **2C**, est souligné dans un case gris qui représente une contribution générale. Nous interprétons que ce cas concerne la mise en relation entre la variable « sémantique » et la variable « émotionnelle » de la même dimension « visuelle » dans le cadre de l'EXP1A. La ligne diagonale (jaune) présente la comparaison d'une variable vis-à-vis d'elle-même. Dans ce cas, nous appliquons la couleur orange en comparant les deux populations (FR et BR) sur la variable indiquée. Les cases en rouge représentent les contributions directes les plus importantes pour le modèle de mise en relation du design émotionnel avec les textures et les matériaux.

Nous détaillons par la suite les 39 résultats à partir du Tableau 29.

Résultats importants relatifs à la relation entre les dimensions visuelle et visuo-tactile :

CODE : 5j (EXP1B sur EXP2)

- L'acuité sensorielle est encore plus fiable dans la dimension visuo-tactile que seulement visuelle. Ainsi, l'interaction multi sensorielle est toujours plus riche dans l'usage du produit (*Constat 2 et Sous-constat 2.1*).

CODE : 6k (EXP1B sur EXP2)

- Les ACP ont montré que les volants V01 et V10 ont provoqué des différences d'opinions sur la dimension sémantique associée aux aspects visuels et visuo-tactiles (EXP1B et EXP2, Figure 63 et Annexe 4-E). Le volant V01 a été associé aux termes « chargé, agressif et sophistiqué » d'un point de vue visuel seul, alors qu'il a été associé aux termes « minimaliste, modeste et simple » selon le point de vue visuo-tactile. De la même manière le volant V10 a été associé aux termes « grossier, basique et classique » selon le point de vue visuel seul, alors qu'il a été associé aux termes « délicat, chic et moderne » selon le point de vue visuo-tactile.

Pour le volant V10 ces résultats sont compréhensibles du fait de la différence de matériaux et textures pour le même modèle. Ce résultat montre que le changement de matériau et de texture pour une forme identique peut enrichir l'expérience d'utilisateur. Dans le cas du volant V01, il est nécessaire d'avoir une approche multi-dimensionnelle pour pouvoir interpréter ce résultat.

CODE : 7I (EXP1B sur EXP2)

- Nous avons souligné les différences d'opinions concernant les réactions émotionnelles lors d'expériences visuelle (EXP1B) ou visuo-tactile (EXP2). Ces différences ont été constatées avec les volants V01 et V10 sur la totalité de la population (Figure 64 et Annexe 4-E). Le Volant V01 provoque des émotions allant de « excité » à « calmé », alors que le Volant V10 provoque des émotions allant de l'« indifférence » au « plaisir ».

CODE : 9n (EXP1B sur EXP2)

- La comparaison entre les produits en environnement numériques (EXP1B) ou physiques (EXP2) selon différentes dimensions sensorielles (visuelle et visuo-tactile), permet d'établir une relation entre les valeurs subjectives et les matériaux et textures.

Résultats importants relatifs à la dimension visuo-tactile :

CODE : 15I (EXP2)

- Le suivi de la fréquence cardiaque, a permis de relier les pics HR à la dilatation pupillaire et d'identifier ainsi les émotions fortes. Dans le cadre de l'EXP2, l'amusement a ainsi pu être détecté.

CODE : 17m (EXP2)

- Les zones d'intérêt (AOI) ont été homogènement classées entre les 2 groupes (FR et BR), mais elles ont présenté des variations entre chaque modèle de volant. Ainsi, par rapport à la perception visuelle sur le produit, les différences culturelles de la population ne sont pas très importantes, mais les aspects morphologiques et les finitions du produit (matériaux et textures) sont des dimensions suffisamment importantes pour présenter un intérêt.
- Le phénomène d'Impulsion au Toucher (IT) lors de la phase d'interaction visuelle de l'EXP2 concerne un public féminin plus âgé et prioritairement français.

CODE : 17n (EXP2)

- A partir de l'analyse comportementale avec les expressions verbales et non verbales de l'EXP2, a été possible d'identifier les valences affectives attribuées aux produits (volants).
- La mise en évidence du Toucher Tangentiel (TT), permet de mettre en valeur la texture et le matériau. Cette valorisation a été validée à travers la fixation prolongée des zones d'intérêt (AOI), synchronisée avec le Toucher Tangentiel (TT).

CODE : 17o (EXP2)

- Le toucher tangentiel (dynamique) sur la surface du produit est fortement lié à une activité exploratoire qui témoigne de l'intérêt de l'utilisateur pour la macrotexture tactile.

Résultats importants relatifs à la relation entre les dimensions technique et visuo-tactile :

CODE : 19j (EXP3 sur EXP2)

- La mesure technique sur les matériaux et textures n'est pas toujours en phase avec la perception humaine. Pour la rugosité de macrotextures des volants V10 et V07, les trous assez profonds dans le matériau de revêtement (zone poigné), n'ont pas été perçus tels quels d'un point de vue sensoriel. Il y a alors conflit entre les vraies données de rugosité et la perception humaine. Ce conflit est caractérisé par la faible densité de trous étroits par centimètres carrés, en entravant la perception au toucher.

Résultats comparatifs entre les populations dans la dimension visuelle :

CODE : 1a (EXP1A)

- A propos des liens Kansei – Textures dans le cadre de l'EXP1A, des variations importantes sont à noter dans les liens générés entre designers et ingénieurs. Du côté Brésilien, les Designers ont été beaucoup plus expressifs dans les dimensions « SSE » que les Ingénieurs. Du côté Français, le

résultat a été plus homogène entre les métiers, mais la quantité de liens a été deux fois plus importante en comparant avec les Brésiliens.

CODE : 4d (EXP1A)

- Les liens Kansei – Textures différent selon que le métier d'origine est le design ou l'ingénierie.

CODE : 7g (EXP1B)

- Nous avons constaté des valences émotionnelles différentes entre la population (FR et BR) en fonction du niveau de connaissance du produit, sachant que certains modèles ne sont pas commercialisés sur le territoire brésilien ou d'autres sur le territoire français. Cette condition de découverte dans l'analyse visuelle de l'EXP1B, a provoqué un effet de surprise, suivi d'une appréciation positive, comme dans le cas du volant V08 pour les brésiliens et le volant V09 pour les français.

Résultats comparatifs entre les populations dans la dimension visuo-tactile :

CODE : 13m (EXP2)

- La différence la plus importante entre les profils de la population (FR et BR) a concerné la fréquence de conduite (4,5 fois plus pour les brésiliens par rapport les français), et la température moyenne annuelle du lieu d'habitation (2 fois plus chaud pour les brésiliens).

CODE : 16p (EXP2)

- L'interprétation cognitive dans le contexte de l'EXP2 entre les deux groupes de la population (FR et BR) a été plutôt homogène (ACP's sémantiques et émotionnelles – Annexe 4-E).

CODE : 17q (EXP2)

- L'analyse comportementale mesurée dans l'EXP2 montre des différences entre les groupes français et brésiliens concernant les occurrences d'IT (Impulsion au Toucher).

- Concernant le type de toucher, le toucher tangentiel (TT) a été plus long pour la population française, mais le toucher orthogonale (TO) a été plus long pour la population brésilienne. Nous avons considéré le toucher combiné (TO/TT) comme prioritairement « Tangentiel », en le calculant avec le Toucher Tangentiel ($TO/TT + TT$, voir Figure 88).

Résultats globaux relatifs à la dimension visuelle :

CODE : 2c (EXP1A)

- Une relation entre descripteurs sémantiques et émotionnels a été établie pour les matériaux présentés dans l'EXP1A. Les matériaux identifiés comme « artificiels » ont été liés à des valences émotionnelles négatives et parfois positives (déception et amusement). Les matériaux identifiés comme « futuristes » ont été éventuellement liés à la surprise (voir Figure 51). Les matériaux identifiés comme « naturels » ont été éventuellement liés à des valences positives (plaisir, désir, etc.)

CODE : 3a (EXP1A)

- L'amusement a été lié aux descripteurs sensoriels « rugueux » et « doux ». Cette émotion a été reliée plutôt à des textures géométriques et régulières, comme dans le cas des matériaux EVA, caoutchouc, neoprene, PU, coton et la jute.

CODE : 3d (EXP1A)

- Globalement les émotions sont plutôt concordantes entre la France et le Brésil, si l'on considère la perception de matériaux et textures dans l'EXP1A. Les différences concernent l'acier, l'ardoise et la jute qui créent des divergences sur les deux populations.

CODE : 5i (EXP1B)

- L'acuité sensorielle en environnement numérique dépend aussi de la qualité visuelle des images.

CODE : 7i (EXP1B)

- Les réactions émotionnelles sont plutôt liées à l'influence du facteur « morphologique » que les facteurs « matériaux » et « finition/textures ».

CODE : [9e, 9f, 9g] (EXP1B)

- Dans le cadre de l'EXP1B, le « volant idéal » est proche des volants V08, V05, V02 et V09 (*voir Annexe 3-C*). Le profil correspondant (*voir Tableau 18*) est caractérisé par les termes « rugueux » surtout « délicat » et « chic » au niveau de la texture. Concernant les matériaux le profil correspond aux termes « mat » et « doux ». Au niveau de la forme, le volant idéal a été identifié comme « simple », « modeste », « minimaliste », mais aussi « moderne », en correspondance avec les émotions de « plaisir », de « surprise » et à mi-terme entre les émotions de « calme » et d'« excitation ».

CODE : 9g (EXP1B)

- L'ACP (*Voir Figure 64*), montre qu'il n'y a pas de volants situés dans la zone de satisfaction émotionnelle (proches du « volant idéal »). Dans cette dimension émotionnelle la variable « géométrie » a été plus influente que la variable « texture » pour déterminer la position des échantillons dans le plan ACP émotionnel.

Résultats globaux relatifs à la relation entre les dimensions visuelle et visuo-tactile :

CODE : 2q (EXP1A sur EXP2)

- Il y a une corrélation notable entre une faible expérience tactile de l'utilisateur et des matériaux considérés comme « futuristes » (Fibre de Carbone et le Néoprène).

CODE : 3p (EXP1A sur EXP2)

- Les matériaux liés aux descripteurs sémantiques « élégant », « attrayant », « féminin », « traditionnel », « esthétique » et « intemporel », correspondent à un sentiment de désir, de plaisir et de luxure (bois et cuir).

Résultats globaux relatifs à la dimension visuo-tactile :

CODE : 10k (EXP2)

- L'analyse sensorielle de volants automobiles (visuo-tactile) montre que les volants les plus rugueux et les plus durs correspondent aux descripteurs sémantiques « grossier, basique et modeste ». Les volants considérés comme les plus lisses et les plus doux sont liés aux descripteurs sémantiques « délicat et sophistiqué ».

CODE : 10l (EXP2)

- La perception d'une rugosité inhabituelle sur la surface du produit génère un état émotionnel de « surprise ». Cet état peut être à la fois positif (perception visuelle, volant V06) ou négatif (perception visuo-tactile, volant V09).

CODE : 12n (EXP2)

- L'« amusement » s'avère être une émotion détectable par des indicateurs physiologiques et comportementaux. Dans l'EXP2, cette émotion a été lié prioritairement au contexte plus qu'au produit.

CODE : 13l (EXP2)

- Comme vu précédemment, des différences ont été notées entre les populations Française et Brésilienne sur les aspects culturels notamment sur la durée d'usage journalier du véhicule. Cependant, aucune variation concernant les émotions (expressions faciales et expressions gestuelles) n'a été identifiée entre ces deux groupes dans le cadre de l'EXP2.

CODE : 14q (EXP2)

- Lors de l'analyse comportementale de l'interaction entre le produit et l'utilisateur, nous avons identifié que certaines particularités de forme, matériau ou texture, peuvent contribuer à « l'impulsion au toucher » (IT).

CODE : 15n (EXP2)

- Les pics de fréquences cardiaques reliés à des dilatations pupillaires (*voir Figure 79*) ont été retrouvés pour tous les volants de l'EXP2, en remarquant la

plus grande fréquence pour les volants V10, V08 et V07. Cependant, ces réactions physiologiques ne sont pas forcément liées aux caractéristiques produit (volants) mais éventuellement au contexte.

CODE : 17I (EXP2)

- Pour le Toucher Orthogonal (TO), le Toucher Tangentiel (TT) et le Toucher Orthogonal et Tangentiel combiné (TO/TT) sur l'ensemble des volants, l'impact émotionnel reste similaire (*voir Annexe 4-B*). Certains volants portent des valeurs émotionnelles (expressions faciales) légèrement différentes, mais toujours homogènes. Le volant V09 constitue le cas le plus contrasté de l'analyse émotionnelle. Ce volant correspond par ailleurs aux textures les plus originales (*voir l'analyse descriptive de textures sur l'EXP3D*).

Résultats globaux relatifs à la dimension technique :

CODE : 18v (EXP3)

- Dans l'analyse descriptive de textures sur les 7 échantillons de volants, l'échelle de texture appliquée sur les zones « centre » et « poignées » a été la « macrotexture » alors que dans les zones « déco » il s'est agi de la « microtexture ».

CODE : 19u (EXP3)

- Il y a une tendance à considérer que la dissipation thermique sur la surface du produit est plus importante si la rugosité de cette surface est plus grande. Cependant, existe d'autres variables techniques liés aux matériaux qui peuvent influencer dans cette relation (thermodynamique).

CODE : 22r (EXP3)

- Lors de l'analyse descriptive des textures (EXP3D, 7 échantillons volants) nous avons observé que l'échelle de texture qui s'applique sur les zones « centre » et « poignées » est la « macrotexture » et celle qui est liée aux zones « déco » est la « microtexture ».

CODE : 22t (EXP3)

- Dans l'analyse descriptive de textures, nous avons identifié que la densité des éléments paramétrisés de macrotextures (*voir Figure 111*) n'est pas liée aux valeurs de rugosité moyenne arithmétique (Ra) (exemple volant V06 et V10). Cette analyse de la densité dans l'EXP3D se base sur l'axe X,Y et la rugosité (Ra), dans l'EXP3A, sur l'axe X,Z.

Résultats globaux relatifs à la relation entre les dimensions technique et visuo-tactile :

CODE : 20j (EXP3 sur EXP2)

- La variation de la dureté de surface des échantillons (EXP3B) n'a pas été reconnue par les utilisateurs pendant l'EXP2 et n'est donc pas significative.

CODE : 21q (EXP3 sur EXP2)

- La variation de dissipation thermique entre les échantillons correspond à un gradient maximal de 12% entre le plus conducteur et le moins conducteur de chaleur au bout de 5 minutes de réchauffement (EXP3C). Cette variation n'a pas été perçue par les utilisateurs pendant l'EXP2 sur un protocole engageant 1 minute d'interaction visuo-tactile. Cela correspond environ à 90% de la température maximale de l'EXP3. En d'autres termes, la différence de confort thermique entre les volants automobiles a été difficile à percevoir par l'utilisateur.

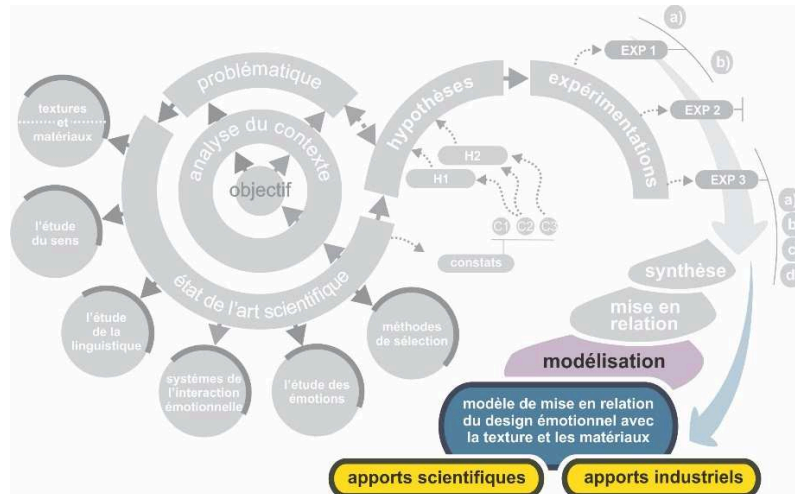
CODE : 22p (EXP3 sur EXP2)

- Les macrotextures « régulières » de « densité élevée » ont été considérées comme plutôt agréables au toucher pour la moyenne de la population totale lors de l'EXP2.

CODE : 22q (EXP3 sur EXP2)

- Les macrotextures « originales » (Volant V09) ont été explorées prioritairement par toucher tangentiel (TT) lors de l'EXP2.

Dans le chapitre 4 nous avons présenté le modèle de mise en relation du design émotionnel avec la texture et les matériaux. Cette présentation s'accompagne de considérations autour des analyses sur les expérimentations discutées ci-dessus.



Chapitre 4 : MODELE DE MISE EN RELATION DES DIMENSIONS DU DESIGN EMOTIONNEL AVEC LA TEXTURE ET LES MATERIAUX

- 4.1 Structure et corrélations
- 4.2 Discussions sur le modèle
- 4.3 Apports scientifiques et industriels

4 : MODELE DE MISE EN RELATION DES DIMENSIONS DU DESIGN EMOTIONNEL AVEC LA TEXTURE ET LES MATERIAUX

Dans le chapitre 4, nous présentons un modèle de mise en relation des dimensions du Design émotionnel avec la texture et les matériaux. Ce chapitre est divisé en trois parties. Dans la première partie (4.1) nous montrons la structure des données en considérant un « réseau de corrélations » entre les dites dimensions. L'interprétation de ce réseau a permis de créer et de présenter le modèle de mise en relation des différents variables. Dans la deuxième partie (4.2), nous discutons le modèle. Dans la troisième partie (4.3), nous présentons les apports scientifiques et industriels à partir du modèle.

4.1 Structure et corrélations

Un modèle structurel synthétisant l'ensemble des corrélations issues de toutes les expérimentations a élaboré (*voir la Figure 112*). Ce modèle formalise donc le réseau de l'ensemble des corrélations, en mettant particulièrement l'accent sur les relations Sémantique-Sensoriel-Emotionnel avec la texture et les matériaux.

Ainsi, la contribution de chaque expérimentation est mentionnée à travers les légendes de couleurs. Les corrélations les plus nombreuses sont apportées par l'EXP2 avec 71% des variables comprises.

Le modèle de référence initial présenté Figure 112, propose l'interaction de six entités : Population, Contexte, Matériaux et Textures, Descripteurs, Méthodes et Données.

Réseau de corrélations

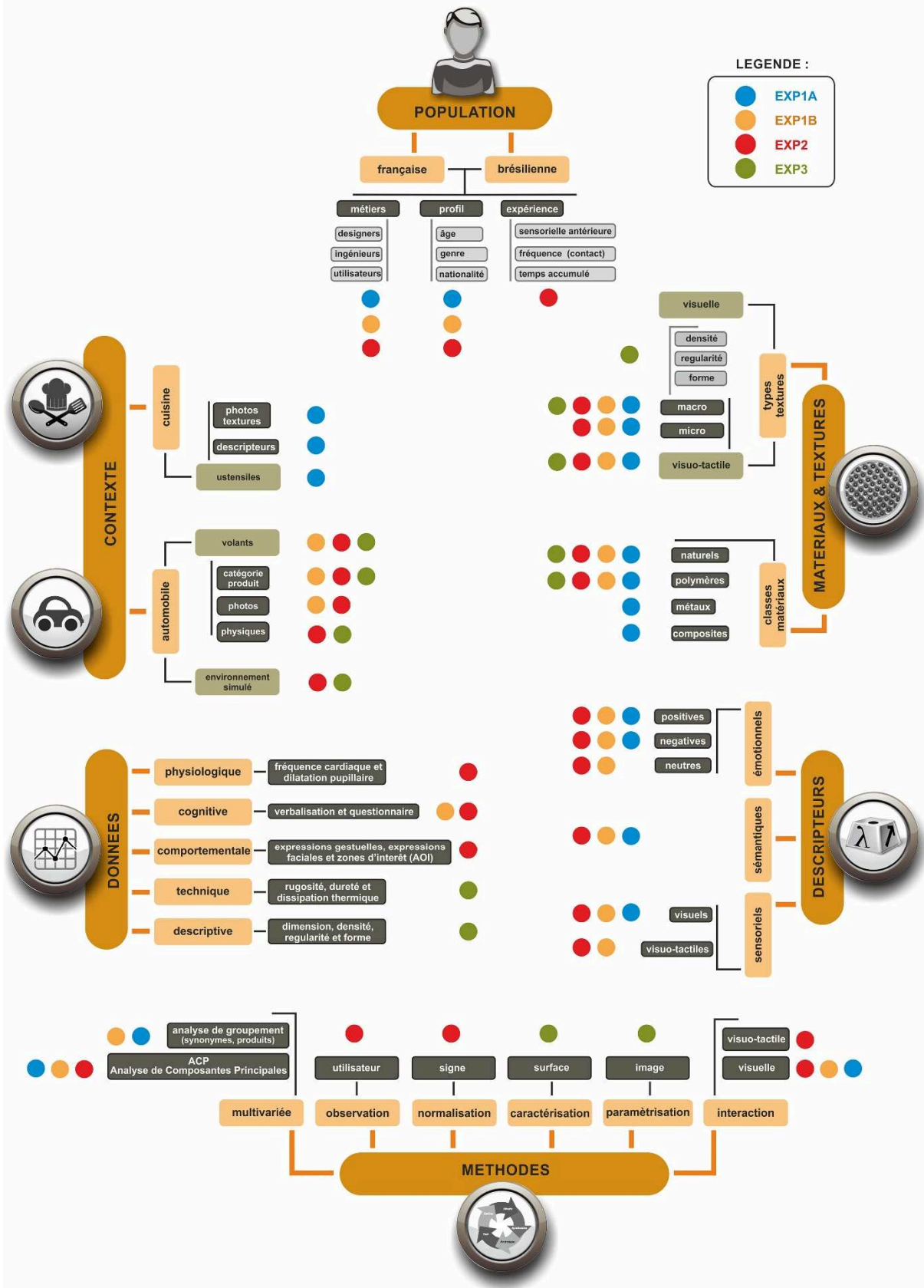


Figure 112 : Réseau de corrélations de variables dans le cadre des expérimentations.

Le critère « population » a été pris en compte afin de comparer les deux nations, sur les aspects géographiques, culturels, métiers et l'expérience utilisateur par les activités liées aux secteurs produits.

Nos critères majeurs ont été les matériaux et les textures. La qualité perçue par l'utilisateur relative aux surfaces des produits (macrotextures) a constitué un facteur clé de l'analyse. Par conséquent, le critère « descripteurs », ainsi que le critère « méthodes » et « données » ont également été prépondérants.

L'influence de descripteurs préalablement sélectionnés SSE, Sensoriels, Sémantiques et Emotionnels dans le contexte de macrotextures a permis une analyse approfondie d'après les aspects cognitifs et comportementaux. D'autres analyses ont été mise en place en intégrant l'ensemble des données : aspects physiologiques de l'utilisateur, propriétés techniques de matériaux et textures et données descriptives de textures.

Tout aussi important a été le critère « contexte » avec par exemple le secteur automobile et les échantillons de « volants ». Cette interaction contextualisé avec le produit, a permis d'enrichir la recherche et les apports (voir le Chapitre 3.6).

A partir du réseau de relations présenté Figure 112, nous avons pu souligner les corrélations le plus importantes dans l'interaction entre le produit, l'utilisateur et le concepteur.

En considérant les matériaux et les textures comme principales sources d'intérêt, nous avons pu créer un modèle final de mise en relation. Ce modèle a été structuré en deux dimensions (*voir Figure 113*) : la « dimension humaine », avec le concepteur et l'utilisateur comme « individus » et à l'opposé de celle-ci, la « dimension artefact », avec le « produit », représenté à travers des volants comme étude de cas dans ce travail (EXP1B, EXP2 et EXP3).

Cette mise en relation a été établie selon une lecture verticale en consolidant l'axe de « l'interaction » entre les deux dimensions (flèche bipolaire verticale). Cet axe principal met l'accent sur l'importance du matériau et de la texture lors de la perception utilisateur du produit. Elle montre aussi l'importance de la définition et sélection du matériau et de la texture vis-à-vis du produit dans les phases amont de la conception.

Un deuxième axe transversal a été mise en place pour l'axe « concret - abstrait » par rapport aux matériaux et textures. Cet axe là renvoie aux caractéristiques techniques des matériaux et textures à la subjectivité de l'utilisateur sur les aspects sensoriels, sémantiques et émotionnels. A l'opposé, le concepteur peut considérer les valeurs subjectives liées aux macrotextures pour redéfinir des paramètres techniques liés aux finitions dans les phases amont de la conception.

**MODELE MULTIDIMENSIONNEL DE L'INTERACTION
PRODUIT - UTILISATEUR - CONCEPTEUR**
mise en relation du design émotionnel avec la texture

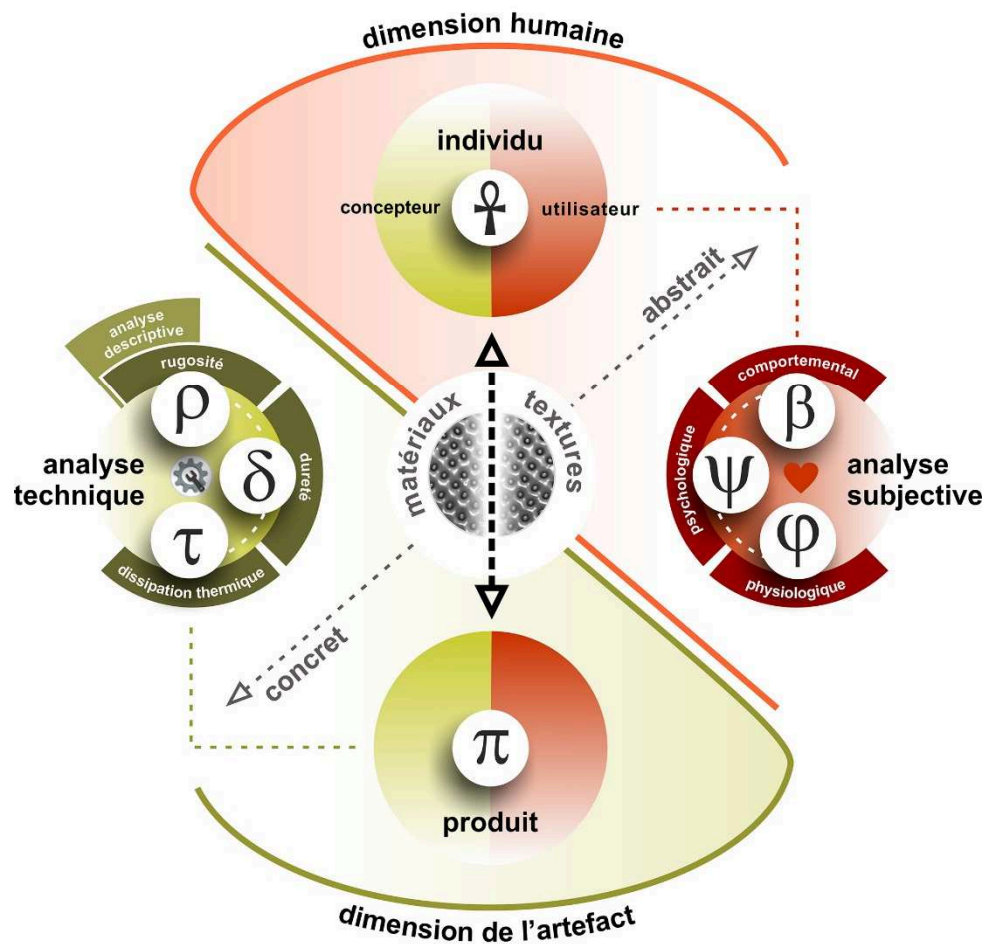


Figure 113 : Modèle multidimensionnel de mise en relation du design émotionnel avec les textures et les matériaux.

Ainsi, sur la gauche (Figure 113) l'analyse technique de matériaux et textures est caractérisée par la « rugosité », par la « dureté », par la « dissipation thermique » et par une « analyse descriptive » de textures liée aux caractéristiques visuelles de la rugosité. Au côté

droit nous avons l'analyse subjective, basée sur les aspects « physiologique », « psychologique » et « comportemental ».

Dans le chapitre suivant, nous discutons le modèle proposé, en caractérisant les avantages et inconvénients potentiels en ce qui concerne son application dans les phases amont de la conception.

4.2 Discussions sur le modèle

A partir du modèle de mise en relation proposé, nous avons établi un axe vertical qui renforce l'existence de deux environnements. A gauche en vert (*Figure 114*), nous identifions le côté technique conduit par le concepteur et dédié à la conception produit avec la sélection des finitions (matériaux et textures). Nous appelons ce côté du modèle « l'hémisphère concret de l'artefact ».

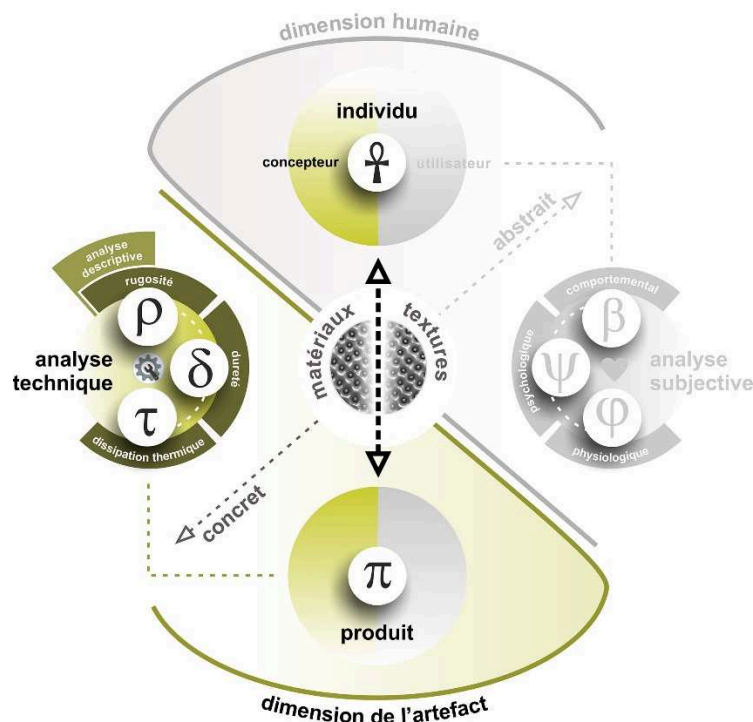


Figure 114 : Hémisphère concret de l'artefact sur le modèle multidimensionnel de mise en relation.

En relation avec l'artefact, le concepteur va prendre des décisions sur les aspects visuo-tactiles du matériau et de la texture qui vont apporter au produit la finition désirée pour attendre les objectifs de conception. Ainsi, la combinaison entre les propriétés techniques de

rugosité et l'analyse descriptive de la texture, ou la dureté et la dissipation thermique du matériau, permettront d'atteindre les aspects visuo-tactiles souhaités du produit. Cependant, la valeur de chaque propriété technique pour atteindre le résultat idéal est encore inconnue par le concepteur. Par conséquent, il a besoin de connaître les facteurs d'influence au niveau visuel et tactile selon chaque contexte. Dans l'exemple de notre étude de cas au secteur automobile, les facteurs d'influence liés aux textures ont été identifiés dans les dimensions sensorielles et sémantiques, en indiquant une rugosité de valeur moyenne, plutôt délicate et chic.

Ce modèle peut guider le concepteur dans phases amont de la conception, en considérant les aspects les plus importants par rapport au ressenti émotionnel de l'utilisateur concernant les matériaux et textures sélectionnés. Il correspond au côté subjectif du modèle (voir Figure 115) et nous l'appelons « hémisphère abstrait humain ».

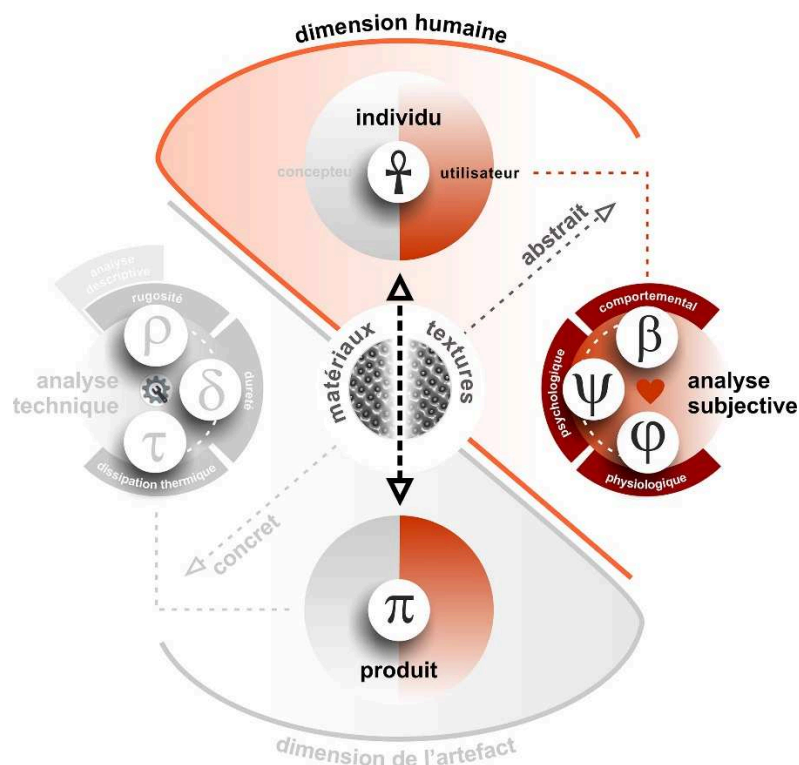


Figure 115 : Hémisphère abstrait humain du modèle multidimensionnel de mise en relation.

Ainsi, du côté droit (en rouge), nous identifions la partie subjective liée à l'utilisateur. Les réactions identifiées à partir des stimuli sensoriels (visuo-tactile) sont analysées aussi que les interprétations cognitives relatives aux matériaux et textures. Ces informations sont

essentielles pour le concepteur afin de comprendre l'impact sur la sélection de matériaux et macrotextures tactiles. L'inconvénient est qu'il n'existe pas une voie précise de mise en relation entre des propriétés techniques et les réactions émotionnelles spécifiques. Ainsi, ce modèle simplifie cette compréhension pour inviter le concepteur dans une interprétation plus générale des valences émotionnelles et des caractéristiques techniques des macrotextures et les matériaux.

L'expérience utilisateur (UX) vis-à-vis d'un produit quelconque, est interprétée ici de manière plus complète que par le simple usage. Cependant, l'impact temporel est presque instantané quand l'aspect esthétique est évalué (design viscéral, NORMAN, 2002). Dans le cadre de l'EXP2 nous constatons que si l'expérience visuo-tactile existe, soit de façon modérée ou prolongée, nous n'identifions pas des différences importantes sur le ressenti émotionnel de l'utilisateur (design comportemental, NORMAN, 2002). Ainsi, dans notre modèle, un « sablier » symbolise la dimension temporelle entre l'individu et le produit (voir Figure 116).

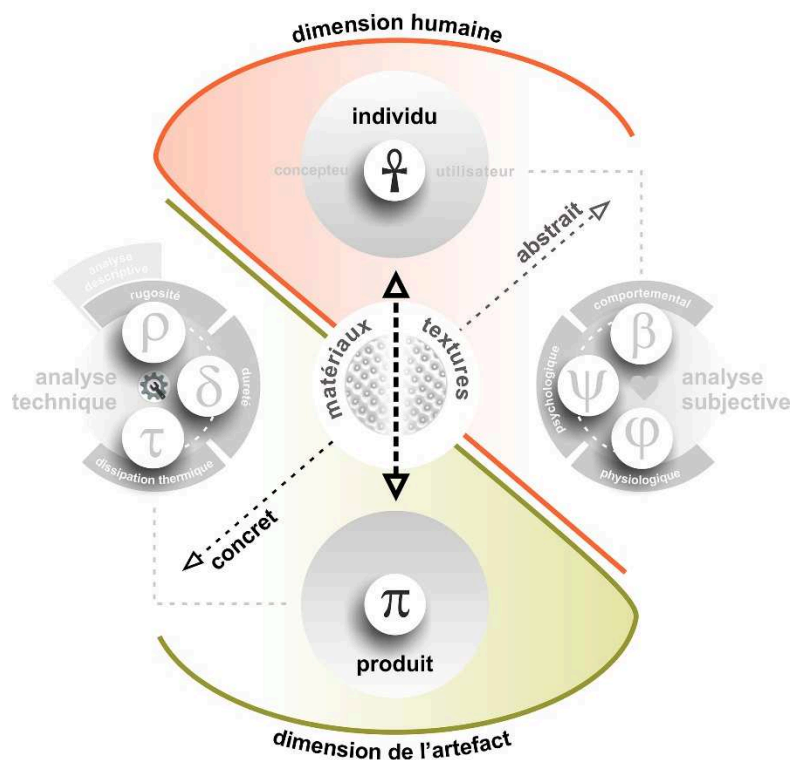


Figure 116 : Relation temporelle sur le modèle multidimensionnel de mise en relation.

A partir de la discussion relative au modèle de mise en relation entre les dimensions du Design émotionnel (SSE) et les matériaux et les textures, nous soulignons les apports scientifiques et industriels dans le chapitre suivant.

4.3 Apports scientifiques et industriels

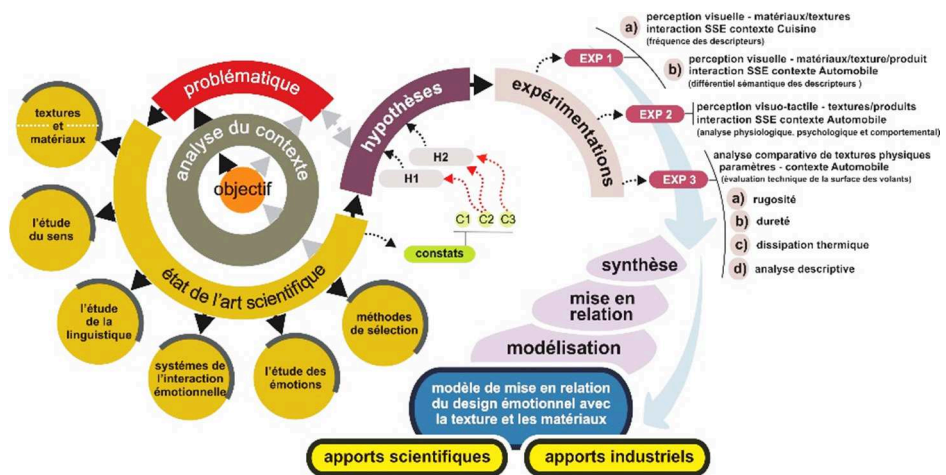
Nous avons démontré par les expérimentations que les variables subjectives appliquées à l'évaluation d'utilisateur pendant l'interaction avec le produit sont essentielles pour valider les spécifications design en conception amont. Ainsi, la mise en relation entre ces variables subjectives et des variables techniques permet d'optimiser, par l'intermédiaire du modèle, la communication entre Designers et Ingénieurs pendant la conception en ce qui concerne la sélection de matériaux et de macrotextures.

Les apports « **scientifiques** », sont les suivants :

- **APP-SC1** : Meilleure compréhension de la valeur subjective dans le processus de conception.
- **APP-SC2** : Intégration d'une approche pédagogique dans les processus d'enseignement académiques de Design Produit.
- **APP-SC3** : Valorisation interdisciplinaire entre les domaines du Design Emotionnel, de la Psychologie de la Perception et de l'Ingénierie des Matériaux.

Dans le domaine « **industriel** », nous proposons les apports suivants :

- **APP-IN1** : Meilleure perception des produits industriels, par rapport aux besoins réels des utilisateurs.
- **APP-IN2** : Meilleure compréhension des finitions par rapport aux macrotextures appliquées au produit.
- **APP-IN3** : Contrôle du ressenti émotionnel de l'utilisateur à partir des caractéristiques visuo-tactiles appliquées aux macrotextures tactiles du produit.
- **APP-IN4** : Potentiel réel de réussite commerciale sur la finition produit.



Chapitre 5 : CONCLUSION

- 5.1 Apports globaux
- 5.2 Conclusion générale
- 5.3 Suggestions pour la poursuite de la recherche

5 : CONCLUSION

La conclusion de ce travail de thèse se divise en trois parties qui sont les suivantes :

- Les « **Apports globaux** », qui nous avons identifiés à partir des résultats expérimentaux en réponse à la problématique et aux hypothèses.
- La « **conclusion générale** », qui apporte une vision universelle sur le modèle en soulignant les applications potentielles en conception amont.
- Les « **suggestions pour la poursuite de la recherche** », qui indiquent des possibilités d'enrichissement de ce travail à différents niveaux.

5.1 Apports globaux

Dans le cadre de cette thèse, lors de l'interaction produit en contexte automobile, nous avons cherché à mettre en relation les aspects subjectifs liés à l'utilisateur et les caractéristiques techniques du produit au niveau des finitions en ce qui concerne les matériaux et les textures.

La relation transdisciplinaire (T) de ce travail (Design, Ingénierie et Psychologie) a impliqué la prise en compte de domaines spécifiques à considérer dans notre modèle de mise en relation (voir Figure 117).

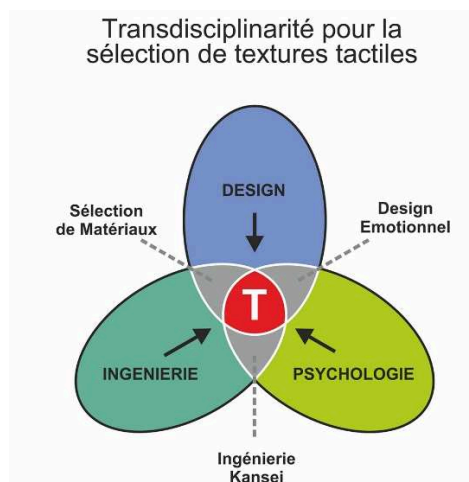


Figure 117 : Relation transdisciplinaire Design-Ingénierie-Psychologie.

De manière complémentaire, les variables liés aux utilisateurs, guidés par leurs besoins et exigences, ainsi que les variables liés aux concepteurs, ont été fusionnées dans un modèle unique de mise en relation de dimensions du Design émotionnel avec les Matériaux et les Macrotextures.

A partir de ce modèle, nous avons identifié la problématique de la recherche suivante : « Comment définir une modèle de mise en relation des dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles relatives à la macrotexture en contexte industriel ? ». Nous avons répondu à cette question de recherche en élaborant deux hypothèses et en les testant dans les cadres des expérimentations.

Nous avons validé partiellement l'hypothèse H1 : « l'impact émotionnel provoqué par les macrotextures tactiles est influencé par les propriétés des matériaux et les caractéristiques utilisateurs », lors de la mise en relation des différentes expérimentations. Dans le cas des « volants automobiles », la « forme » a été plus influente que les « macrotextures » en termes d'impact émotionnel (EXP1B). Ainsi, les « propriétés des matériaux » ont eu une influence partielle sur les émotions ressenties (impact moyen). En effet, la rugosité et la dureté ont été impactées plus par descripteurs sensoriels et sémantiques. En revanche, l'échelle d'agréabilité comprise entre le « volant idéal » et les volants opposés (groupe indifférent – ACP émotionnel EXP1B) a été également corrélée aux descripteurs sensoriels et sémantiques dans l'EXP1B et l'EXP2. Par conséquent, cette corrélation multidimensionnelle (SSE) a été validée par l'analyse physiologique, psychologique et comportementale (EXP2) auprès des utilisateurs. L'interprétation de cette corrélation SSE a permis de caractériser les valences émotionnelles liées aux volants ou à des composants spécifiques (poignée, centre, boutons, etc.).

Concernant l'hypothèse H1, les ACP montrent que les interprétations « cognitives » sur les classes de matériaux (métaux, naturels, polymères, etc.) affectent la signification des matériaux (EXP1A). Un exemple est le lien sémantique entre les descripteurs « esthétique », « attrayant », « élégant » et les matériaux « bois » et « cuir » (classe naturels). Pour l'utilisateur, ce ne sont pas les propriétés techniques des matériaux qui importent, mais la signification que la matière ou la forme va susciter, dans ce cas, les émotions positives telles que le « désir » ou le « plaisir ». Le volant « V07 » est un exemple pour lequel la forme prédomine sur la texture dans le plan émotionnel. Malgré le matériau de revêtement en cuir (considéré positif, EXP1A), le volant est globalement négatif. Sa forme n'est cependant pas contemporaine (design déprécié), ce modèle étant le plus ancien des échantillons.

Le volant « V10 » est un autre exemple où la simplicité de la forme est sémantiquement proche du volant idéal, malgré sa distance de descripteurs émotionnels positifs (EXP1B). En revanche la modification de matériaux (considérés plus attrayants) et de textures (considérés plus inhabituelles et agréables au toucher) sur la même forme (EXP2) peut valoriser la qualité perçue du produit en le reliant au descripteur émotionnel « plaisir ».

Le facteur surprise relatif à un produit innovant peut apporter une valeur ajoutée sur le plan émotionnel (LUDDEN et al, 2004). Les caractéristiques relatives à la population n'ont pas influencé les réactions émotionnelles.

Concernant l'hypothèse H2, nous avons validé l'applicabilité du modèle sur les deux dimensions subjective et technique. La dimension technique dans le cadre de l'EXP3 a amené des incongruences sensorielles (ACP - EXP2). Ces incongruences correspondent à un manque d'harmonie entre la perception humaine et les propriétés techniques des échantillons telles que la dureté ou la dissipation thermique. En synthèse, la comparaison entre la perception sensorielle et la valeur mesurée techniquement, appelle à des nouvelles évaluations dans différents contextes avec différents matériaux, différentes textures, différents environnements et différents profils de population. Ces nouveaux contextes permettent de comprendre plus clairement les variables affectées par cette relation.

Cependant, nous notons une certaine harmonie dans la mise en relation entre la rugosité et l'analyse descriptive de textures. La « rugosité » impacte la « sémantique » dans le contexte de l'hypothèse H2. Par exemple, les volants avec les surfaces plus « rugueuses » ont été classés comme « modestes », « classiques », « simples » et « grossiers ». Par contre les volants avec les surfaces plus « lisses » (ou moins rugueuses, tandis que nous parlons de macrotextures tactiles) ont été classés comme « modernes », « sophistiqués » et « délicats ».

L'ensemble des expérimentations liées au recueil d'informations avec des populations Française et Brésilienne (EXP1A, EXP1B et EXP2) aboutit à une certaine fiabilité grâce à un échantillonnage robuste (150 personnes). Grâce à une quantité importante de résultats et de multiples variables, nous avons appliqué un traitement statistique avec des outils tels que l'ACP (Analyse de Composantes Principales). Cet outil a permis de croiser de nombreuses données en présentant des mapping et en soulignant les résultats importants. La visualisation des données croisées a été réalisée grâce au logiciel Noldus Observer XT.

5.2 Conclusion générale

L'objectif d'identification de paramètres de design pour aider le concepteur au choix de matériaux dans les phases amont de la conception a été rempli. Ces paramètres ont été guidés par les dimensions sensorielles, sémantiques et émotionnelles. Dans ce sens, nous avons créé un modèle de mise en relation de variables subjectives et techniques. Ce modèle nous a permis d'extraire des informations subjectives concernant les valences affectives liées à l'interaction produit, sur la base de dimensions SSE, grâce à des outils d'analyse physiologique, cognitive et comportementale. Ainsi, nous avons comparé les résultats qualitatifs avec des variables techniques et descriptives sur les macrotextures.

Le résultat de la phase expérimentale et de la mise en relation des expérimentations montre que le modèle proposé, permet de recueillir et croiser des informations dans l'interaction utilisateur-produit.

En synthèse, le modèle apporte au concepteur une meilleure compréhension de la relation entre les variables subjectives telles que dimensions SSE et les caractéristiques techniques de la macrotexture.

D'un point de vue macroscopique, nous avons cherché par ce modèle la diffusion d'une nouvelle culture industrielle, visant la valorisation de la dimension utilisateur dans la prise de décision par rapport à la finition produit.

Dans les principaux aspects valorisés par le modèle de mise en relation, nous avons souligné les plus importants pour aider les concepteurs dans les phases amont de la conception :

- Parmi les dimensions SSE, la « sémantique » a été la plus impactée par la dimension technique.
- L'analyse technique de la « rugosité » a présenté le plus d'opportunités par une démarche de conception.
- Le paramètre visuel relatif à la densité des éléments de macrotextures (grains) impacte sur la dimension émotionnelle (EXP3D, Figure 111). Plus la densité de ces éléments est grande, plus l'impact sur l'interaction visuo-tactile est favorable, en considérant toujours l'échelle de la macrotexture pour le secteur automobile.
- L'impact émotionnel fort n'a pas été très évident dans notre contexte d'interaction utilisateur-produit en secteur automobile. Toutes les influences significatives ont été associées au sentiment de « plaisir » et d'« amusement ».

- Les « matériaux » et les « macrotextures » ont été considérés comme indissociables lors de la perception utilisateur sur les dimensions sensorielle et sémantique. La « forme » du produit a été la plus déterminante concernant le ressenti émotionnel.
- Dans l'analyse comportementale utilisateur, chaque type de toucher a été lié à une intensité exploratoire de la surface, correspondant aux 3 propriétés techniques évaluées (rugosité, dureté et dissipation thermique). Nous n'avons détecté d'émotions particulières liées aux types de toucher lors de l'interaction produit.
- Le toucher tangentiel (TT) est plus fortement associé aux volants classés comme possédant les matériaux préférés, les textures préférés et les points de regard préférés (AOI) sur la majorité des volants.

Considérant les limitations du modèle, nous avons présenté dans le chapitre suivant des suggestions pour la poursuite de la recherche menée dans ce travail.

5.3 Suggestions pour la poursuite de la recherche

La poursuite de la recherche afin d'enrichir et de faire évoluer le travail peut se situer à différents niveaux, en s'appliquant en différents contextes. Nous présentons 3 suggestions d'enrichissement pour la suite :

- Nous suggérons l'addition d'une nouvelle dimension expérimentale pour la mise en relation du modèle, au niveau numérique, en intégrant un environnement immersif (RV) pour l'analyse perceptive.
- L'analyse de l'importance du contexte : la limite de notre recherche est qu'elle se situe dans le contexte « automobile », ou celui des « ustensiles de cuisine ». La validité dans différents contextes n'a pas été pleinement validée. En revanche, chaque expérimentation a été enrichie chronologiquement par des différents variables tels que les descripteurs SSE, les données physiologiques, cognitives, comportementales et techniques.
- Nous suggérons de faire évoluer le modèle conceptuel vers une méthodologie de conception plus détaillée pour répondre au besoin industriel, en ayant la possibilité d'appliquer un protocole précis et universel en conception produit quel que soit le contexte.

REFERENCES:

A

ACKERMAN, Diane. **Uma História Natural dos Sentidos**, Editora Bertrand Brasil, 2º ed. São Paulo, 1996.

AHA, American Heart Association. **Target Heart Rates**, in : http://www.heart.org/HEARTORG/HealthyLiving/PhysicalActivity/FitnessBasics/Target-Heart-Rates_UCM_434341_Article.jsp#.VqeFyCorKhd - accédé en janvier 2015.

ALEXANDRE, Victor. **Les échelles d'attitude**. France: Editions universitaires. 1971.

AN-HSUAN, Tai. **Sementes do Cerrado e Design Contemporâneo: Proposta de estudo estético-morfológico comparativo para o ensino do design e da arquitetura**. Goiânia, Universidade Federal de Goiás, 1999.

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. **Materials and Design: the Art and Science of Material Selection in Product Design**. Reino Unido: Elsevier Butterworth Heinemann, 336 p. 2002.

ASHBY, Michael; SHERCLIFF, H ; CEBON, D. **Materials engineering, science, processing and design**. Oxford: Elsevier; 2007.

ASHBY, Michael. **Materials Selection in Mechanical Design**. 4º Ed. Oxford: Elsevier; 2011.

ASM HANDBOOK. **Materials Selection and Design**. Edited by: Dieter, George E. - ASM International. Volume 20. 901 p. 1997.

B

BACK, N. ; OGLIARI, A., DIAS, A. ; SILVA, J. C. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. São Paulo, Ed. Manole, 2008.

BALLONE, G.J. **Percepção e Realidade: Curso de Psicopatologia, Parte 1 e 2**. Disponible en <http://www.psiqweb.med.br>, (accédé en 22/11/2012).

BARD, P. **A diencephalic mechanism for the expression of rage with special reference to the central nervous system.** American Journal of Physiology, 84, 490-513.1928.

BASTOS, M. C. ; **Emoção e Cognição : questões a partir de duas perspectivas.** Dissertation de Master, Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 1991.

BASSEREAU, J. F. ; CHARVET-PELLO, R. ; **Dictionnaire des mots du sensoriel.** Lavoisier, Paris, 2011.

BASSEREAU, J. F; DUCHAMP, R. **Métrologie Sensorielle, Ou comment mesurer la perception de l'objet?** Congrès International de Génie Industriel de Montréal. Volume 1 - La productivité dans un monde sans frontières. 1995.

BASSO, José Luiz. **Engenharia e Análise do Valor.** Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais. São Paulo: IMAM. 1991.

BHATTACHARYA, Arijit ; GERAGHTY, John; YOUNG, Paul. **Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment.** *In journal : Applied Soft Computing.* 2010.

BAUDRILLARD, Jean. **O Sistema dos Objetos.** Editora Perspectiva, 4º Ed., São Paulo, 2004.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto - Guia Prático para o Desenvolvimento de Novos Produtos.** São Paulo, Editora Edgar Blücher, 1998.

BERG, R. L., BEEBE-CENTER, J. G. **Cardiac startle in man.** Journal of Experimental Psychology, vol. 28(3), p 262-279. 1941.

BERGERET, L. ; BASSEREAU, J-F. ; AOSSAT, A. **Designing identity of a new material: a new product design approach.** *In Design Research Society Conference,* UK, 2008.

BERTHIER, Jean. **Véhicules et routes.** *In: Journal Techniques de l'ingénieur.* Editions T.I. France, 1991.

BONSIEPE, Guy. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial.** Brasília, CNPq / Coordenação Editorial, 1984.

BOUCHARD, Carole; LIM, Dokshin, AOSSAT, Améziane. **Development of a KANSEI ENGINEERING SYSTEM for industrial design - Identification of input data for KES.** Journal of the Asian Design International Conference. Tsukuba, Japan. 2003.

BOUCHARD Carole, OMHOVER Jean-françois, MOUGENOT Céline, AOUSSAT Améziane.
A Kansei Based Image Retrieval System based on the Conjoint Trends Analysis Method.
IASDR'07 International Association of Societies of Design Research - Hong-Kong PolyU, 2007.

BOUCHON-MEUNIER, Bernadette. **Evaluation subjective. : Méthodes applications et enjeux.** Les cahiers des clubs Crin, Association Ecrin. 1997.

BOULANGER, H.; FERRAGE, A.; JASKOWIAK. A. L.; LOUIS, J.; PENSE-LHERITIER, A.M.
Réalisation d'une cartographie des préférences tactiles sur des pièces automobiles : le volant.
Actes de CONFERE 2006, Marrakech, Maroc, 2006.

C

CANNON, W.B. **The James-Lange theory of emotions: A critical examination and an alternative theory.** American Journal of Psychology, 39, 106-124, 1927.

CARLSON, R. A. ; **Consciousness and the information processing framework.** *In Experienced cognition* (pp. 21-44). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1997.

CONRAN, Sebastian. **Creating Value - Keynote Address.** *In : International Conference - The Art of Plastic Design, Session 1 - The creative design process*, Berlin, Germany. 2005.

COURONNE, Thomas. **De la prise d'information visuelle à la formation d'impressions : apports de l'oculométrie pour l'étude des processus de la perception et de la cognition visuelle des objets manufacturés.** Thèse, Université Joseph Fourier, Grenoble. 2007.

CROSS, Nigel. **Science and Design Methodology: A Review.** *In : Research in Engineering Design*, Volume 5, Issue 2, pp 63-69. 1993.

CROSS, Nigel. **Engineering design methods: strategies for product design.** 3rd ed. John Wiley & Sons Ltd, England. 2005.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Design and Order in Everyday Life.** : in *Design Issues*. Vol. 8, No. 1. pp. 26-34, 1991.

CSILLAG, João Mario. **Análise do Valor.** São Paulo: Atlas, 1995.

D

DAMÁSIO, António R., **O Erro de Descartes: Emoção, Razão e Cérebro Humano**, Mem Martins: Publicações Europa-América, 1994.

DAMASIO, António. **Fundamental Feelings**. Nature n°413, pp 781, 2001.

DAMAZIO, V and MONTALVÃO, C. **Design Ergonomia Emoção**. Edit. Mauad. 128p. 2008.

DESCARTES, René. **Les Passions de l'âme**. Ed. 1649.

DESMET, P.M.A. ; OVERBEEKE, C. J. ; TAX, S.J.E.T. **Designing products with added emotional value : development and application of an approach for research through design**. The Design Journal 4 (1), 32-47, 2001.

DESMET, P.M.A.; HEKKERT, P. **The Basis of Product Emotions**. In: GREEN, W.; JORDAN, P. (eds) *Pleasure with Products, beyond usability*. London: Taylor & Francis, 2002.

DESMET, P.M.A. **Three Levels of Product Emotion**. In: C. Bouchard, A. Aoussat, P. Levy, & T. Yamanaka (Eds.), *The Proceedings of the Kansei Engineering and Emotion Research (KEER) International Conference 2010, Paris (France)*. pp.238-248. 2010.

DESMET, P.M.A. ; VASTENBURG, M.H. ; VAN BEL, D. ; ROMERO, N. ; **PICK-A-MOOD Development and application of a pictorial mood-reporting instrument**. In: *8th International Conference on Design and Emotion - 2012*, UK, 2012.

DAY, R. H. **Tópicos Básicos em Psicologia: Percepção Humana**. Rio de Janeiro. Livros técnicos e científicos Editora Ltda. 1972.

DAZY, Frédéric ; LE BARZIC, Jean-François. **L'analyse des données évolutives – méthodes et applications**. Editions Technip. Paris, 1996.

DIAS, Maria Regina Álvares Correia. **Percepção dos materiais pelos usuários: modelo de avaliação Permatius**. Thèse de Doctorat - UFSC, EGC, Florianópolis, 2009. 280p.

DISCHINGER, M. C. Torri; COLLET, Iara Barata; KINDLEIN, Wilson Jr. **Desenvolvimento de texturas como contribuição ao design emocional**. 7º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design – P&D Design 2006. Curitiba – PR, Brasil, 2006.

DONDERO, Maria Giulia. **La sémiotique visuelle entre principes généraux et spécificités**. In : *Nouveau Actes Sémiotiques*, Presses Universitaires de Limoges. Février, 2010.

DOORDAN, Dennis P. **ON MATERIALS**. DESIGN ISSUES, N. 19, 2003, P. 3-8.

E

ECO, Umberto. **Semiótica e filosofia da linguagem**. Lisboa: Instituto Piaget, 1984.

EKMAN, P. **Are there basic emotions ?** Psychol. Rev., 99 : 550-553, 1992.

EKMAN, P. **Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life**. Holt Paperbacks; 2nd edition, 2007.

ERICSSON, K.A.; SIMON, H.A. **Protocol Analysis: Verbal Reports as Data**. Cambridge, MA:MIT Press, 1993.

F

FAGIANI, R. **Tribological activation of tactile receptors by vibrations induced at the finger contact surface**. Thèse de Doctorat. INSA – Lyon, 2011.

FALLER, Roberto da Rosa ; SCALETSKY, C. C. ; KINDLEIN JR., Wilson . **Structure for a Material Informational Database: A Material Selection Tool for Project Development.. In: Design and Emotion 2010 Conference**, Chicago. Design and Emotion 2010.

FALLER, Roberto da Rosa. **Engenharia e Design: Contribuição ao estudo da seleção de materiais no projeto de produto com foco nas características intangíveis**. Dissertação de Mestrado - PPGEM-UFRGS, Brasil. 2009.

FALLER, Roberto da Rosa ; KINDLEIN JR., Wilson ; COSTA, F. C. X.. **Proposition of a Model for Elucidating Emotions: A Tool in Project Development.. In: Design and Emotion 2010 Conference**, Chicago. Design and Emotion, 2010.

FCBA. **Sens Unik – Expériences sensorielles**. Editeur FCBA. 1^{ère} édition, France, 2007.

FERRANTE, Maurício. **Seleção de Materiais**. Editora da UFSCar, São Carlos – SP, 1^o ed. 1996.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Miniaurélio Eletrônico versão 5.12**. 7º edição, editora Positivo, 2004.

FIALHO, Francisco A. Pereira. **Uma Introdução à Engenharia do Conhecimento**. Não publicado. Apostila - UFSC/PPGEP. 1999.

FILHO, João Gomes. **Gestalt do Objeto: Sistema de Leitura Visual da Forma**. Escrituras Editora, 7ºed. – São Paulo. 2004.

G

GAGALOWICZ, A. "**Vers un modèle de textures**", Thèse de doctorat univ. Pierre et Marie Curie, Paris V, mai, 1983.

GARCIA-ROZA, Luiz Alfredo. **Psicologia Estrutural em Kurt Lewin**. Petrópolis: Editora Vozes. 1972.

GARRETT, Jesse James. **The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web**. Peachpit Press. 1^{ère} édition, 2002.

G HO, Amic ; SIU, K. W. Michael. **Emotionalise Design, Emotional Design, Emotion Design : A new perspective to understand their relationships**. in : *International Association of Societies of Design Research*. Seoul, South Korea, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3ºed. São Paulo: Atlas, 1996.

GOMEZ, Georgina Villafañe. **Educación visual, conocimientos básicos para el diseño**. Ed. Trillas, 2007.

GUANABARA, A. S. ; SILVA, E. S. A. ; PLATCHECK, E. ; KINDLEIN JUNIOR, W. **Proposta de uma metodologia para o desenvolvimento de produtos baseados no estudo da Biônica**. P&D Design, Brasília, 2002.

GUERRA, Anne Sophie. **Métrologie sensorielle dans le cadre du contrôle qualité visuel**. Engineering Sciences. Université de Savoie, 2008.

GRAHAM, F. K., & CLIFTON, R. K. **Heart-rate change as a component of the orienting response**. *Psychological Bulletin*, 65, 305–320., 1966.

H

HAEFKE, H., GERBIG, Y., DUMITRU, G., ROMANO, V. **Microtexturing of functional surfaces for improving their tribological performance**, Proceedings of the International Tribology Conference, Nagasaki, 2000.

HASSENZAHL, Marc. **The Thing and I: Understanding the Relationship Between User and Product** : *In Funology: From Usability to Enjoyment (Human-Computer Interaction Series)*, pp. 31-42. 2003.

HJELMSLEV, Louis Trolle. **Prolegômenos a uma teoria da linguagem**. São Paulo: Abril Cultural, 1978 - p.195/197.

HUGHES, Barry. **Haptic exploration and the perception of texture orientations**. Haptics-e, Vol. 4, No. 2, April 21, 2006.

I

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, www.ibge.gov.br. (Accédé en janvier 2014).

IDEO. <http://www.ideo.com/work/tech-box/> (Accédé en mars 2013).

J

JAIN, A.K. ; TUCERYAN, M. **"Texture analysis"**, *chapter 2.1 in the Handbook of pattern recognition and computer vision* by C.H.Chen. 1993.

K

KARANA, E and KESTEREN, I V. **'Material effects': The role of materials in people's product evaluations**. (paper) Design&Emotion. 2006.

- KARANA, E. **Meanings of Materials**. Lambert Academic Publishing, Germany, 2010.
- KATZ, D. **The world of touch**. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publisher, USA, 1989.
- KEMP, Simon. **Perceiving luxury and necessity**. *Journal of Economic Psychology* 19, 591-606, 1998.
- KERCKHOVE, Derrick de. **A pele da cultura**. Editora Relógio D' Água, Lisboa, 1º ed. 1997.
- KINDLEIN JÚNIOR, W. et al. **A natureza como fonte de inspiração para a criação e desenvolvimento de texturas aplicadas ao design industrial**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 6º, São Paulo, 13 a 16 de outubro, 2004. Anais do P&D Design. São Paulo: Fundação Armando Alvares Penteado, 2004. CD.
- KINDLEIN JUNIOR, W. ; COLLET, Iara B. ; DISCHINGER, Maria do Carmo T. **Development of tactile perceptive textures as factor of emotion design**. In : *International Conference in Design & Emotion*, Gothenburg : Chalmers, Sweden. 2006.
- KLATZKY, RL & LEDERMAN, S. **Toward a computational model of constraint-driven exploration and haptic object identification**. In : *Perception*, volume 22, 597-621. 1993.
- KREITH, F. **Princípios da Transmissão de Calor**. 3ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1983.
- KRIPPENDORFF, Klaus. **Propositions of Human-centeredness; A Philosophy for Design**. Ph.D. Education in Design – Conference, France. 2000.
- KRIPPENDORFF, K. and BUTTER, R. ; **Semantics :Meanings and Contexts of Artifacts**. In : H.N.J. Schifferstein & P. Hekkert (Eds.) *Product Experience* (pp. 1-25). New York, Elsevier. 2007.
- KUNZLER, Lizandra Stechman Quintana. **Estudo das variáveis de Rugosidade, Dureza e Condutividade Térmica aplicado à percepção tátil em Design de Produto**. Dissertação de mestrado. PPGEM/UFRGS – Porto Alegre. 2003.
- KURTGÖZÜ, Aren. **From Function to Emotion: a Critical Essay on the History of Design Arguments**. Em: *The Design Journal*. Reino Unido: Berg Publishers, V.6, n. 2, p. 49-59, 2006.

L

LAWSON, Rebecca ; BRACKEN, Sarah. **Haptic object recognition : How important are depth cues and plane orientation ?** *In : Perception*, volume 40, pages 576 – 597, 2011.

LEBAHAR, Jean-Charles. **L'activité cognitive du sujet-concepteur**, Actes du colloque : « Le design en question(s) », Centre Pompidou, novembre 2005.

LENNART, Y. Ljungberg ; KEVIN, L. Edwards. **Design, materials selection and marketing of successful products**. *Materials & Design*, Surrey, v.24, n.7 p.519-529, 2003.

LEVY, Pierre. **Beyond Kansei Engineering: The Emancipation of Kansei Design**. *International Journal of Design*, 7(2), 83-94, 2013.

LEWIN, K. **Defining the "Field at a Given Time."** *Psychological Review*; 1943; 50: 292-310. *Republished in Resolving Social Conflicts & Field Theory in Social Science*, Washington, D.C.: American Psychological Association, 1997.

LIMESURVEY. <https://www.limesurvey.org/> (accédé en avril 2014).

LINDSTROM, Martin. **Brand Sense : Sensory secrets behind the stuff we buy**. Free Press, 2010.

LÖBACH, Bern. **Design Industrial - Bases para a Configuração dos Produtos Industriais**. São Paulo, Edgar Blücher, 2001.

LUDDEN, G.D.S., SCHIFFERSTEIN, H.N.J., & HEKKERT, P.P.M.. **Surprises elicited by products incorporating visual-tactual incongruities..** In A Kurtgözü (Ed.), 4th international conference on design and emotion Ankara: METU, pp. 1-16. 2004.

M

MACDONALD, Alastair S. **Aesthetic intelligence: optimizing user-centred design**. *In : Journal of Engineering Design*, 12(1), 37-45. 2001.

MANTELET, Fabrice. **Prise en compte de la perception émotionnelle du consommateur dans le processus de conception de produits**. Thèse LCPI – ENSAM, CER de Paris. 2006.

MANU, Alexander. **Tendências Futuras: A forma acompanha o estado de espírito.** In: Fórum Internacional Design e Diversidade Cultural, Florianópolis, 1995. Anais do Fórum Internacional Design e Diversidade Cultural. Florianópolis: SENAI/LBDI, 1995.

MANZINI, Ezio. **A matéria da invenção.** Editora Centro Português de Design. Portugal, 1993.

MANZINI, Ezio, VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis.** Editora USP, São Paulo, 2002.

MCLUHAN, Marshall. **Inside the five sense sensorium.** Canadian Architect, 6(6), 49-54. 1961.

MIGUELES, Carmen. **Antropologia do Consumo – Casos Brasileiros.** Editora FGV, Rio de Janeiro-RJ, Brasil. 1º edição 2007.

MILLOT, Christine ; ROQUES-CARMES, Claude ; CROCHEMORE, Sébastien. **De l'analyse sensorielle à la corrélation instrumentale ou comment traduire des sensations par une grandeur physique.** In : *Le journal de la recherche et du transfert de l'arc jurassien.* Université de Franche-Comté. 2004.

N

NAGAMACHI, M. ; LOKMAN, A. M. **Innovations of Kansei Engineering.** Boca Raton: CRC Press Inc. 2010

NIEMEYER, Lucy ; ESPOSEL, Julia. **Evaluation of a product under an attitudinal approach.** : *In Design and Emotion Conference,* Sweden, 2006.

NORMAN, Donald A. **Design Emocional: por que Adoramos (ou Detestamos) os Objetos do Dia-a-dia.** Rio de Janeiro: Rocco, 2008.

NORMAN, Donald A. **Emotion and design: Attractive things work better.** Interactions Magazine, ix (4), p. 36-42, 2002.

O

OLIVA, A., MACK, M.L., SHRESTHA, M., & PEEPER, A. **Identifying the perceptual dimensions of visual complexity in scenes.** Proc. of the 26th Annual Meeting of the Cogn. Sci. Soc., Chicago, 2004.

OSGOOD, C. E.; SUCI, G. J. and TANNENBAUM, P. H. **The Measurement of Meaning,** Urbana, IL: University of Illinois Press, 1957.

P

PAHL, G. ; BEITZ, W. **Engineering Design : a systematic approach.** Edited by Ken Wallace. The Design Concil, London. 1988.

PALMGREN, L.M.; NORGREN, P. and SCHMIDT, O. **Materials Library at Konstfack - Phase 2: Initiation and Integration.**(Report), University College of Arts, Crafts and Design. Konstfack, Sweden, 2004.

PIERON, Henri. **La Sensation.** Presses Universitaires de France, Paris, 1953.

PINKER, Steven. **Do que é feito o pensamento: A língua como janela para a natureza humana.** São Paulo: Cia das Letras. 2008.

PLATCHECK, E. R. **DESIGN INDUSTRIAL: Metodologia de Ecodesign para o Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis.** 1º edição, Edit. Atlas, 2012.

PLUTCHIK, R. **The Emotion.** Revised edition, Univerity Press of America, 1991.

POMBO, Fátima ; TSCHIMMEL, Katja. **O Sapiens e o Demens no pensamento do design : A percepção como centro.** In : *Revista Design en Foco*, Universidade do Estado da Bahia. P.63-76. 2005.

R

RAYNER, Keith. **Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search.** The Quarterly Journal of Experimental Psychology, USA, 2009.

RAMIREZ, Isabel *et al.* **Differentiation between protective reflexes: Cardiac defense and startle.** Society for Psychophysiological Research, USA, 2005.

RENAULT et Quinte&sens. **Brochure of the Sensotact tactile reference frame.** <<http://www.sensotact.com>> [accessed 02.02.2009].

RIEUF, Vincent. **Impact de l'expérience immersive sur la prise en compte du kansei en design industriel amont.** (Thèse) Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers - ENSAM, 2013.

ROBERT, Paul. **Dictionnaire le Grand Robert de la langue française.** Version électronique 2.0, 2005. www.lerobert.com

ROUVRAY, Alexandre de ; **Intégration des préférences émotionnelles et sensorielles dans la conception de produits d'ameublement : Proposition d'une méthode d'ingénierie affective.** Thèse LCPI – ENSAM, CER de Paris. 2006.

ROOZENBURG, N.; EEKELS, J. **Product Design: Fundamentals and Methods.** 2nd ed. Chichester: Willey, 1998.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Editora Saraiva, 2006.

S

SANTAELLA, Lúcia. **Semiótica aplicada.** Cengage Learning, São Paulo, 2010.

SANTAELLA, Lúcia. **Imagem, cognição, semiótica, mídia.** 3.ed. São Paulo: Iluminuras, 2001.

SAINT-AIME, Sébastien; LE-PEVEDIC, Brigitte ; DUHAUT, Dominique. **EmotiRob : un modèle d'interaction émotionnelle.** Conference Handicap, Paris. 2008.

SAW, James. **Design Notes.** Palomar College. 2012.

SCHERER, Klaus R. **Appraisal considered as a process of multi-level sequential checking.** In K.R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone (Eds.). *Appraisal processes in emotion: Theory, Methods, Research* (pp. 92-120). New York and Oxford: Oxford University Press.2001.

SCHERER, Klaus R. **What are emotions ? And how cant they be measured ?.** In : *Social Science Information.* SAGE publications, 2005.

SCHUTTE, Simon. **Engineering Emotional Values in Product Design – Kansei Engineering in Development**. Thesis – Mechanical Engineering Department. Linköping University. Sweden, 2005.

SCHUTTE, Simon. **Integration of Affective Engineering in Product Development Processes**, Second First European Conference of Kansei Engineering, 2008, Helsingborg, Sweden. 2008.

SILVA, Everton S. Amaral da. et al. **A importância de modelos físicos para avaliação de texturas no projeto de produtos**. 4º Workshop de Design e Materiais, UEMG, Ouro Preto, 2009.

SILVA, Fabio Pinto da. **O uso da digitalização tridimensional à Laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos**. Dissertação de mestrado – PPGEM UFRGS, Porto Alegre, 2006.

SILVA, F. P. ; BARRIONUEVO ROESE, P. ; KINDLEIN JUNIOR, W. **Texturization of polymeric products and its dependence on materials selection and manufacturing processes**. Review article, UNOPAR, V8 n-1, p65-68. 2009.

SILVA, F. P. ; COLLET, I. B. ; DISCHINGER, M. C. T. ; KINDLEIN JUNIOR, W. **Textures applied to tactile perception in product design : an approach to visual impairment**. In : *16th International Congress on Ergonomics*. Maastricht, Netherlands, 2006.

SNYDER, Dave ; PERILLI, Raubi Marie ; SEEHOUSE, Lizzie ; SPECTOR, Jaime. **Click It with Feeling : Driving Traffic Through Emotional Responses**. Free EBook (www.copyright.com), Copyright, 2012.

SOVEJA, Adriana-Florina. **Modélisation du processus de texturation par faisceau laser : approches expérimentale et numérique**. Thèse en Atomic Physics. Université de Bourgogne. 2007.

STOUT, K. J. **Engineering Surfaces – A philosophy of manufacture**. In press, Paris, 1999.

STOUT, K. J. and BLUNT, L. ; **A contribution to the debate on surface classifications – random, systematic, unstructured, structured and engineered**. In : *International Journal of Machine Tools & Manufactured*. 2001.

SURI, J. F. **The experience of evolution: developments in design practice**. The Design Journal, V6, issue 2, 2003.

T

TOMIYAMA, T.; GU, P.; JIN, Y.; LUTTERS, D.; KIND, Ch.; KIMURA, F. **Design methodologies : Industrial and educational applications.** In *Journal : CIRP Annals – Manufacturing Technology*. Vol. 58, 543-565. 2009.

TZVETANOVA, Sylvia ; TANG, Ming Xi ; JUSTICE, Lorraine. **Design of Emotional Web Interface Using Insite Factors.** : In *Design and Emotion Conference*, Sweden, 2006.

V

VALAN, Francesca. **The evolution of colour in design from the 1950s to today.** Journal of the International Colour Association: 8, 55-60, 2012.

VERDUYN, Philippe; LAVRIJSEN, Saskia. **Which emotions last longest and why: The role of event importance and rumination.** Motivation and Emotion Journal, Volume 39, Issue 1, pp 119-127, Springer, 2015.

VILLAFañE, Justo; MÍNGUEZ, Norberto. **Principios de Teoría General de la Imagen.** Ediciones Pirámide. Madrid. 2002.

X

XERFI, **Institut d'Etudes Economiques Sectorielles**, Bibliothèque Nationale de France, 2014.

Y

YANNOU, Bernard. *Analyse Fonctionnelle et Analyse de la Valeur.*

W

WAGNER, Donald. **Science and Civilisation in China: Vol. 5, Part 11: Ferrous Metallurgy.** Cambridge University Press. p. 361, 2008.

WALTER, A. **Design émotionnel.** Ed. Eyrolles, Paris, 109p. 2012.

WHITE, M.A. **Properties of Materials.** New York: Oxford University Press, 1999.

WONG, Wucius. **Princípios de Forma e Desenho.** Martins Fontes, 2º ed. São Paulo. 2001.

Z

ZUO, Hengfeng; HOPE, Tony; CASTLE, Paul; JONES, Mark. **An investigation into the sensory properties of materials.** In: *The Second International Conference on Affective Human Factors Design*, Singapore 27-29, 2001.

ZAJONC, R. B. **Feeling and thinking: Closing the debate over the independence of affect.** In J. P. Forgas (Ed.), *Feeling and thinking: The role of affect in social cognition* (pp. 31–58). New York: Cambridge University Press, 2000.

ANNEXES

STRUCTURE DES ANNEXES :

ANNEXE 1 [A] - ANALISE D'EXISTANT

- Photos Matériaux FR et BR

ANNEXE 2 [A] - EXP1A

- Briefing de l'expérimentation aux participants

ANNEXE 2 [B] - EXP1A

- Descripteurs sémantiques plus liés aux textures

ANNEXE 2 [C] - EXP1A

- Panel EXP1A – (G1A et G1B)

ANNEXE 2 [D] - EXP1A

- Profil Sémantique EXP1A
- Profil Emotionnel EXP1A

ANNEXE 3 [A] - EXP1B

- Tableau volants automobile

ANNEXE 3 [B] - EXP1B

- Questionnaire - EXP1B

ANNEXE 3 [C] - EXP1B

- Différentiels Sémantiques – tous les volants EXP1B

ANNEXE 4 [A] - EXP2

- Questionnaire - EXP2

ANNEXE 4 [B] - EXP2

- La durée des expressions faciales dans les intervalles des expressions gestuelles

ANNEXE 4 [C] - EXP2

- Représentation graphique NOLDUS – Emotions positives confondues filtrées

ANNEXE 4 [D] - EXP2

- Représentation graphique NOLDUS – Expression Amusant filtré

ANNEXE 4 [E] - EXP2

- Mapping ACP – EXP2

ANNEXE 4 [F] - EXP2

- Tableau de contraste de valeurs entre groupes (FR-BR visuo-tactile)
- Tableau de valeurs détachées par des expressions faciales (FR-BR visuo-tactile)

ANNEXE 4 [G] - EXP2

- Pourcentage des expressions faciales par groupe

ANNEXE 4 [H] - EXP2

- Nuage des mots – verbalisations par expression orale (phase visuel et visuo-tactile)

ANNEXE 5 [A] - EXP3

- Tableau de données – Essai de Rugosité

ANNEXE 5 [B] - EXP3













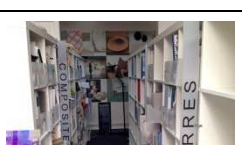


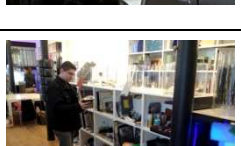
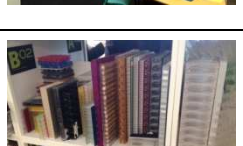
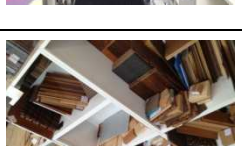




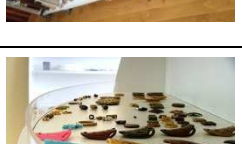

















- Tableau de données – Essai de Dureté

ANNEXE 5 [C] - EXP3

- Tableau de données – Essai Thermique

ANNEXE 1 [A] - ANALISE D'EXISTANT

(Photos Matériauthèques FR ■ et BR ■)

CERTESENS					
ENSAD					
INNOVATEQUE					
MATERIO					
FEEVALE					
UNISINOS					
UCS					
CIENTEC					

ANNEXE 2 [A] - EXP1A
Briefing de l'expérimentation aux participants

SEANCE EXPERIMENTALE

TRAVAIL DE THÈSE DE EVERTON AMARAL

Doctorant à l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers – Paris
Au Laboratoire Conception Produits et Innovation – LCPI/ENSAM, France
Enseignant au cours de Design - DEG/UFRGS et chercheur au LdSM/UFRGS

Liens sémantiques, matériaux et émotions

Cette activité comprend une partie expérimentale de mon travail de thèse (2e année) et s'applique à l'identification de liens sémantiques entre les sphères technique et subjective. Nous proposons une revue bibliographique suivie d'une expérimentation scientifique. Cette mise en relation contribue au développement futur d'une méthode de sélection des textures centrée sur le Design Emotionnel (**BUT DE LA RECHERCHE**).

Nous constatons en effet que les méthodologies de conception de produits ne sont pas explorées en profondeur et en lien avec des mécanismes d'interaction sensorielle, sémantique et émotionnelle (**PROBLEMATIQUE DE LA RECHERCHE**).

L'univers conceptuel de la perception subjective :

SENSORIEL - Stimuli d'interaction physique qui donne lieu à perceptions propres à chaque matière et la texture dans un contexte donné.

SEMANTIQUE - Signification des mots par rapport aux matériaux et textures dans un contexte donné.

ÉMOTIONNEL - Expériences subjectives qui représentent un ressenti, exprimées à la suite d'une sensation physique en ce qui concerne l'utilisation de matériaux et de textures dans un contexte donné.

Ces mécanismes caractérisent une relation importante entre la surface des objets / produits où se produisent les perceptions primaires, et leur interprétation émotionnelle immédiate (design viscéral selon NORMAN, 2002). L'impact affectif de ces interactions (visuelles et tactiles), favorise l'identification de lignes directrices intéressantes pour la conception de nouveaux produits. Ces lignes sont également considérées comme des exigences de design. Elles contribuent à la réussite du produit sur un marché compétitif.

Afin de structurer et démarrer cette expérimentation, nous avons rassemblé au total plus de 1300 mots (descripteurs sémantiques, sensoriels et émotionnels, comme indiqué ci-dessous) liés aux matières et/ou textures (verbes, noms ou adjectifs), reposant sur des bases théoriques. Une sélection pondérée a donné lieu à deux groupes distincts de mots (G1A et G1B) pour la mise en œuvre d'expériences (106 mots associés à 15 textures/matériaux dans chaque groupe).

	Attribute types	Total quantity	Selected attributes Test G1A - Test G1B		Source of attributes
Sensorial	Visual and tactile perceptual attributes	421 words	49 words	48 words	BASSEREAU and CHARVET-PELLO [7], ASHBY and JOHNSON [31], ZUO et al [32], « Semantic differential scale »
Semantic	Meaning Attributes	687 words	27 words	28 words	KARANA [8].
Emotional	primary and secondary emotion Attributes	212 words	30 words	30 words	Labels describing affective states SCHERER [33]; GALC – SCHERER [9].
Materials	Identification	50 words	15 words		(website LdSM/UFRGS) [34]
Sum of descriptors:		1370 words	212 vs 15 materials		

PROCEDURE :

L'activité est réalisée en petits groupes (entre 2 et 10 personnes), mais avec enregistrement individuel pour chaque panneau de 106 mots dans le temps moyen de 45 minutes.

Le participant est invité à remplir son profil à des fins statistiques, en rappelant que toutes les données recueillies seront traitées de manière confidentielle et anonyme.

Il leur est demandé de faire une **lecture attentive** de tous les mots décrits dans chaque univers (sensoriel, sémantique et émotionnel), chaque matériau et son contexte. Après avoir fini de lire le contenu, les participants doivent tracer des liens de façon libre (avec stylo BIC® 4 couleurs) entre les mots et chaque matériau / texture.

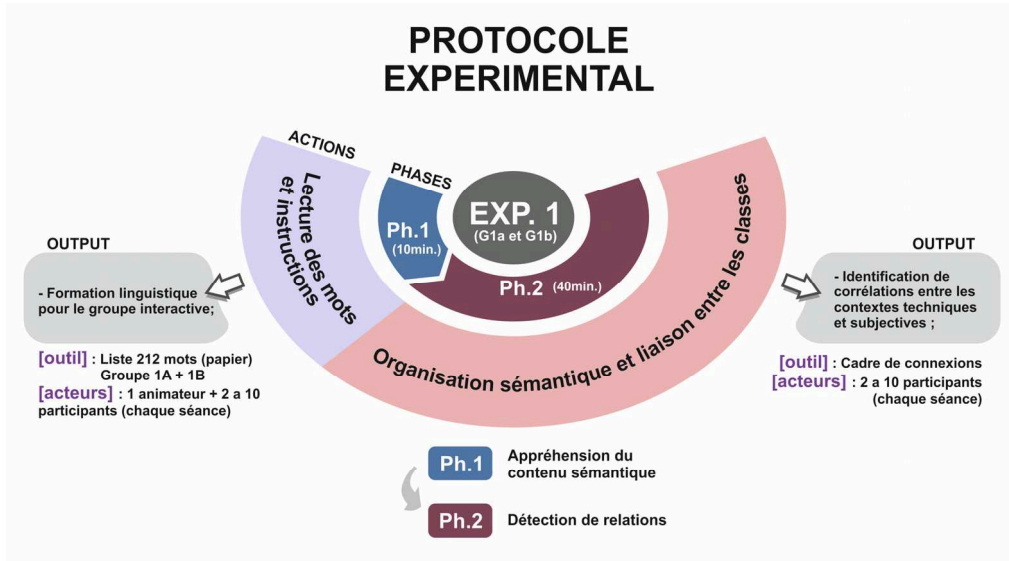
Les connexions matériaux / textures et les mots peuvent se produire librement, **SANS** la nécessité de relier **TOUS** les mots. Plusieurs mots peuvent se rapporter à un seul matériau / une seule texture ou plusieurs matériaux / textures à un seul mot (**EXCEPTION : ne s'applique pas** en ce qui concerne seulement entre les mots ... ex: SEMANTIQUE connecté à EMOTIONNEL)!

Il est **IMPORTANT** de souligner la nécessité d'une réflexion sur chaque lien, toujours en tenant compte du contexte de l'application d'une telle texture (Expe G1A et G1B - ustensiles de cuisine). Pour cette tâche, le participant doit se mettre à l'aise, et être détaché des influences extérieures.

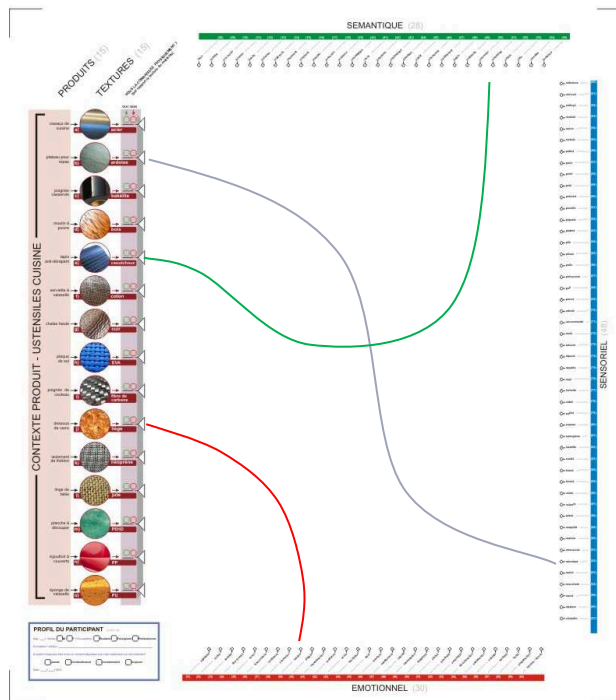
Nous suggérons l'utilisation de plusieurs couleurs afin de faciliter la compilation des données ultérieures (connexions effectuées) et rendre des mouvements spontanés (sans enlever le stylo de la feuille) avec des lignes et des courbes lisses dans le trajet de chaque connexion.

Remarque: Pour éviter des pannes de stylo Bic sur le papier, maintenez le stylo toujours à 45 degrés ou plus par rapport à l'axe du sol. Ainsi, le flux d'encre sera en gravité permanent.

Pour une interprétation globale de la séance expérimentale, nous illustrons le schéma suivant avec le protocole pour l'expérimentation. G1A et G1B.


















La figure ci-dessous décrit le modèle du panneau expérimental qui est utilisé pour la réalisation de connexions, originairement dans une taille A0. L'espace blanc (au centre) est disponible pour le remplissage libre des liens.



Merci de votre participation et de rester le plus à l'aise pour effectuer cette activité!

ANNEXE 2 [B] – EXP1A

Descripteurs sémantiques les plus liés aux textures
(En ordre d'importance)

 <p>ACIER</p> <ul style="list-style-type: none"> - charmant - cool - sophistiqué - dynamique - durable - élégant - propre 	 <p>ARDOISE</p> <ul style="list-style-type: none"> - brut - décoratif - durable - esthétique - artistique 	 <p>BAKELITE</p> <ul style="list-style-type: none"> - artificiel - utile - grossier - domestique
 <p>BOIS</p> <ul style="list-style-type: none"> - traditionnel - esthétique - intemporel - élégant - familier - attrayant - authentique - classique 	 <p>CAOUTCHOUC</p> <ul style="list-style-type: none"> - artificiel - utile - versatile 	 <p>COTON</p> <ul style="list-style-type: none"> - douillette - délicat - biodégradable - classique - authentique - basique - traditionnel
 <p>CUIR</p> <ul style="list-style-type: none"> - élégant - attrayant - féminin - esthétique - chic 	 <p>EVA</p> <ul style="list-style-type: none"> - artificiel - faux - douillette - grossier 	 <p>FIBRE DE CARBONE</p> <ul style="list-style-type: none"> - high-tech - futuriste - moderne - agressif - sophistiqué - autoritaire - chic
 <p>LIEGE</p> <ul style="list-style-type: none"> - biodégradable - exotique - nostalgique - brut 	 <p>NEOPRENE</p> <ul style="list-style-type: none"> - artificiel - cool - futuriste - moderne - contemporain 	 <p>JUTE</p> <ul style="list-style-type: none"> - biodégradable - populaire - nostalgique - artistique - grossier - exotique - brut - décoratif
 <p>PEHD</p> <ul style="list-style-type: none"> - artificiel - domestique - basique - standard 	 <p>PP</p> <ul style="list-style-type: none"> - artificiel - basique - propre - populaire 	 <p>PU</p> <ul style="list-style-type: none"> - artificiel - domestique - familier - douillette - basique - grossier - populaire

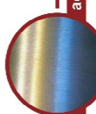

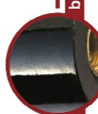












ANNEXE 2 [C] - EXP1A

Panel grand format (A0)

(Selection de descripteurs G1A et G1B)

PRODUITS (15)
TEXTURES (15)
VOUS LA COMPARÉZ PRÉCISÉMENT ?
(avec rapport à l'usage du matériau)

CONTEXTE PRODUIT - USTENSILES CUISINE

ciseaux de cuisine	a) acier		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
plateau pour repas	b) ardoise		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
poignée casserole	c) bakélite		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
moulin à poivre	d) bois		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
tapis anti-dérapant	e) caoutchouc		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
serviette à vaisselle	f) coton		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
chaise haute	g) cuir		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
plaque de sol	h) EVA		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
poignée de couteau	i) fibre de carbone		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
dessus de verre	j) liège		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
isolation de théière	k) néoprène		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
linge de table	l) jute		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
planche à découper	m) PEHD		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
égouttoir à couverts	n) PP		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON
éponge de vaisselle	o) PU		<input type="checkbox"/> OUI / <input type="checkbox"/> NON

PROFIL DU PARTICIPANT (COTE 16)

Age: ___ / Genre: M / F / Occupation: Etudiant / Enseignant / Professionnel

Formation / métier: _____

A quelle fréquence êtes vous en contact physique avec des matériaux sur cet contacte ?

jamais / éventuellement / constamment / toujours

Date: ___/___/2013

SEMANTIQUE (28)

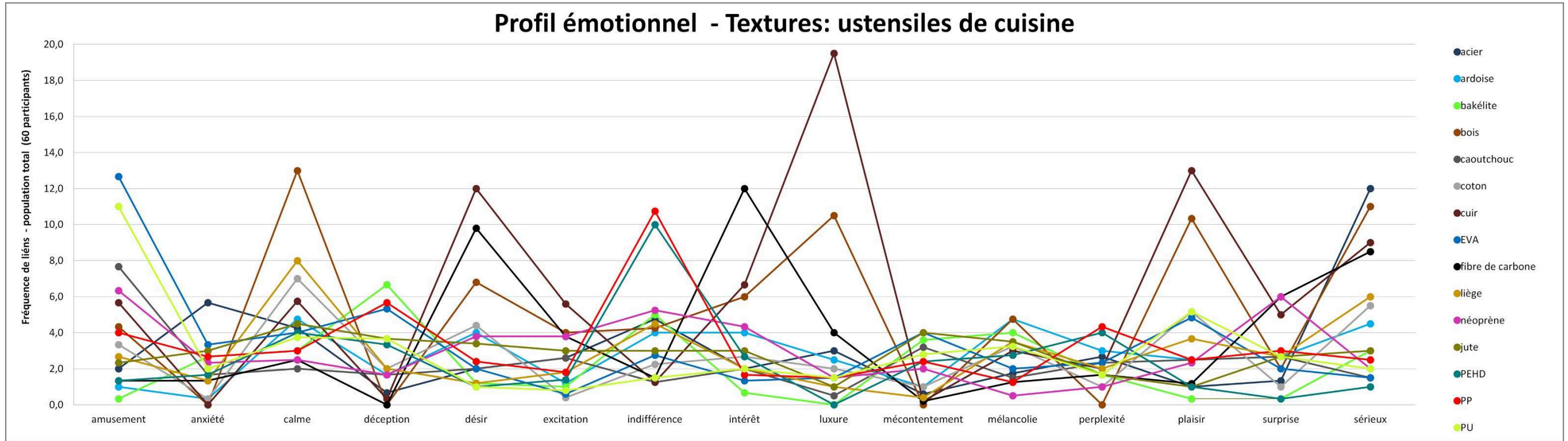
- (28) bois
- (29) papier
- (30) tissu
- (31) métal
- (32) plastique
- (33) verre
- (34) céramique
- (35) pierre
- (36) cuir
- (37) caoutchouc
- (38) textile
- (39) textile
- (40) textile
- (41) textile
- (42) textile
- (43) textile
- (44) textile
- (45) textile
- (46) textile
- (47) textile
- (48) textile
- (49) textile
- (50) textile
- (51) textile
- (52) textile
- (53) textile
- (54) textile
- (55) textile

- SENSORIEL (48)
- (50) ribeux
 - (51) nervé
 - (52) ratissé
 - (53) ricché
 - (54) nétre
 - (55) ondulé
 - (56) patiné
 - (57) lavé
 - (58) peint
 - (59) pelé
 - (60) peluché
 - (61) parallèle
 - (62) plissé
 - (63) platiné
 - (64) posé
 - (65) plissé
 - (66) poli
 - (67) polychromé
 - (68) poil
 - (69) poncé
 - (70) raboté
 - (71) raccourci
 - (72) rock
 - (73) rainuré
 - (74) râpé
 - (75) royable
 - (76) royé
 - (77) rebossé
 - (78) sablé
 - (79) satiné
 - (80) soyeux
 - (81) spongieux
 - (82) stratifié
 - (83) suidé
 - (84) tanné
 - (85) tressé
 - (86) veiné
 - (87) veinés
 - (88) zibé
 - (89) maillé
 - (90) matés
 - (91) minuscule
 - (92) miroitant
 - (93) maré
 - (94) moisié
 - (95) nacré
 - (96) opaque
 - (97) cristallin

- EMOTIONNEL (30)
- (98) doux
 - (99) doux
 - (100) doux
 - (101) doux
 - (102) doux
 - (103) doux
 - (104) doux
 - (105) doux
 - (106) doux
 - (107) doux
 - (108) doux
 - (109) doux
 - (110) doux
 - (111) doux
 - (112) doux
 - (113) doux
 - (114) doux
 - (115) doux
 - (116) doux
 - (117) doux
 - (118) doux

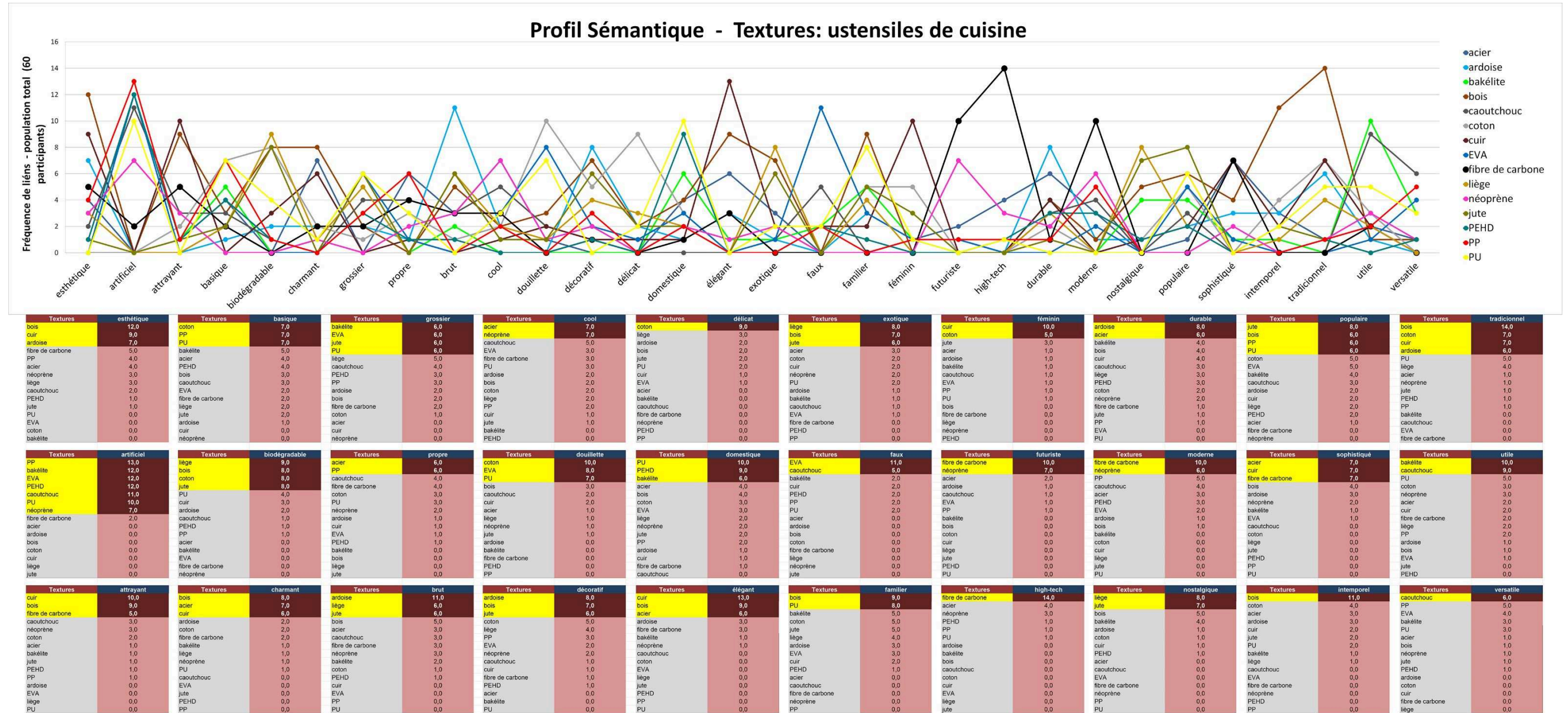
ANNEXE 2 [D] - EXP1A
 Profil Emotionnel – 15 descripteurs

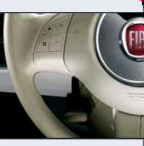







Profil émotionnel - Textures: ustensiles de cuisine



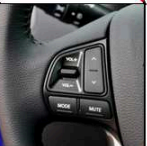














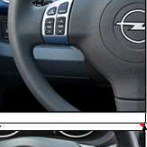



















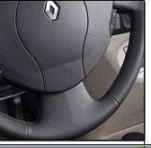

















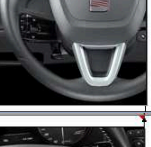






Textures	amusement	Textures	calme	Textures	désir	Textures	indifférence	Textures	luxure	Textures	mélancolie	Textures	plaisir	Textures	sérieux
EVA	12,7	bois	13,0	cuir	12,0	PP	10,8	cuir	19,5	ardoise	4,8	cuir	13,0	acier	12,0
PU	11,0	liège	8,0	fibre de carbone	9,8	PEHD	10,0	bois	10,5	bois	4,8	bois	10,3	bois	11,0
caoutchouc	7,7	coton	7,0	bois	6,8	néoprène	5,3	fibre de carbone	4,0	bakélite	4,0	coton	5,2	cuir	9,0
néoprène	6,3	cuir	5,8	coton	4,4	bakélite	5,0	acier	3,0	acier	3,5	PU	5,2	fibre de carbone	8,5
cuir	5,7	ardoise	4,8	ardoise	4,0	ardoise	4,8	ardoise	2,5	ardoise	3,5	jute	4,8	liège	6,0
bois	4,3	jute	4,5	néoprène	3,8	liège	4,5	coton	2,0	coton	3,3	liège	3,7	coton	5,5
PP	4,0	acier	4,3	jute	3,4	bois	4,3	EVA	1,5	EVA	3,3	ardoise	2,5	ardoise	4,5
coton	3,3	EVA	4,0	PP	2,4	ardoise	4,0	néoprène	1,5	cuir	3,0	caoutchouc	2,5	bakélite	3,0
liège	2,7	PEHD	4,0	acier	2,0	jute	3,0	PP	1,5	PEHD	2,8	PP	2,5	jute	3,0
jute	2,3	PU	3,8	caoutchouc	2,0	EVA	2,8	PU	1,5	EVA	2,0	néoprène	2,3	PP	2,5
acier	2,0	bakélite	3,0	EVA	2,0	coton	2,3	liège	1,0	acier	1,8	fibre de carbone	1,2	néoprène	2,0
fibre de carbone	1,3	PP	3,0	bakélite	1,2	fibre de carbone	1,5	jute	1,0	caoutchouc	1,5	cuir	1,0	PU	2,0
PEHD	1,3	fibre de carbone	2,5	liège	1,2	PU	1,5	caoutchouc	0,5	fibre de carbone	1,3	jute	1,0	caoutchouc	1,5
ardoise	1,0	néoprène	2,5	PEHD	1,0	caoutchouc	1,3	bakélite	0,0	PP	1,3	PEHD	1,0	EVA	1,5
bakélite	0,3	caoutchouc	2,0	PU	1,0	cuir	1,3	PEHD	0,0	néoprène	0,5	bakélite	0,3	PEHD	1,0
Textures	anxiété	Textures	déception	Textures	excitation	Textures	intérêt	Textures	mécontentement	Textures	perplexité	Textures	surprise		
acier	5,7	bakélite	6,7	cuir	5,6	fibre de carbone	12,0	EVA	4,0	PP	4,3	fibre de carbone	6,0		
EVA	3,3	PP	5,7	bois	4,0	cuir	6,7	jute	4,0	PEHD	4,0	néoprène	6,0		
jute	3,0	EVA	5,3	fibre de carbone	3,8	bois	6,0	bakélite	3,6	ardoise	3,0	cuir	5,0		
bakélite	2,7	jute	3,7	néoprène	3,8	néoprène	4,3	caoutchouc	3,2	acier	2,7	PP	3,0		
PP	2,7	PU	3,7	ardoise	3,0	ardoise	4,0	PU	2,8	caoutchouc	2,3	ardoise	2,7		
néoprène	2,3	PEHD	3,3	acier	2,6	jute	3,0	PEHD	2,4	EVA	2,3	liège	2,7		
PU	2,0	coton	2,0	caoutchouc	2,6	coton	4,0	PP	2,4	cuir	2,0	caoutchouc	2,7		
caoutchouc	1,7	liège	2,0	liège	1,8	PEHD	2,7	néoprène	2,0	liège	2,0	jute	2,7		
PEHD	1,7	ardoise	1,7	PP	1,8	acier	2,0	ardoise	1,0	bakélite	1,7	PU	2,7		
fibre de carbone	1,3	caoutchouc	1,7	PEHD	1,4	caoutchouc	2,0	coton	1,0	jute	1,7	bois	2,0		
liège	1,3	néoprène	1,7	ardoise	1,2	caoutchouc	2,0	acier	0,6	PU	1,7	EVA	2,0		
ardoise	0,3	acier	0,7	bakélite	1,0	PU	0,8	liège	0,4	fibre de carbone	1,7	acier	1,3		
coton	0,3	cuir	0,3	PU	0,8	PP	1,7	cuir	0,2	coton	1,0	coton	1,0		
bois	0,0	fibre de carbone	0,0	EVA	0,6	EVA	1,3	fibre de carbone	0,2	néoprène	1,0	bakélite	0,3		
cuir	0,0			coton	0,4	bakélite	0,7	bois	0,0	bois	,0	PEHD	0,3		












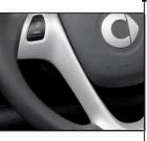








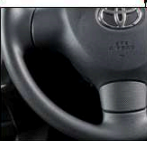









ANNEXE 2 [D] - EXP1A
 Profil Sémantique – 30 descripteurs



11				FIAT	500	2014	R1	P1-C1-I3	M4-B1-B3	12 160,00		R3	P1-C1-I3	B1-M4
12				FIAT	Palio	2012	R2	P1-C1-I3	M1-M2			R2	P1Y-C1-I3	B1-M2
13				FIAT	Novo Uno	2011	R1	P1-C1-I3	M1			R1	P1-C1-I3	M1
14				FIAT	Panda	2013	R1	P3-C2-I3	M1	9 900,00		R3	P3Y-C2-I3	M1
15				FIAT	Punto	2011	R1	P2Y-C3-I3	M1-M3	12 590,00		R1	P2Y-C3-I3	M1-M3
16				Ford	Fiesta	2008	R1	P1Y-C4-I3	M1-M3	11 900,00		R1	P1Y-C3-I3	M1-M3
17				Ford	Ka	2009	R1	P1Y-C1-I3	M4-M6	9 450,00		R1	P1Y-C1-I3	M4-M6
18				Hyundai	i10	2011	R1	P1-C1-I3	M1	9 950,00		R1	P1-C4-I3	M1
19				Hyundai	i10	2014	R1	P1Y-C3-I3	M1	9 950,00		R1	P1Y-C4-I3	M1
20				Kia	Picanto	2012	R1	P1Y-C3-I2	M1-M3	9 850,00		R1	P1Y-C3-I2	M2-M3

21				Kia	Rio	2012	R1	P1Y-C3-I4	M1-M3	12 350,00		R1	P1Y-C3-I4	M1-M3
22				Mitsubishi	Colt	2009	R1	P1-C1-I3	M1-M3	7 490,00		R1	P1-C4-I3	M1-M3
23				Nissan	Micra	2005	R3	P1-C1-I3	M4	11 160,00		R3	P1-C1-I3	M4
24				Nissan	Micra	2014	R1	P1Y-C1-I3	M1-M3	11 160,00		R1	P1Y-C3-I3	M1-M3
25				Opel	Adam	2013	R1	P1Y-C1-I4	M1-M6-B3	10 990,00	X	R1	P1Y-C1-I4	M1-M6-B3
26				Opel	Agila	2008	R1	P1-C4-I3	M2-M3	11 690,00		R1	P1-C4-I3	M2-M3
27				Opel	Corsa	2007	R1	P1-C1-I3	M2-B1	12 490,00		R3	P1-C4-I3	B1-M2
28				Opel	Corsa	2011	R1	P1-C1-I3	M1-M3	12 490,00		R3	P1-C3-I3	M1-M3
29				Peugeot	206	2004	R3	P1Y-C4-I3	M1	10 490,00		R3	P1Y-C3-I3	M2
30				Peugeot	207	2010	R3	P1-C4-I3	M1	7 990,00		R3	P1-C4-I3	M2

31				Peugeot	208	2014	R3	P1-C3-I4	M1	12 300,00		R3	P1-C3-I4	M1
32				Renault	Twingo	2008	R1	P1-C1-I3	M1	10 290,00		R1	P1-C4-I3	M1
33				Renault	Twingo	2009	R3	P1-C1-M3	M1	13 400,00		R3	P1Y-C4-I3	M2
34				Renault	Twizy	2012	R3	P2Y-C3-I4	M1	7 240,00		R3	P2Y-C3-I3	M2
35				Scion	IQ	2011	R3	P2Y-C4-I3	M1			R3	P2Y-C3-I3	M1
36				Scion	IQ	2012	R3	P2Y-C4-I4	M1			R3	P2Y-C3-I3	M1
37				Seat	Ibiza	2009	R3	P2Y-C3-I3	M2	12 515,00		R3	P2Y-C3-I3	B1-M1
38				Seat	Ibiza	2011	R3	P1Y-C3-I3	M2-M3			R3	P1Y-C3-I3	M2-M3
39				Seat	Ibiza	2013	R3	P2Y-C3-I3	M1-B1	12 515,00		R3	P2Y-C3-I3	B1-M1
40				Seat	Mii	2013	R3	P1Y-C3-I3	M2	9 460,00		R3	P1Y-C3-I3	M1

41				Seat	Mii	2014	R3	P1-C3-I3	M1	9 460,00		R3	P1-C3-I3	M1
42				Skoda	Citigo	2012	R1	P1Y-C3-I3	M1	9 350,00		R3	P1-C3-I3	M1
43				Skoda	Fabia	2014	R1	P1-C3-I4	M1	12 080,00		R3	P1-C3-I4	M2
44				Smart	Fortwo	2011	R1	P1-C3-I4	M2-M3	9 990,00		R3	P1-C3-I4	M2-M3
45				Smart	Fortwo	2013	R1	P1-C3-I4	M1-M3	9 990,00		R3	P1-C3-I4	M1-M3
46				Suzuki	Splash	2012	R1	P1-C1-I3	M1-M3	10 890,00		R3	P1-C4-I3	M1-M3
47				Toyota	Aygo	2011	R3	P1-C3-I3	M1-M2	9 850,00		R3	P1-C3-I3	M1-M2
48				Toyota	Aygo	2012/2013	R1	P1-C4-I3	M1-M3	9 850,00		R1	P1-C4-I3	M1-M3
49				Toyota	Etios	2013	R3	P1Y-C4-I3	M1-M3			R3	P1Y-C4-I3	M1-M3
50				Toyota	Yaris	2010	R3	P1-C4-I3	M1-M3	13 200,00		R3	P1-C3-I3	M1-M3

51				Toyota	Yaris	2012	R3	P2Y-C1-I3	M1-M3	13 200,00		R3	P2Y-C1-I3	M1-M3
52				Toyota	Yaris	2013	R3	P2Y-C1-I3	M1-M3	13 200,00		R3	P2Y-C1-I3	M1-M3
53				Toyota	Yaris	2014	R1	P2Y-C1-I3	M1	13 200,00		R1	P2Y-C1-I3	M1
54				Volkswagen	Gol	2013	R1	P1Y-C3-I3	M1-M3			R3	P1Y-C3-I3	M1-M3
55				Volkswagen	Polo	2010	R1	P1-C1-I3	M1-B3	12 900,00		R3	P1-C1-I3	B3-M1
56				Volkswagen	Up	2013	R1	P2-C1-I3	M1-B1	10 000,00		R3	P1-C1-I3	B1-M1

ANNEXE 3 [B] - EXP1B

Questionnaire - EXP1B

Volant Automobile - Grand publique

09/04/14 15:51

Volant Automobile - Grand publique



Paris

ARTS
ET MÉTIERS
ParisTech

Conception
Produits
Innovation
Laboratoire

Français

Le présent sondage vise à identifier les principaux attributs valorisés et remarqués par un consommateur sur un volant automobile pour le grand public. Cette identification d'attributs fait partie du travail de thèse de Everton Amaral et du développement d'un volant conceptuel de Roberto Passos, qui sera réalisé au Laboratoire de Conception de Produit et Innovation (LCPi) de l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers ParisTech.

Temps moyen: 15 minutes
Merci d'avance pour votre participation.

Charger un questionnaire non terminé

Suivant

Sortir et effacer vos réponses

Ce questionnaire n'est actuellement pas activé. Vous ne pourrez pas sauver vos réponses.

Volant Automobile - Grand publique



0% 100%

Français

Caractérisation du consommateur

Âge:

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.

Quel est votre métier?

Quelle est votre nationalité?

• Avez-vous une voiture?

Oui Non

Quel est le modèle?

À quelle fréquence conduisez-vous?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

- Tous les jours
- Au moins une fois par semaine
- Au moins une fois par mois
- Sans réponse

Avez-vous l'intention de changer/acheter une nouvelle voiture dans les trois prochaines années?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous

- Oui
- Peut être
- Non
- Sans réponse

Passe plus tard

Précédent

Suivant

Sortir et effacer vos réponses

Volant Automobile - Grand publique



0% 100%

Français

Le volant idéal

À partir des échelles ci-dessous, exprimez-vous les caractéristiques d'un volant automobile idéal, d'après vos préférences:

Choisir une valeur d'intensité sensoriel pour chaque descripteur qui représente vos perceptions visuel et tactile:

	++	+	Neutre	+	++		Sans réponse
Poli	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Dépoli	<input checked="" type="radio"/>
Lisse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rugueuse	<input checked="" type="radio"/>
Doux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rigide	<input checked="" type="radio"/>

Choisir une valeur d'intensité sémantique pour chaque descripteur:

	++	+	Neutre	+	++	Finition/Texture	Géométrie	Matériau	Sans réponse
Délicat / Brut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Classique / Futuriste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Traditionnel / Sophistiqué	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Chic / Basique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Commun / Exotique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Modeste / Agressif	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Élégant / Inélégant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Net / Chargé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Choisir une valeur d'intensité sensorielle pour chaque descripteur qui représente votre ressenti émotionnel:

	++	+	Neutre	+	++	Finition/Texture	Géométrie	Matériau	Sans réponse
Calmé(e) / Excité(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ça me plaît / Ennuyé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Serein(e) / Stressé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Surpris(e) / Indifférent(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Finir plus tard](#)

[Précédent](#)

[Suivant](#)

[Sortir et effacer vos réponses](#)

Volant Automobile - Grand publique



0% 100%

Français

Évaluation des volants

A partir d'ici vous êtes dans la dernière partie du questionnaire. Vous évaluerez 15 volants, qui apparaîtront de manière aléatoire, avec les mêmes descripteurs que vous venez d'utiliser pour caractériser le volant idéal d'après vous.

Ce questionnaire n'est actuellement pas activé. Vous ne pourrez pas sauver vos réponses.



0% 100%

Canalis

Volant - Aspects sensoriels

Choisir une valeur d'intensité sensoriel, en vous basant sur l'exemplification présentée ci-dessous, pour chaque descripteur qui représente vos perceptions visuel et tactile, associé à l'image du volant:



EXEMPLE DE RÉPONSE ET COMPRÉHENSION DE L'ÉCHELLE:



INTERPRÉTATION de l'exemple au-dessus: Nous déduisons que dans la première colonne s'affiche des descripteurs contraires qui se rapportent à l'échelle de valeur sur la plage centrale. Chaque descripteur occupe la place d'une extrémité de cette échelle, aussi comme dans la suite:

(FROID) ++ + Neutre + ++ (CHAUD)

Dans l'extrémité droite (3 dernières colonnes - Finition/Texture, Géométrie et Matériau) on met en évidence les facteurs responsables pour le choix des valeurs de chaque descripteur (plage centrale). Ainsi, il est interprété dans cet exemple que le participant a choisi une valeur faible (+) pour le descripteur « Chaud » et le Facteur Déterminant pour cet aspect de la réponse était « matériau » par rapport l'image affichée (photo d'un volant).

	++	+	Neutre	+	++	Finition/Texture	Géométrie	Matériau
Lisse / Rugueux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Net / Dépouillé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Doux / Rigide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Retour au début

Précédent

Suivant

Sortir et afficher vos réponses



0% 100%

Fréquence

Volant - Aspects sémantiques

Choisir une valeur d'intensité sémantique, en vous basant sur l'exemplification présentée ci-dessous, pour chaque descripteur de signification, associé à l'image du volant.



EXEMPLE DE REPONSE ET COMPREHENSION DE L'ECHELLE:



INTERPRETATION de l'exemple au-dessus: Nous soulignons que dans la première colonne s'affiche des descripteurs contraires qui se rapportent à l'échelle de valeur sur la plage centrale. Chaque descripteur occupe la place d'une extrémité de cette échelle, aussi comme dans la suite:

(FROID) ++ + Neutre + ++ (CHAUD)

Dans l'extrémité droite (3 dernières colonnes - Finition/Texture, Géométrie et Matériau) on met en évidence les facteurs responsables pour le choix des valeurs de chaque descripteur (plage centrale). Ainsi, il est interprété dans cet exemple que le participant a choisi une valeur faible (+) pour le descripteur « Chaud » et le Facteur Déterminant pour cet aspect de la réponse était « matériau » par rapport l'image affichée (photo d'un volant).

	++	+	Neutre	+	++	Finition/Texture	Géométrie	Matériau
Delicat / Brut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Classique / Futuriste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Traditionnel / Sophistiqué	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chic / Basique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Commune / Exotique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Modeste / Agressif	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Élégant / Indélicat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Net / Chargé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



0% 100%

Français

Volant - Aspects émotionnels

Choisir une valeur d'intensité sensoriel, en vous basant sur l'exemplification présentée ci-dessous, pour chaque descripteur qui représente vos sentiments, associé à l'image du volant.



EXEMPLE DE REPOSE ET COMPREHENSION DE L'ECHELLE:



INTERPRETATION de l'exemple au-dessus: Nous soulignons que dans la première colonne s'affiche des descripteurs contraires qui se rapportent à l'échelle de valeur sur la plage centrale. Chaque descripteur occupe la place d'une extrémité de cette échelle, aussi comme dans la suite:

(FROID) ++ + Neutre + ++ (CHAUD)

Dans l'extrémité droite (3 dernières colonnes - Finition/Texture, Géométrie et Matériau) on met en évidence les facteurs responsables pour le choix des valeurs de chaque descripteur (plage centrale). Ainsi, il est interprété dans cet exemple que le participant a choisi une valeur faible (+) pour le descripteur « Chaud » et le Facteur Déterminant pour cet aspect de la réponse était « matériau » par rapport l'image affichée (photo d'un volant).

	++	+	Neutre	+	++	Finition/Texture	Géométrie	Matériau
Calmé(e) / Excité(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ce me plaît / Déçu(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Serein(e) / Stressé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Surpris(e) / Indifférent(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10/10/2015 10:07

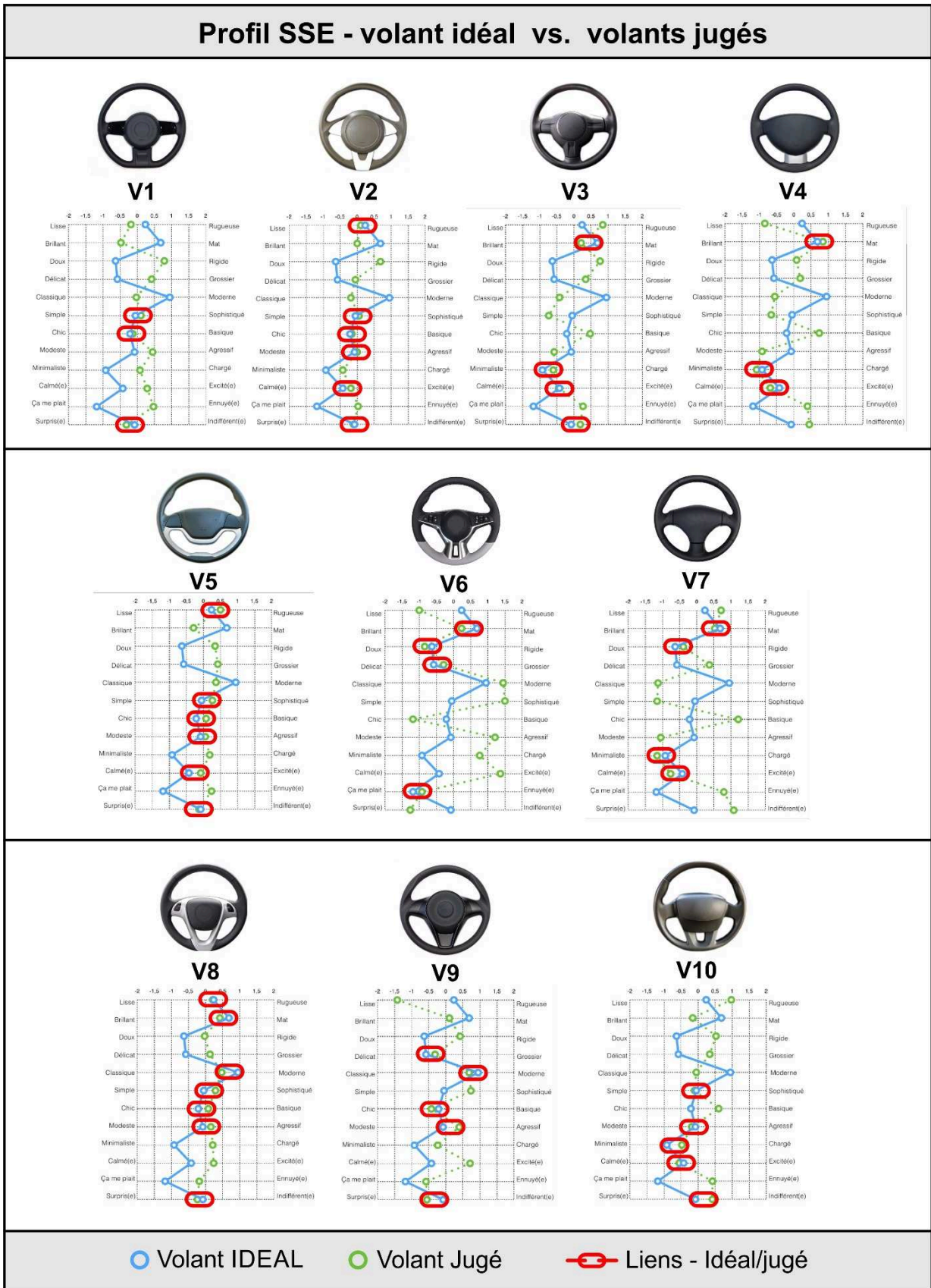
Précédent Suivant

Sortir et afficher vos réponses

ANNEXE 3 [C] - EXP1B

Différentiels Sémantiques – tous les volants EXP1B

Profil SSE - volant idéal vs. volants jugés



ANNEXE 4 [A] - EXP2

Questionnaire



EXP 2 - Perception tactile de textures automobiles

L'expérimentation et le sondage en cours visent à identifier les principaux attributs valorisés et remarqués par un consommateur via une interaction tactile et visuelle sur des volants automobiles pour le grand public. Cette identification d'attributs fait partie du travail de thèse de Everton Amaral.

Caractérisation du participant (donné statistique) :

- 1) Votre âge : _____
- 2) Genre : Masculin Féminin
- 3) Nationalité : _____
- 4) Depuis combien d'année vous conduisez une voiture ? moins que 1 an
 entre 1 et 4 ans
 entre 5 et 10 ans
 11 ans ou plus
- 5) Quelle est le temps moyen d'heures de conduite ? _____ heure(s) par : jour
 semaine
 mois
 an
- 6) Avez-vous un déficit sensoriel ? non oui... sur la vue
 sur le toucher
 sur l'ouïe
 sur l'odorat
- 7) Dans les dernières 2h vous avez consommé des caféines ou des cigarettes ? non

Nous vous demandons d'attendre le feu vert donné par l'animateur pour commencer l'expérimentation tactile sur 7 volants automobiles.

Temps moyen de l'expérimentation : 50 minutes
Merci d'avance pour votre participation.

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant – voir l'exemple dans la figure suivante :

[Volant EXEMPLE]



[Intensité **sensorielle**]

	+			neutre	+			
Brillant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mat
Lisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rugueuse
Doux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rigide
Chaud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Froid

[Volant EXEMPLE]



[Intensité **sémantique**]

	+			neutre	+			
Délicat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grossier
Classique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Moderne
Simple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Basique
Modeste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chargé

[Volant EXEMPLE]



[Intensité **émotionnelle**]

	+			neutre	+			
Calmé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Excité(e)
Ça me plaît	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?

- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
 Oui, je l'ai touché ;
 Non, je ne le reconnais pas

Maintenant vous commencez sur des modèles physiques !

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant:

[Intensité **sensorielle**]


Volant 9



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Brillant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mat
Lisse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rugueuse
Doux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rigide
Chaud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Froid

[Intensité **sémantique**]

Volant 9



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Délicat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Grossier
Classique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Moderne
Simple	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Basique
Modeste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Chargé

[Intensité **émotionnelle**]

Volant 9



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Calmé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excité(e)
Ça me plaît	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?

- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
 Oui, je l'ai touché ;
 Non, je ne le reconnais pas

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant:

[Intensité **sensorielle**]


Volant 1



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Brillant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mat
Lisse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rugueuse
Doux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rigide
Chaud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Froid

[Intensité **sémantique**]

Volant 1



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Délicat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Grossier
Classique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Moderne
Simple	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Basique
Modeste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Chargé

[Intensité **émotionnelle**]

Volant 1



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Calmé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excité(e)
Ça me plait	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?

- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
- Oui, je l'ai touché ;
- Non, je ne le reconnais pas

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant:

[Intensité **sensorielle**]



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Brillant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mat
Lisse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rugueuse
Doux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rigide
Chaud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Froid

[Intensité **sémantique**]



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Délicat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Grossier
Classique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Moderne
Simple	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Basique
Modeste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Chargé

[Intensité **émotionnelle**]



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Calmé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excité(e)
Ça me plaît	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?


- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
- Oui, je l'ai touché ;
- Non, je ne le reconnais pas

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant:

[Intensité **sensorielle**]


Volant 6



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Brillant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mat
Lisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rugueuse
Doux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rigide
Chaud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Froid

[Intensité **sémantique**]


Volant 6



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Délicat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grossier
Classique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Moderne
Simple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Basique
Modeste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chargé

[Intensité **émotionnelle**]

Volant 6



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Calmé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Excité(e)
Ça me plait	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?

- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
 Oui, je l'ai touché ;
 Non, je ne le reconnais pas

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant:

[Intensité **sensorielle**]


Volant 1



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Brillant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mat
Lisse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rugueuse
Doux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rigide
Chaud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Froid

[Intensité **sémantique**]


Volant 1



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Délicat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Grossier
Classique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Moderne
Simple	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Basique
Modeste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Chargé

[Intensité **émotionnelle**]

Volant 1



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Calmé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excité(e)
Ça me plait	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?

- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
- Oui, je l'ai touché ;
- Non, je ne le reconnais pas

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant:

[Intensité **sensorielle**]



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Brillant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Mat
Lisse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rugueuse
Doux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rigide
Chaud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Froid

[Intensité **sémantique**]



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Délicat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Grossier
Classique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Moderne
Simple	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Basique
Modeste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Chargé

[Intensité **émotionnelle**]



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Calmé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Excité(e)
Ça me plaît	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?

- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
- Oui, je l'ai touché ;
- Non, je ne le reconnais pas

Merci de cocher la case « » qui meilleur représente la valeur d'intensité **sensorielle, sémantique et émotionnelle** pour chaque ligne de descripteur par rapport vos perception global au niveau **tactile et visuel** sur les volants:

Note : Les volants sont composés de plusieurs matériaux et textures, donc, nous vous invitons à prendre la perception globale de chaque volant:

[Intensité **sensorielle**]


Volant 4



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Brillant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mat
Lisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rugueuse
Doux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rigide
Chaud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Froid

[Intensité **sémantique**]


Volant 4



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Délicat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Grossier
Classique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Moderne
Simple	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sophistiqué
Chic	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Basique
Modeste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Agressif
Minimaliste	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Chargé

[Intensité **émotionnelle**]

Volant 4



	+	+	+	neutre	+	+	+	
Calmé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Excité(e)
Ça me plait	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ennuyé(e)
Surprise	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Indifférent(e)
Amusé(e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sérieux(se)

8) Avez-vous eu une expérience passée avec ce modèle de volant ?

- Oui, je l'ai vu, mais je ne l'ai pas touché ;
- Oui, je l'ai touché ;
- Non, je ne le reconnais pas

QUESTIONS OUVERTS

Pour exprimer librement votre perception ponctuelle au niveau **tactile** et **visuel** sur chaque zone (**texture**), merci d'écrire synthétiquement avec « des mots clés » pour chaque volant:

Note : Les différents couleurs représentent chaque zone de texture, donc vous pouvez utiliser les cadres correspondants.

- **VERT** – Pour la zone de prise en main
- **BLEU** – Pour la zone décorative
- **ROUGE** – Pour la zone centrale (Klaxon)

Volant 1



.....

.....

.....

Volant 4



.....

.....

.....

Volant 6



.....

.....

.....

Volant 7



.....

Pas applicable

.....

Volant 8



.....

.....

.....

Volant 9



.....

.....

.....

Volant 10



.....

.....

.....

Merci de cocher la case «  » qui vous convient dans les questions 8 à 10:

9) Quel volant vous convient plus (au niveau de satisfaction tactile et visuelle) par rapport l'ensemble de **textures** pour conduire une voiture citadine « grand publique » ?



10) Quel volant vous convient plus (au niveau de satisfaction tactile et visuelle) par rapport des **matériaux** pour conduire une voiture citadine « grand publique » ?



11) Quel volant vous convient plus (au niveau de satisfaction tactile et visuelle) par rapport la **forme** pour conduire une voiture citadine « grand publique » ?

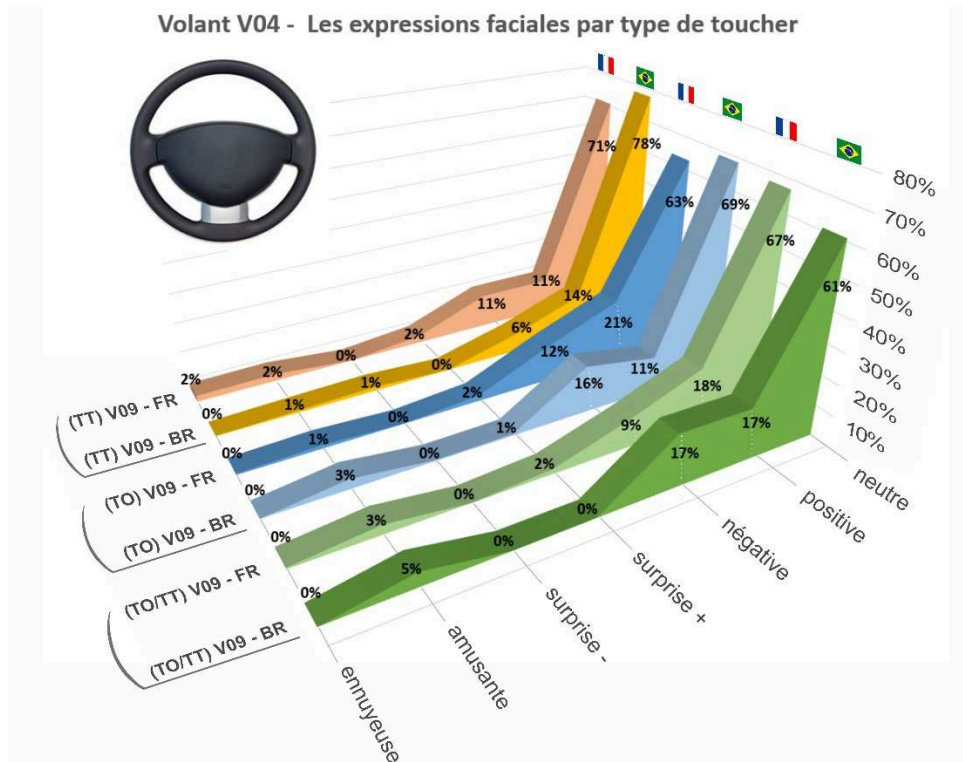
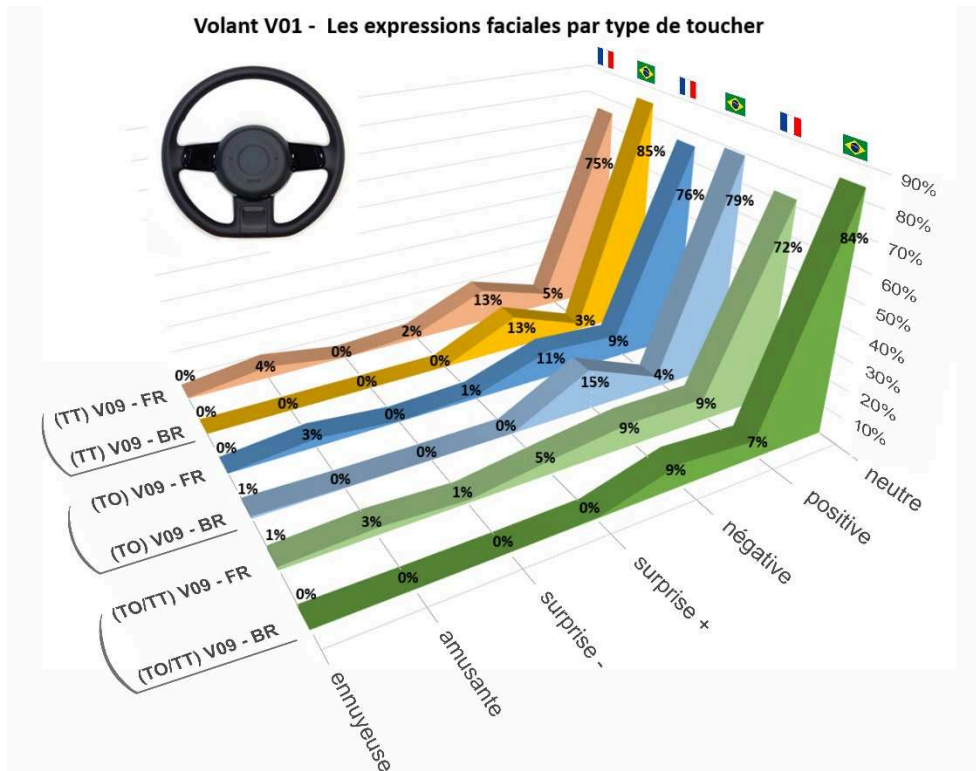


12) Remarque personnel (**facultatif**) par rapport les volants jugés :

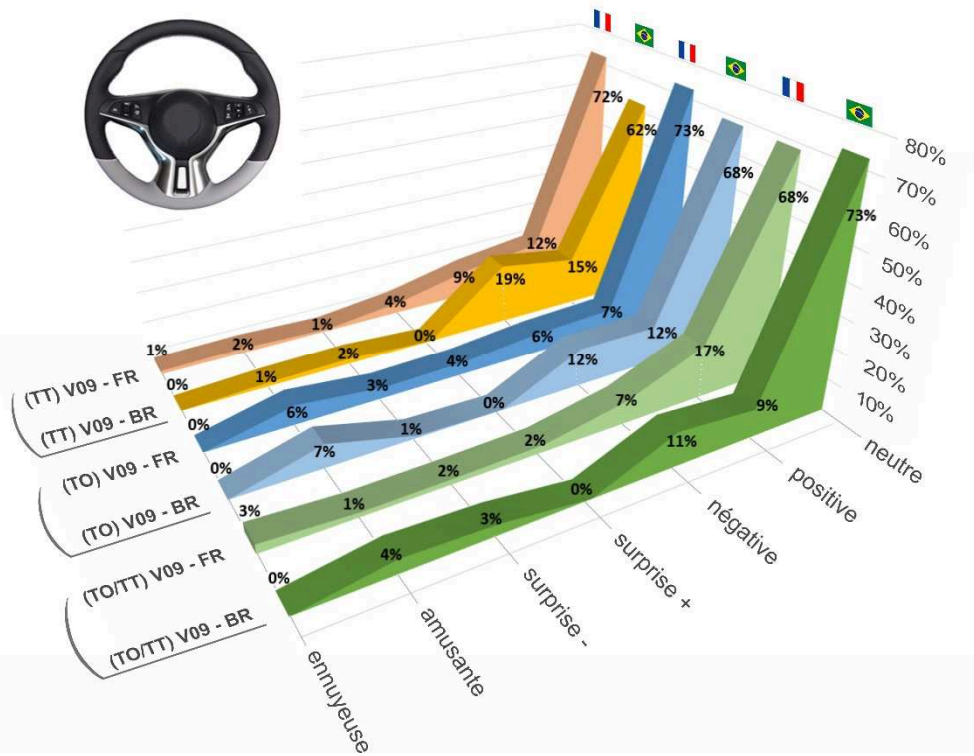
Merci de votre participation !

ANNEXE 4 [B] - EXP2

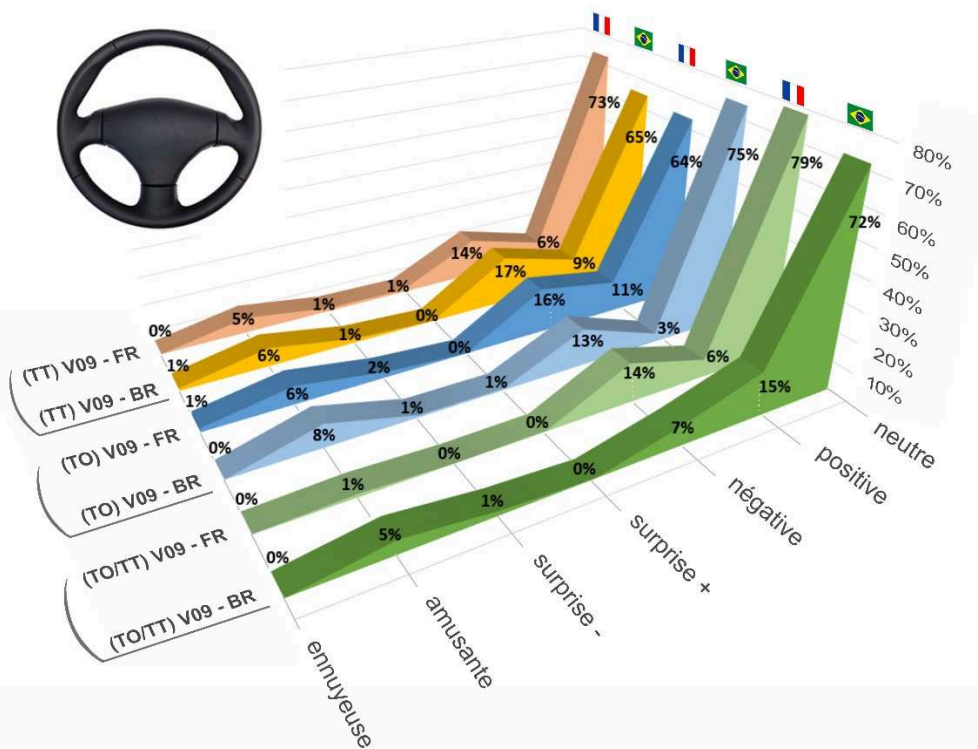
La durée des expressions faciales dans les intervalles des expressions gestuelles



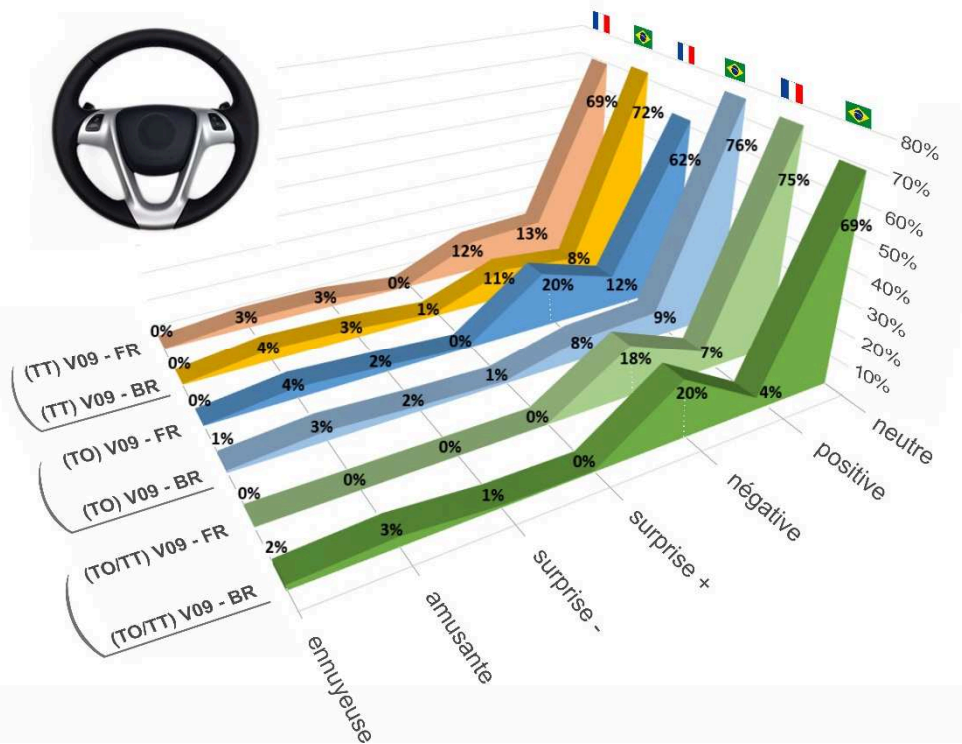
Volant V06 - Les expressions faciales par type de toucher



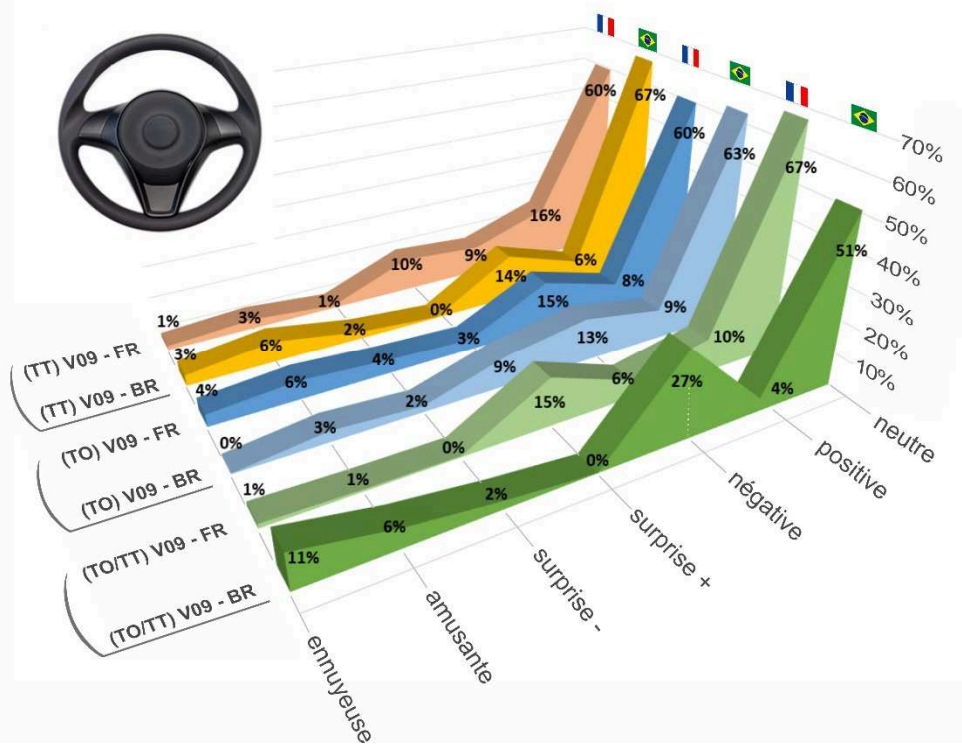
Volant V07 - Les expressions faciales par type de toucher



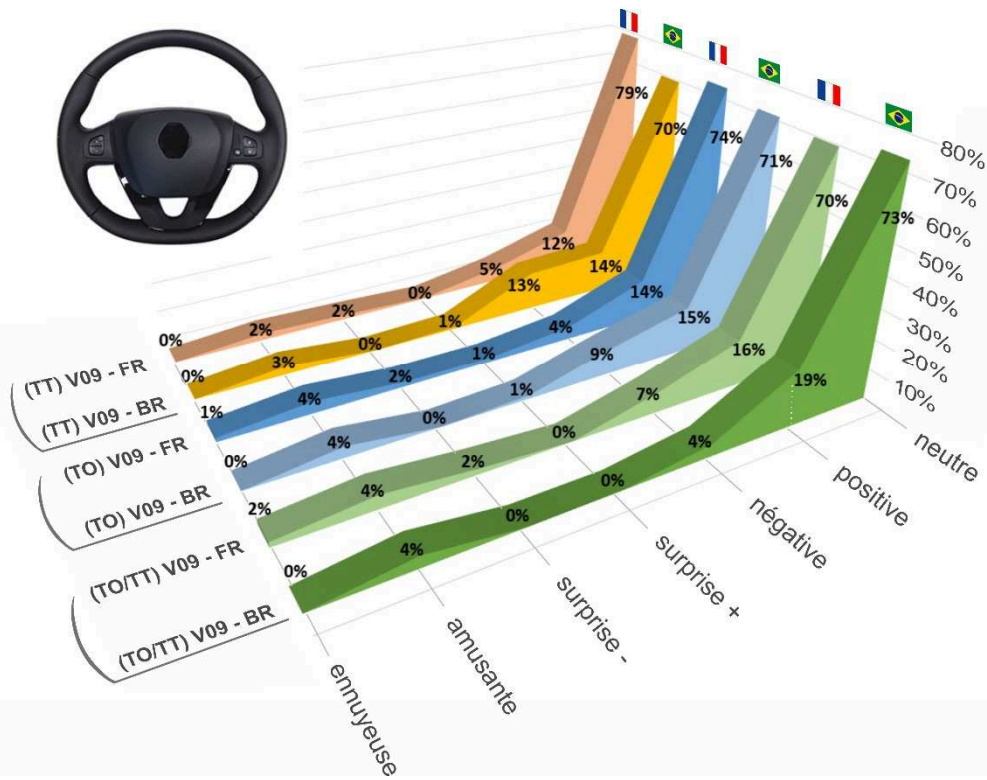
Volant V08 - Les expressions faciales par type de toucher



Volant V09 - Les expressions faciales par type de toucher

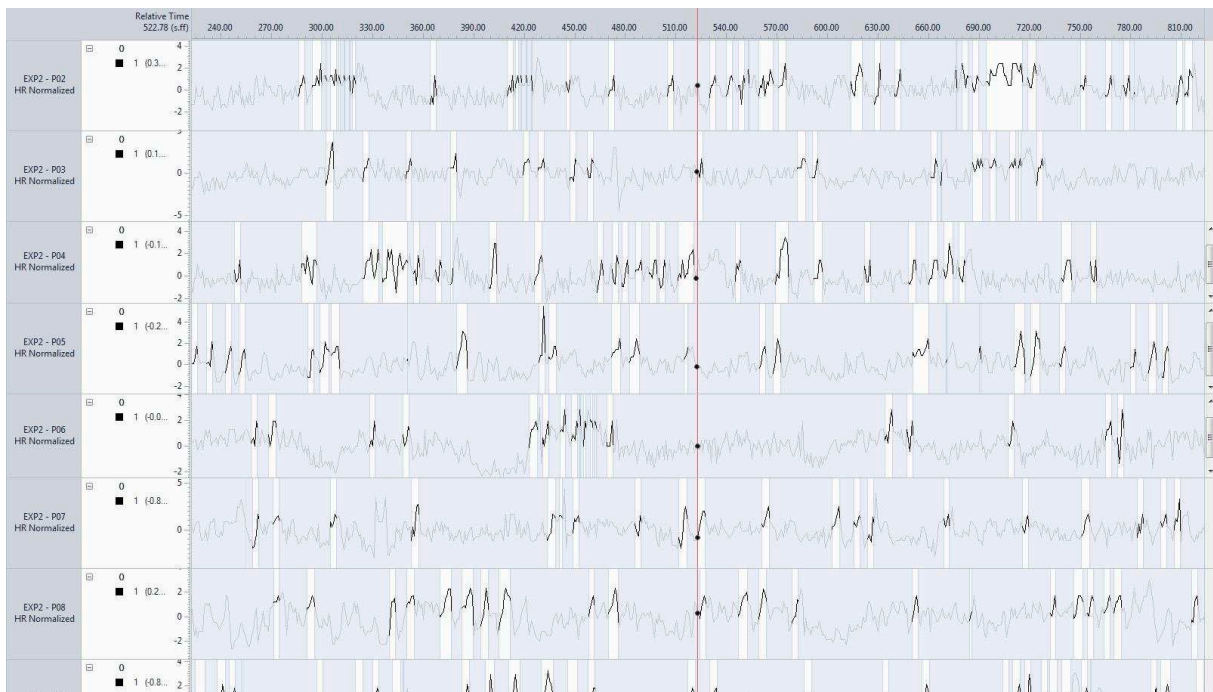


Volant V10 - Les expressions faciales par type de toucher



ANNEXE 4 [C] - EXP2

Représentation graphique NOLDUS – Emotions positives confondues filtrées



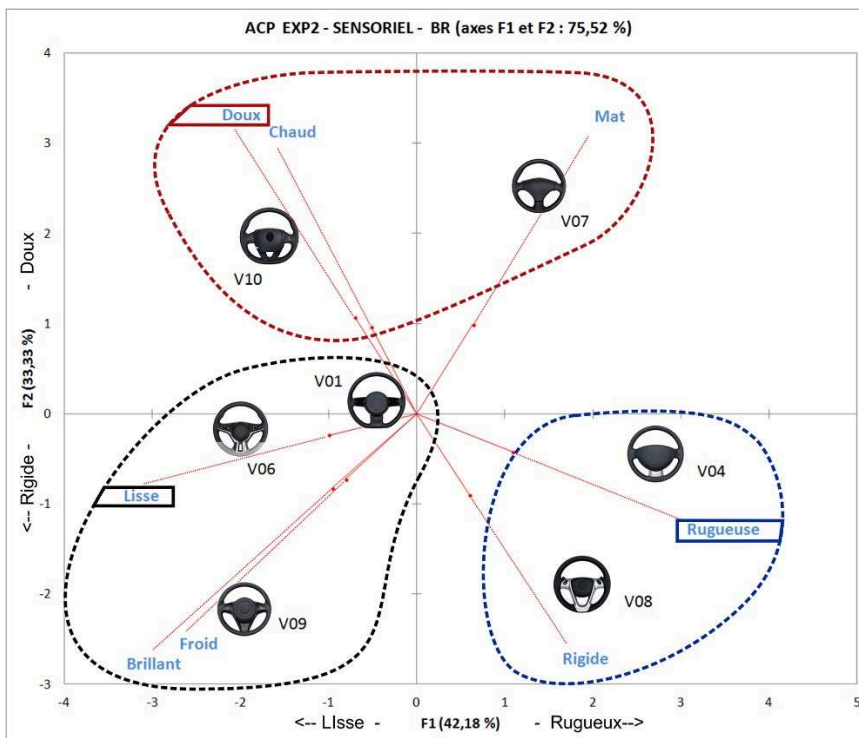
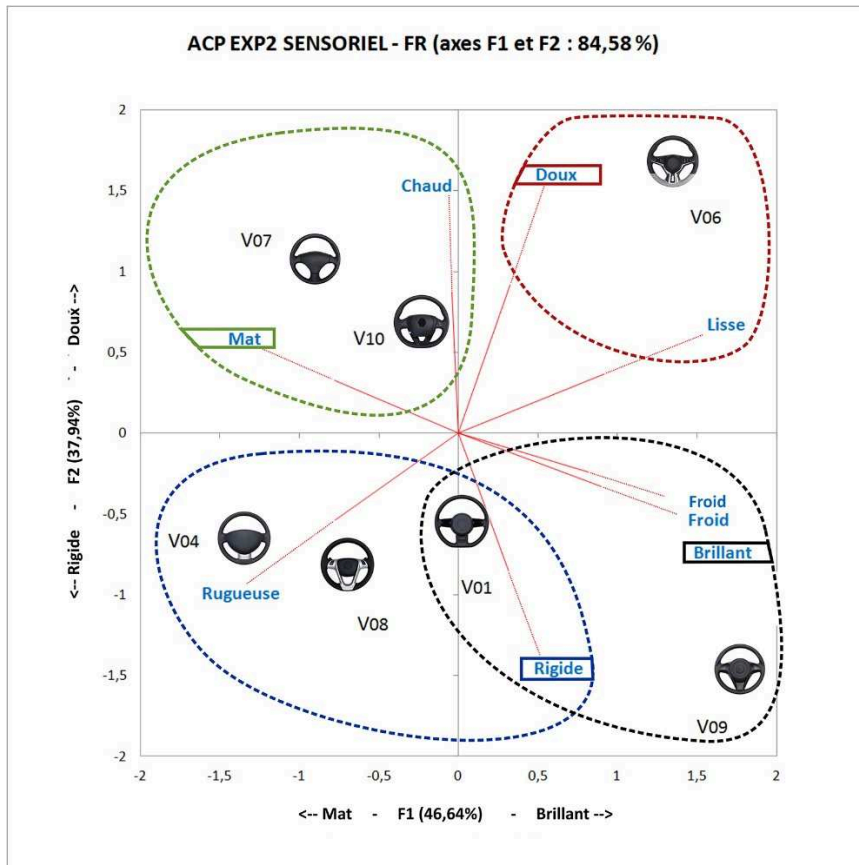
ANNEXE 4 [D] - EXP2

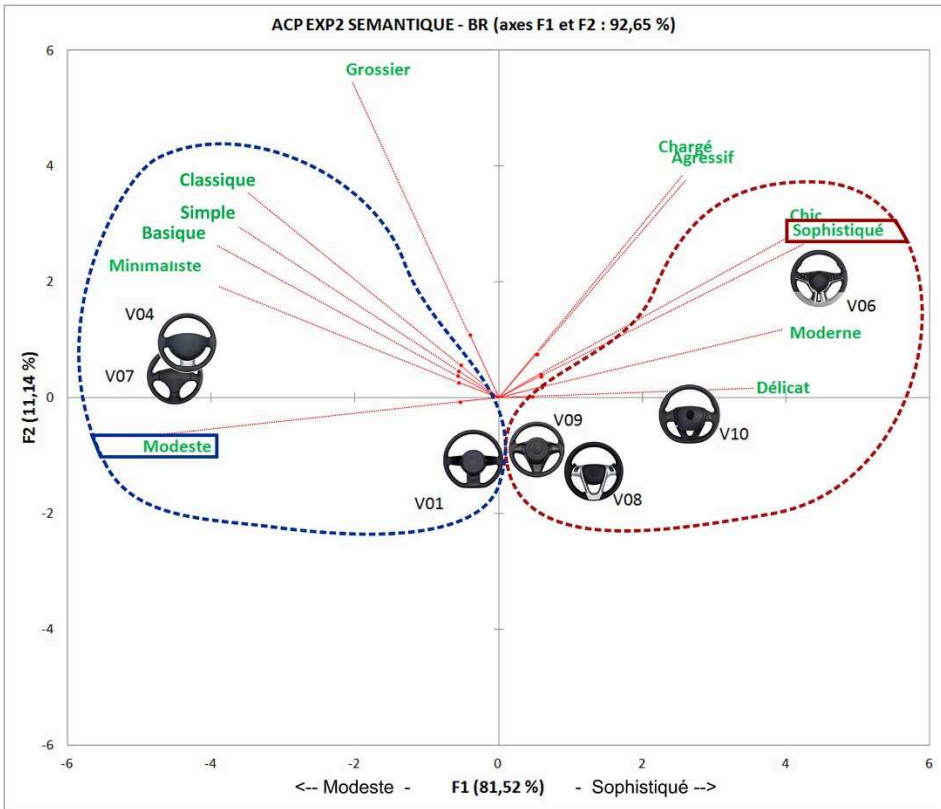
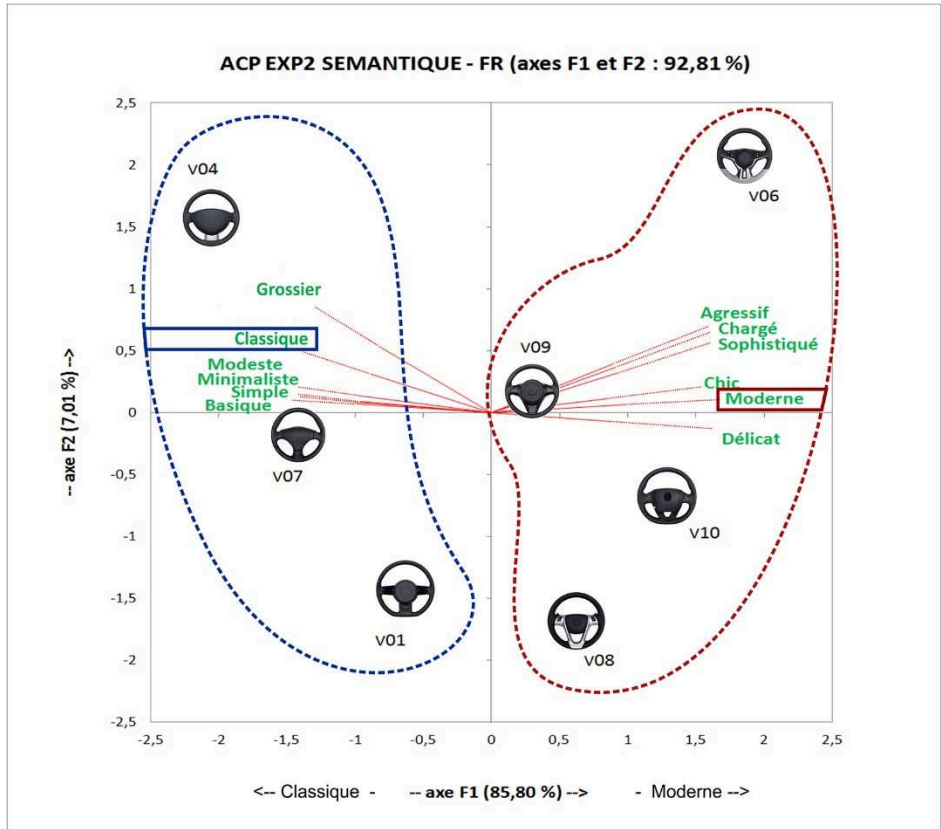
Représentation graphique NOLDUS – Expression Amusant filtré

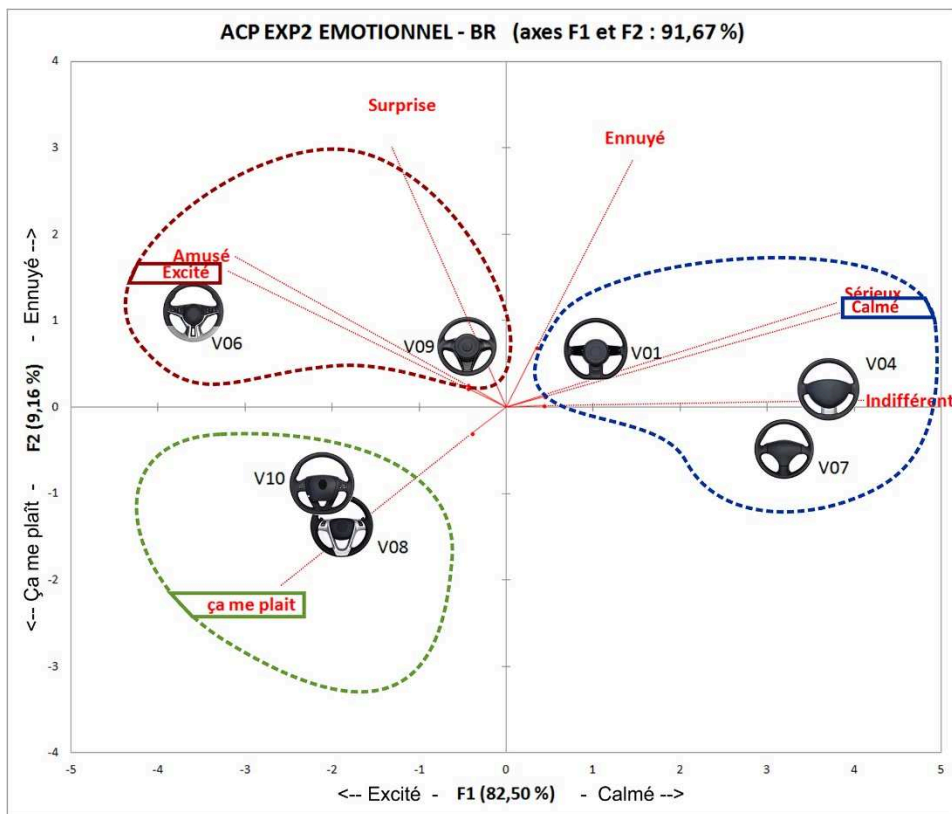
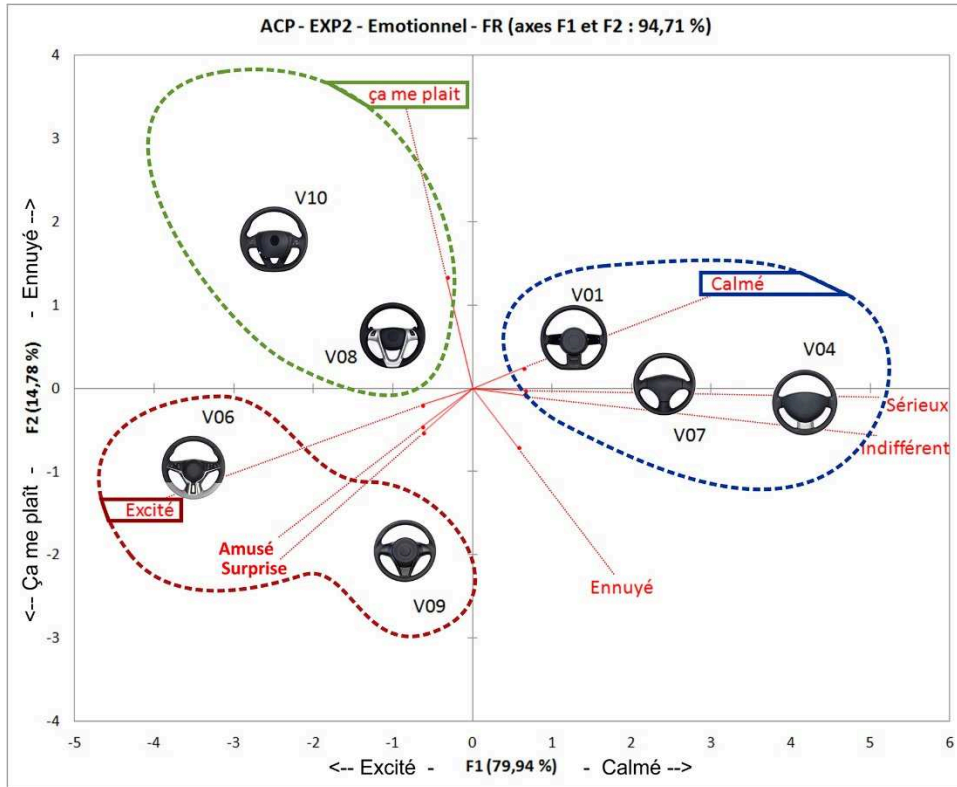


ANNEXE 4 [E] - EXP2

Mapping ACP – EXP2







ANNEXE 4 [F] - EXP2

Tableau de contraste de valeurs entre groupes (FR-BR visuo-tactile)

Contraste émotionnel par nationalité analysé sur chaque volant

	V01 - FR	V01 - BR	V04 - FR	V04 - BR	V06 - FR	V06 - BR	V07 - FR	V07 - BR	V08 - FR	V08 - BR	V09 - FR	V09 - BR	V10 - FR	V10 - BR
T. ORTHOGONAL (sec.)	24,21	37,07	29,55	38,64	29,41	38,77	30,67	37,94	35,11	42,93	28,16	35,48	27,66	34,93
neutre	76%	79%	63%	69%	73%	68%	64%	75%	62%	76%	60%	63%	74%	71%
positive	9%	4%	21%	11%	7%	12%	11%	3%	12%	9%	8%	9%	14%	15%
negative	11%	15%	12%	16%	6%	12%	16%	13%	20%	8%	15%	13%	4%	9%
surprise +	1%	0%	2%	1%	4%	0%	0%	1%	0%	1%	3%	9%	1%	1%
surprise -	0%	0%	0%	0%	3%	1%	2%	1%	2%	2%	4%	2%	2%	0%
amusante	3%	0%	1%	3%	6%	7%	6%	8%	4%	3%	6%	3%	4%	4%
ennuyeuse	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	4%	0%	1%	0%
T. TANGENTIEL (sec.)	20,70	12,32	17,95	11,44	18,88	18,17	16,61	12,15	16,78	11,48	21,53	22,08	19,93	18,46
neutre	75%	85%	71%	78%	72%	62%	73%	65%	69%	72%	60%	67%	79%	70%
positive	5%	3%	11%	14%	12%	15%	6%	9%	13%	8%	16%	6%	12%	14%
negative	13%	13%	11%	6%	9%	19%	14%	17%	12%	11%	9%	14%	5%	13%
surprise +	2%	0%	2%	0%	4%	0%	1%	0%	0%	1%	10%	0%	0%	1%
surprise -	0%	0%	0%	1%	1%	2%	1%	1%	3%	3%	1%	2%	2%	0%
amusante	4%	0%	2%	1%	2%	1%	5%	6%	3%	4%	3%	6%	2%	3%
ennuyeuse	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	3%	0%	0%
T. ORTH - TANG (sec.)	16,3	11,2	12,6	9,6	15,7	15,2	11,9	12,3	12,8	13,1	12,6	16,0	15,6	15,4
neutre	72%	84%	67%	61%	68%	73%	79%	72%	75%	69%	67%	51%	70%	73%
positive	9%	7%	18%	17%	17%	9%	6%	15%	7%	4%	10%	4%	16%	19%
negative	9%	9%	9%	17%	7%	11%	14%	7%	18%	20%	6%	27%	7%	4%
surprise +	5%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%	0%	0%
surprise -	1%	0%	0%	0%	2%	3%	0%	1%	0%	1%	0%	2%	2%	0%
amusante	3%	0%	3%	5%	1%	4%	1%	5%	0%	3%	1%	6%	4%	4%
ennuyeuse	1%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	11%	2%	0%

Legend: contraste faible contraste moyen contraste fort

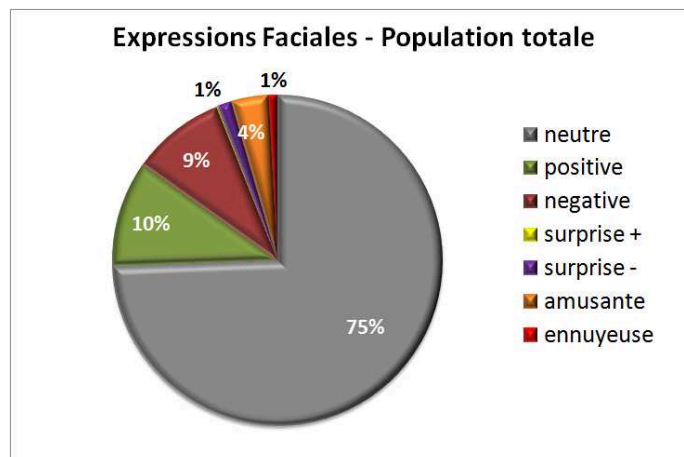
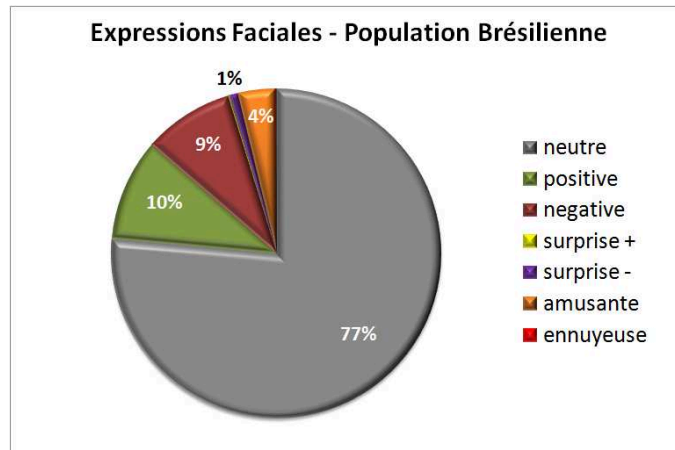
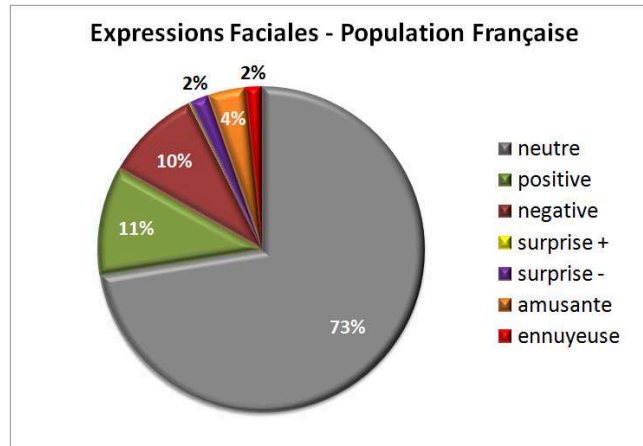
Tableau des expressions faciales soulignées par importance (FR-BR visuo-tactile)
Valeur émotionnelle sur chaque expression faciale

	V01 - FR	V01 - BR	V04 - FR	V04 - BR	V06 - FR	V06 - BR	V07 - FR	V07 - BR	V08 - FR	V08 - BR	V09 - FR	V09 - BR	V10 - FR	V10 - BR
T. ORTHOGONAL (sec.)	24,21	37,07	29,55	38,64	29,41	38,77	30,67	37,94	35,11	42,93	28,16	35,48	27,66	34,93
neutre	76%	79%	63%	69%	73%	68%	64%	75%	62%	76%	60%	63%	74%	71%
positive	9%	4%	21%	11%	7%	12%	11%	3%	12%	9%	8%	9%	14%	15%
negative	11%	15%	12%	16%	6%	12%	16%	13%	20%	8%	15%	13%	4%	9%
surprise +	1%	0%	2%	1%	4%	0%	0%	1%	0%	1%	3%	9%	1%	1%
surprise -	0%	0%	0%	0%	3%	1%	2%	1%	2%	2%	4%	2%	2%	0%
amusante	3%	0%	1%	3%	6%	7%	6%	8%	4%	3%	6%	3%	4%	4%
ennuyeuse	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	4%	0%	1%	0%
T. TANGENTIEL (sec.)	20,70	12,32	17,95	11,44	18,88	18,17	16,61	12,15	16,78	11,48	21,53	22,08	19,93	18,46
neutre	75%	85%	71%	78%	72%	62%	73%	65%	69%	72%	60%	67%	79%	70%
positive	5%	3%	11%	14%	12%	15%	6%	9%	13%	8%	16%	6%	12%	14%
negative	13%	13%	11%	6%	9%	19%	14%	17%	12%	11%	9%	14%	5%	13%
surprise +	2%	0%	2%	0%	4%	0%	1%	0%	0%	1%	10%	0%	0%	1%
surprise -	0%	0%	0%	1%	1%	2%	1%	1%	3%	3%	1%	2%	2%	0%
amusante	4%	0%	2%	1%	2%	1%	5%	6%	3%	4%	3%	6%	2%	3%
ennuyeuse	0%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	3%	0%	0%
T. ORTH - TANG (sec.)	16,3	11,2	12,6	9,6	15,7	15,2	11,9	12,3	12,8	13,1	12,6	16,0	15,6	15,4
neutre	72%	84%	67%	61%	68%	73%	79%	72%	75%	69%	67%	51%	70%	73%
positive	9%	7%	18%	17%	17%	9%	6%	15%	7%	4%	10%	4%	16%	19%
negative	9%	9%	9%	17%	7%	11%	14%	7%	18%	20%	6%	27%	7%	4%
surprise +	5%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%	0%	0%
surprise -	1%	0%	0%	0%	2%	3%	0%	1%	0%	1%	0%	2%	2%	0%
amusante	3%	0%	3%	5%	1%	4%	1%	5%	0%	3%	1%	6%	4%	4%
ennuyeuse	1%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	11%	2%	0%

Legend: valeur faible valeur moyenne valeur importante

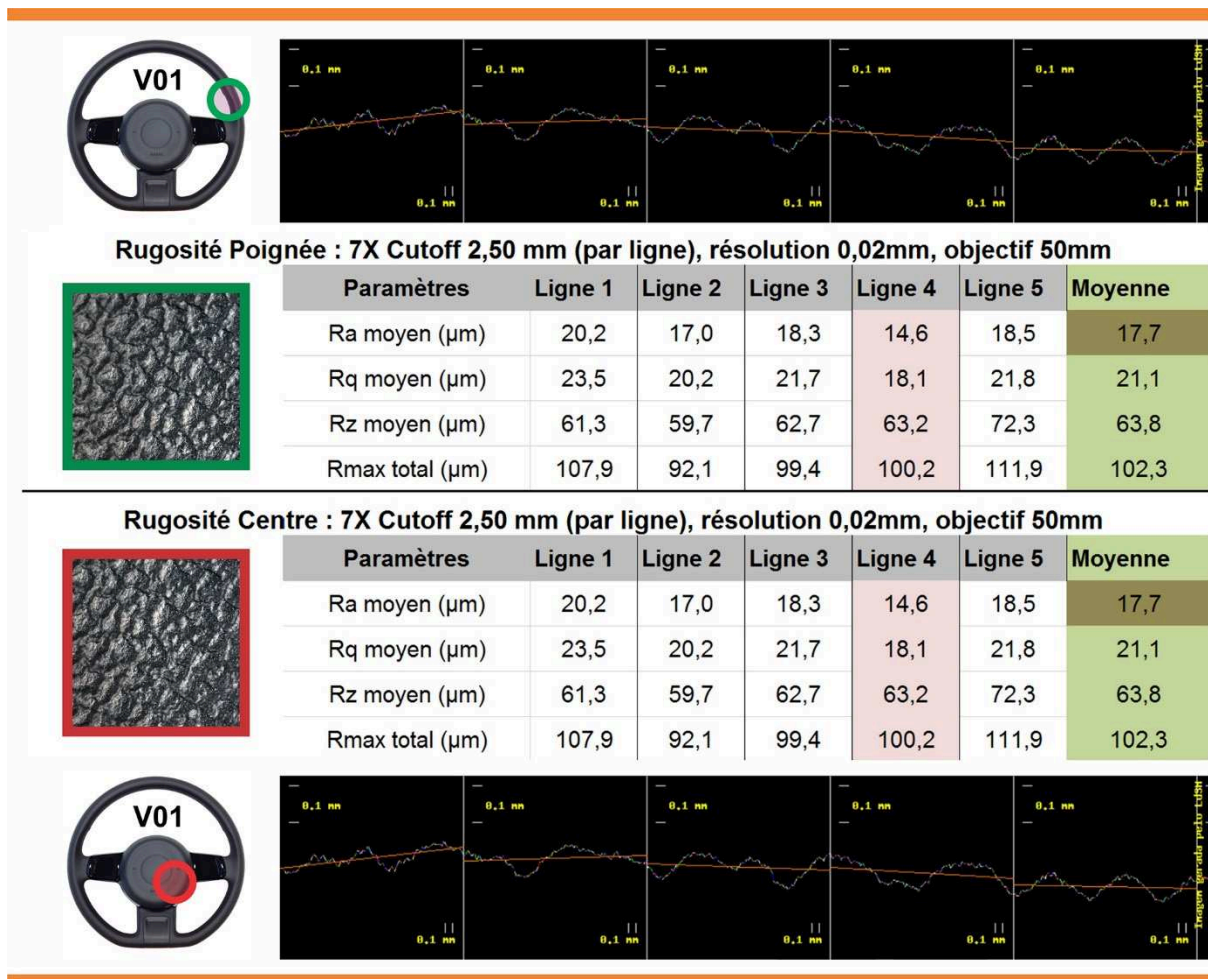
ANNEXE 4 [G] - EXP2

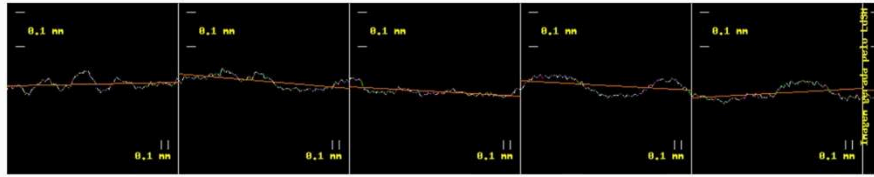
Pourcentage des expressions faciales par groupe



ANNEXE 5 [A] - EXP3

Tableau de données – Essai de Rugosité





Rugosité Poignée : 10X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm

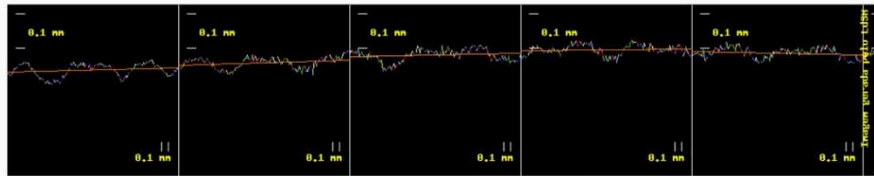
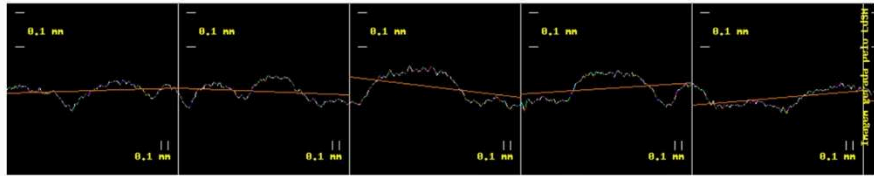


Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	13,2	17,4	13,4	13,0	13,4	14,1
Rq moyen (µm)	15,7	20,2	16,0	14,9	15,8	16,5
Rz moyen (µm)	73,0	104,6	85,2	70,6	67,3	80,1
Rmax total (µm)	88,0	129,0	99,1	80,7	74,7	94,3

Rugosité Centre : 7X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm



Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	19,1	19,7	21,0	13,0	18,2	18,2
Rq moyen (µm)	22,6	22,6	25,3	14,9	21,3	21,3
Rz moyen (µm)	75,5	64,2	76,5	70,6	64,5	70,3
Rmax total (µm)	124,7	103,0	138,8	80,7	108,7	111,2



Rugosité Poignée : 11X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm

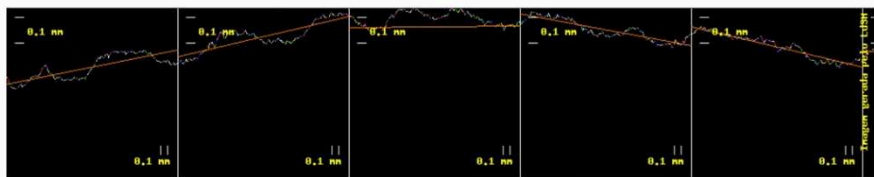


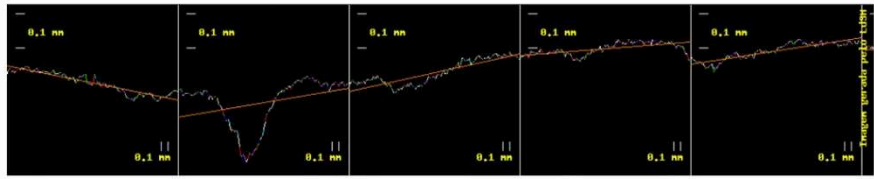
Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	12,0	11,7	11,9	12,1	11,7	11,9
Rq moyen (µm)	14,7	14,6	14,4	14,8	14,2	14,5
Rz moyen (µm)	56,8	82,7	52,8	80,2	56,6	65,8
Rmax total (µm)	97,6	122,2	74,4	83,5	87,7	93,1

Rugosité Centre : 10X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm

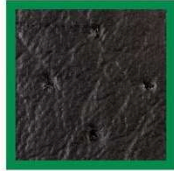


Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	19,7	19,6	16,7	15,9	20,5	18,5
Rq moyen (µm)	22,8	23,2	19,7	19,1	23,6	21,7
Rz moyen (µm)	107,7	119,5	69,7	93,6	71,4	92,4
Rmax total (µm)	117,6	139,4	108,8	120,0	105,8	118,3





Rugosité Poignée : 10X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm

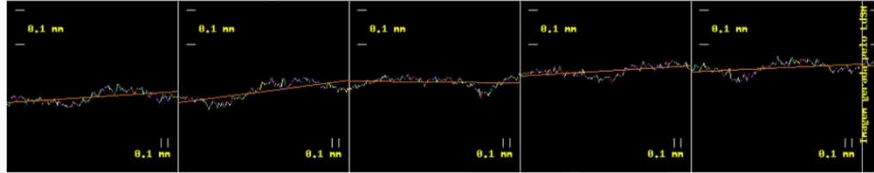
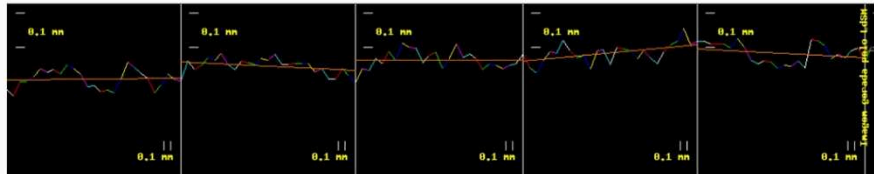


Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	17,3	13,2	16,8	23,8	12,2	16,7
Rq moyen (µm)	21,6	16,2	20,9	30,1	14,7	20,7
Rz moyen (µm)	184,9	81,2	78,1	241,3	63,6	129,8
Rmax total (µm)	328,7	98,6	246,3	334,3	105,4	222,7

Rugosité Centre : 13X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm



Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	23,7	24,9	23,4	24,2	26,1	24,5
Rq moyen (µm)	29,9	31,4	28,8	29,7	31,2	30,2
Rz moyen (µm)	143,4	131,6	123,7	136,2	131,9	133,4
Rmax total (µm)	300,2	200,8	168,7	190,8	185,8	209,3



Rugosité Poignée : 11X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm

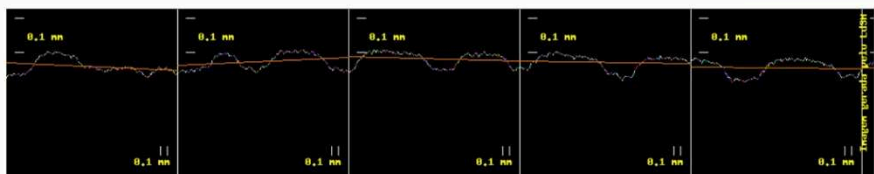


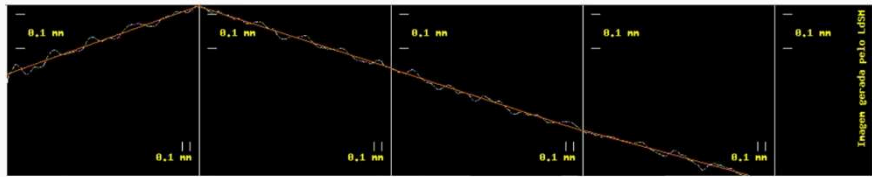
Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	12,4	13,0	12,3	12,8	12,3	12,6
Rq moyen (µm)	15,1	15,6	14,9	15,4	15,0	15,2
Rz moyen (µm)	59,8	84,5	57,9	65,9	82,6	70,1
Rmax total (µm)	93,6	95,4	94,8	100,8	108,1	98,5

Rugosité Centre : 10X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm



Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	18,0	18,5	16,7	19,8	17,6	18,1
Rq moyen (µm)	21,0	21,2	19,6	22,4	20,8	21,0
Rz moyen (µm)	87,3	106,8	91,6	96,4	84,8	93,4
Rmax total (µm)	97,9	126,0	97,2	110,3	106,4	107,6



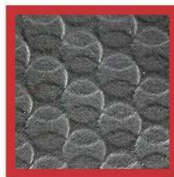


Rugosité Poignée : 7X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm

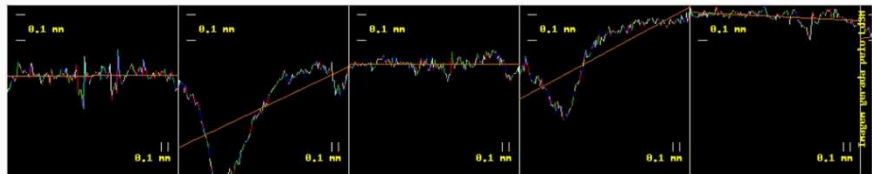
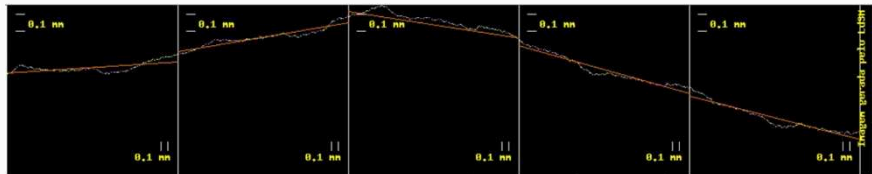


Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	6,5	6,7	5,5	6,0	5,9	6,1
Rq moyen (µm)	7,7	8,2	6,6	7,5	7,2	7,4
Rz moyen (µm)	28,9	29,8	21,6	26,2	23,9	26,1
Rmax total (µm)	39,4	40,9	32,1	44,6	42,5	39,9

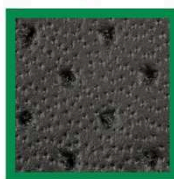
Rugosité Centre : 5X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm



Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	15,7	19,1	13,1	16,4	14,7	15,8
Rq moyen (µm)	19,5	22,8	16,8	20,2	18,4	19,5
Rz moyen (µm)	84,0	86,6	77,1	91,5	81,9	84,2
Rmax total (µm)	91,4	102,3	79,5	99,8	93,7	93,3

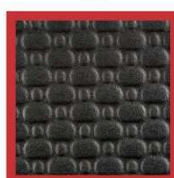


Rugosité Poignée : 10X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm

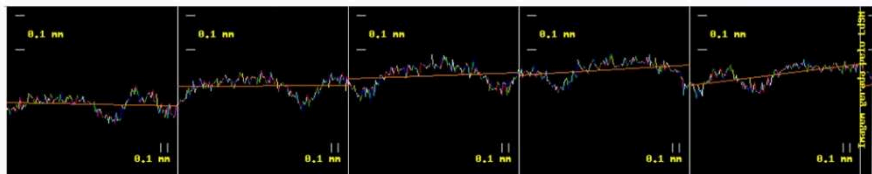


Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	20,3	17,2	36,1	14,8	19,2	21,5
Rq moyen (µm)	25,9	22,2	46,8	19,9	24,2	27,8
Rz moyen (µm)	302,8	140,6	383,0	175,6	132,2	226,8
Rmax total (µm)	458,5	149,0	529,3	185,8	176,1	299,7

Rugosité Centre : 10X Cutoff 2,50 mm (par ligne), résolution 0,02mm, objectif 50mm



Paramètres	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Ligne 4	Ligne 5	Moyenne
Ra moyen (µm)	20,7	20,1	20,4	19,7	17,9	19,8
Rq moyen (µm)	25,3	25,0	24,9	23,7	21,8	24,1
Rz moyen (µm)	125,8	99,9	129,0	93,7	118,1	113,3
Rmax total (µm)	134,9	195,8	155,0	141,9	131,2	151,8



ANNEXE 5 [B] - EXP3

Tableau de données – Essai de Dureté



Dureté Poignée :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore A)	63	62	62	63	61	62	62	62	62

Dureté Centre :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore D)	36	35	35	35	34	35	35	35	35



Dureté Poignée :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore A)	65	64	65	65	65	65	64	65	65

Dureté Centre :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore D)	41	42	42	42	42	42	43	42	42



Dureté Poignée :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore A)	79	79	78	79	79	79	79	78	79

Dureté Centre :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore D)	39	38	38	38	39	38	38	38	38



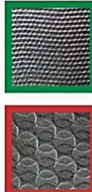
Dureté Poignée :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore A)	80	80	81	80	81	80	79	80	80

Dureté Centre :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore D)	47	48	48	48	48	47	48	48	48



Dureté Poignée :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore A)	75	75	74	75	75	74	75	75	75

Dureté Centre :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore D)	55	56	55	55	55	55	56	55	55



Dureté Poignée :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore A)	64	65	65	65	65	64	65	65	65

Dureté Centre :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore D)	42	43	43	43	43	42	42	43	43



Dureté Poignée :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore A)	82	82	81	82	82	82	81	82	82

Dureté Centre :									
Paramètres	1ère	2ème	3ème	4ème	5ème	6ème	7ème	8ème	Moyenne
(échelle Shore D)	40	41	40	40	40	41	40	40	40

ANNEXE 5 [C] - EXP3

Tableau de données – Essai Thermique

Valeurs normalisées par la moyenne du temps ZERO du VOLANT 01 [Périphérique et Main]														
	Zero	1 min.	2 min.	3 min.	4 min.	5 min.	6 min.	7 min.	8 min.	9 min.	10 min.	11 min.		
	température antérieure (temps ZERO)											température contact -		
	température contact - 1min											température contact - 2min		
	température contact - 3min											température contact - 4min		
	température contact - 5min											température après contact - 6min		
	température après contact - 7min											température après contact - 8min		
	température après contact - 9min											température après contact - 10min		
	température après contact - 11min											différences aux 5 premiers min.		
												différences aux 6 min. d'après		
												Indice de référence - temps ZERO (normalisation)		
V01-Centre Volant	25,4	25,6	25,6	25,7	25,8	25,9	25,8	25,8	25,9	26,0	26,0	26,0	0,4	0,4
V01-Perphérique Volant	25,2	31,2	31,8	32,2	32,4	32,6	30,4	28,9	27,7	27,2	26,8	25,6	7,4	6,1
V01-Main Conducteur	33,8	33,6	33,9	34,2	34,5	34,7							0,9	
V04-Centre Volant	25,2	25,1	25,2	25,1	25,0	25,0	25,2	25,1	25,1	25,2	25,2	25,1	-0,2	-0,2
V04-Perphérique Volant	25,2	30,5	31,1	31,4	31,6	31,7	30,3	27,8	27,0	26,4	26,0	25,9	6,5	5,9
V04-Main Conducteur	33,8	33,5	33,6	33,8	33,8	33,8							0,0	0,9
V06-Centre Volant	25,3	25,5	25,7	25,8	25,9	25,9	25,8	25,8	25,5	25,5	25,5	25,5	0,6	0,6
V06-Perphérique Volant	25,2	31,8	32,2	32,5	32,6	32,7	29,7	28,2	27,3	26,8	26,4	25,1	7,5	6,6
V06-Main Conducteur	33,8	33,5	33,6	33,8	33,7	33,7							-0,1	-1,3
V07-Centre Volant	25,4	25,6	25,9	26,0	26,1	26,1	25,8	25,7	25,6	25,5	25,4	25,4	0,8	0,8
V07-Perphérique Volant	25,2	31,5	32,1	32,4	32,6	32,6	29,2	27,9	27,1	26,5	26,2	25,0	7,4	6,6
V07-Main Conducteur	33,8	33,6	33,8	33,9	33,8	34,0							0,1	-1,2
V08-Centre Volant	25,3	25,6	25,7	25,9	25,9	26,0	25,7	25,6	25,5	25,4	25,4	25,3	0,7	0,7
V08-Perphérique Volant	25,2	31,7	32,2	32,6	32,8	33,0	30,3	29,1	28,3	27,8	27,2	26,8	7,8	6,2
V08-Main Conducteur	33,8	33,6	33,7	33,9	34,0	34,0							0,2	-1,6
V09-Centre Volant	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,4	25,2	25,1	25,2	25,3	25,2	25,2	0,1	0,1
V09-Perphérique Volant	25,2	30,4	31,2	31,6	31,9	32,1	31,2	29,0	28,1	27,6	27,1	26,8	6,8	5,3
V09-Main Conducteur	33,8	33,6	33,8	33,9	33,9	33,9							0,2	0,8
V10-Centre Volant	25,4	25,7	25,9	26,1	26,2	26,4	26,0	26,0	25,9	25,9	25,8	25,8	1,0	1,0
V10-Perphérique Volant	25,2	31,7	32,3	32,8	33,0	33,1	30,0	28,8	28,0	27,3	27,0	26,7	7,9	6,5
V10-Main Conducteur	33,9	33,8	34,1	34,3	34,4	34,6							0,8	-1,7

moyenne des 5 participants par volant

**DESIGN, TECHNOLOGIE ET PERCEPTION:
Définition d'un modèle de mise en relation du design émotionnel avec la
texture et les matériaux**

RESUME : Ce travail de recherche a pour objectif général de proposer un modèle de mise en relation du design émotionnel avec la macrotexture et les matériaux pour aider les concepteurs à la sélection de finitions pour les produits industriels. Cette modélisation vise à valoriser le produit à travers l'exploration des mécanismes sensoriels, sémantiques et émotionnels, qui interviennent lors de la perception du produit par le consommateur. Le processus perceptif est ainsi pris en compte à travers différentes modalités sensorielles de manière à enrichir le processus de conception. Le secteur d'application de notre recherche a été le secteur automobile, avec le produit « volant ». Ce produit a été analysé dans la catégorie Grand Public. Dans cette catégorie, les matériaux ont été analysés sur un ensemble de 7 différents modèles de volants avec une population française et brésilienne. Par ailleurs, différents paramètres techniques tels que, la dureté, la rugosité et la dissipation thermique, ont été pris en compte dans la mise en relation pour renforcer la communication entre les domaines du Design et l'Ingénierie.

Mots clés : Sélection de matériaux, texture tactile, macrotexture, interaction émotionnelle, kansei engineering, design émotionnel, sémantique.

**DESIGN, TECHNOLOGY AND PERCEPTION: Definition of a linking model of
emotional design with texture and materials**

ABSTRACT : This research has the overall goal to propose a model linking emotional design with macrotexture and materials to help designers in the selection of finishes for industrial products. This model aims to promote the product through the exploration of sensory, semantic and emotional mechanisms, involved in the perception of the product by the consumer. The perceptive process is thus considered through different sensory modalities to enrich the design process. The application sector of our research was the automotive sector, with the product "steering wheel". This product was analyzed in the General Public category. In this category, the materials were analyzed within a set of 7 different steering wheels models by a population of French and Brazilian users. Moreover, different technical parameters such as, hardness, roughness and heat dissipation have been taken into account in the linking to strengthen communication between the fields of Design and Engineering.

Keywords : Selection of materials, tactile texture, macrotexture, emotional interaction, kansei engineering, emotional design, semantics.

