



Intégration des aspects sensoriels dans la conception des emballages en verre: mise au point d'un instrument méthodologique à partir des techniques d'évaluation sensorielle

Anne Dumenil-Lefebvre

► To cite this version:

Anne Dumenil-Lefebvre. Intégration des aspects sensoriels dans la conception des emballages en verre: mise au point d'un instrument méthodologique à partir des techniques d'évaluation sensorielle. Sciences de l'Homme et Société. Arts et Métiers ParisTech, 2006. Français. NNT : 2006ENAM0006 . pastel-00001774

HAL Id: pastel-00001774

<https://pastel.hal.science/pastel-00001774>

Submitted on 9 Sep 2010

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.

N° 2006-06

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
Centre de Paris

THÈSE

PRESENTÉE POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

DE

**L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE
D'ARTS ET MÉTIERS**

SPECIALITÉ : GENIE INDUSTRIEL

PAR

Anne DUMENIL - LEFEBVRE

INTEGRATION DES ASPECTS SENSORIELS DANS LA CONCEPTION
DES EMBALLAGES EN VERRE :
MISE AU POINT D'UN INSTRUMENT METHODOLOGIQUE À PARTIR
DES TECHNIQUES D'EVALUATION SENSORIELLE

soutenue le 26 janvier 2006 devant le jury composé de

M. R. DUCHAMP, Professeur des Universités, HDR, à l'ENSAM, Paris, Directeur
M. J-F. BASSEREAU, Professeur associé à l'ENSAM, Paris, Co-directeur
M. N. HARRIS, Saint-Gobain Emballage, Tuteur Industriel
Mme C. DACREMONT, Professeure des Universités, à l'ENSBANA, Dijon, Rapporteur
M. J-F. PETIOT, Maître de Conférences, Professeur à l'ECN, Nantes, Rapporteur
Mme A-M. PENSE-LHERITIER Professeure à l'EBI, Cergy-Pontoise, Examineur

*« Nos yeux, nos oreilles, notre odorat, notre goût diffèrent, créent
autant de vérités qu'il y a d'hommes sur la terre. »*

Guy de Maupassant

à Geoffroy, Axelle et Eugénie

Remerciements

Je tiens à remercier le Professeur Robert Duchamp, pour son soutien permanent et son écoute au cours de ces quatre années de recherche au laboratoire CPI. Merci à vous pour les questions qui nous poussent à réfléchir et aller plus loin : « *Mais au fait, c'est quoi ta thèse ?* ». Sans elles, nous ne serions pas de vrais chercheurs.

Je remercie à Mme Dacremont et M. Petiot d'avoir accepté de faire partie du jury.

Un chaleureux merci à mon professeur de toujours, Mme Pensé pour son soutien scientifique et l'accueil toujours très convivial à l'EBI. Merci à Amélie et Julie que j'ai fait courir pendant deux ans.

Un immense merci à Jean-François Bassereau, pour m'avoir supportée, dans les deux sens du terme. Merci pour ton imagination débordante et ton humour quelles que soient les circonstances. Je regretterai nos discussions politiques enflammées, bien que n'ayant pas réussi à te convaincre complètement (peut-être qu'il faudrait que refasse une thèse ?) je garde tout de même quelques espoirs pour 2007...

Quant à vous, Nicholas, il me faudrait 300 pages de plus pour vous adresser des remerciements à la hauteur de ce qu'ils devraient être. Merci à vous de m'avoir fait connaître SGE, de m'avoir continuellement encouragée, et surtout de m'avoir fait confiance. Vous m'avez transmis ce goût du travail bien fait dans les moindres détails, le souci de la perfection et un peu de votre tempérament *so british* qui consiste à prendre les choses de la vie toujours du côté positif (impensable pour un Français). Nicholas, vous m'avez aussi transmis ce goût de thé qui revient inéluctablement tous les jours vers 17h. Aussi, grâce à vous je sais attendre...un peu plus longtemps qu'avant...

Merci à toute l'équipe de SGE et de SGR qui m'a toujours soutenue matériellement et moralement, Mathilde, Laurette, Thomas, Cyril 1, Cyril 2, Fabienne, Paolo, Philippe, Christèle, Julie-Ann, Michèle, Hélène, Dominique, Claude, Emmanuel, Bertrand, Sophie, Estelle, Patrick, Alain...

Merci aux membres du labo CPI pour leur bonne humeur, Séverine, Stéphanie, Carole 1, Carole 2, Fabrice, Gwenola, José, Patrice, Frédéric, Nicolas. Un petit mot particulier pour toi Flore, avec qui j'ai réussi à co-habiter dans ce bureau malgré mon ordre proche de la maniaquerie pathologique et ton désordre naturel, merci à toi pour toutes ces discussions que nous n'avons pas pu éviter (mariage, fringues, maquillage, bébés) alors que nous avions des thèses à rédiger. Je te souhaite tous mes vœux de bonheur.

Mille excuses à mes amis pour les dîners annulés, les e-mails sans réponse, le téléphone jamais décroché et les messages non écoutés, et pour les dix mille « je peux pas, faut que je finisse ma thèse ».

Un merci infini à ma famille et belle-famille pour son soutien sans relâche, en particulier pour ma mère sans qui mon mari et mes enfants seraient atteints de dénutrition avancée. Merci pour les trois cent cinquante mille « ça te dérangerait pas de garder les filles, j'ai ma thèse à finir ? »

Merci à Edith, la nounou d'enfer, pour sa disponibilité et son don hors du commun pour les enfants et pour les vingt mille « ça ne vous ennuerait pas de rester plus tard ce soir ? J'ai du travail. »

Merci à « Asselle » et « Eunénie » pour votre sourire adorable et pour m'avoir laissée, quelquefois, écrire trois lignes entre deux couches ou deux biberons.

Et bien sûr, merci à toi Jojo pour avoir su interrompre tes confcalls, team lunches, progress reviews, steercos, PSP et autre boule de mercure qui se fait électrocuter pour me libérer du temps et me laisser finir ma thèse, enfin....

Sommaire

1	Introduction	- 19 -
2	Contexte industriel.....	- 23 -
2.1	Le cas particulier du produit « emballage ».....	- 23 -
2.1.1	Histoire de l'emballage	- 23 -
2.1.2	Le couple produit/emballage.....	- 24 -
2.2	L'emballage pour boissons	- 27 -
2.2.1	Saint-Gobain Emballage	- 27 -
2.2.2	Le secteur de l'emballage pour boissons	- 28 -
2.2.2.1	Chiffres clés	- 28 -
2.2.2.2	Evolution du marché	- 29 -
2.2.2.3	Le verre et les cinq sens, naissance du projet « polysensorialité des emballages ».....	- 31 -
3	Le contexte de recherche.....	- 33 -
3.1	Intégration du sensoriel en marketing : naissance du marketing « sensoriel »	- 33 -
3.1.1	Apparition de nouveaux modes de consommation	- 33 -
3.1.2	De l'étude du consommateur au marketing sensoriel	- 34 -
3.1.2.1	Définition(s) du marketing	- 34 -
3.1.2.2	Apport de la psychologie expérimentale à l'étude des cinq sens	- 36 -
3.1.2.3	Définition du marketing sensoriel et théorie de la proxémie.....	- 38 -
3.2	Intégration des aspects sensoriels dans la conception de produits.....	- 42 -
3.2.1	« L'utilisateur oublié »	- 42 -
3.2.2	Naissance de l'ingénierie anthropocentrée.....	- 43 -
3.2.3	Les outils de l'ICH.....	- 45 -
3.2.3.1	La micropsychologie	- 45 -
3.2.3.2	L'ergonomie.....	- 46 -
3.2.3.3	La métrologie sensorielle	- 49 -
3.3	Comparaison du marketing sensoriel et de l'ICH.....	- 49 -
3.4	La métrologie sensorielle, un ensemble de méthodes et outils pour une prise en compte des aspects sensoriels des produits	- 52 -
3.4.1	Définition de la métrologie sensorielle	- 52 -
3.4.2	Les instruments de la métrologie sensorielle	- 54 -
3.4.2.1	Définitions, exemples.....	- 54 -
3.4.2.2	Limites des instruments de mesures des sensations	- 55 -
3.4.3	Les méthodes de la métrologie sensorielle.....	- 55 -
3.4.3.1	La discipline mère : la psychophysique.....	- 55 -

3.4.3.2	Les pères fondateurs et les théories.....	- 56 -
3.4.3.3	Les échelles de mesures et les échelles de sensation.....	- 57 -
3.4.4	Les outils de la métrologie sensorielle.....	- 60 -
3.4.5	Le cas particulier de l'évaluation sensorielle : instrument méthodologique de la métrologie sensorielle....	- 62 -
3.4.5.1	Définition et origine.....	- 62 -
3.4.5.2	Approches théoriques.....	- 62 -
3.4.5.3	Méthodologie générale.....	- 64 -
3.4.5.4	Les applications.....	- 68 -
3.4.6	Récapitulatif sur l'utilisation de la métrologie sensorielle.....	- 69 -
3.5	La conception des emballages verriers	- 71 -
3.5.1	La conception de produit et les représentations intermédiaires.....	- 71 -
3.5.2	Définition du produit « emballage ».....	- 72 -
3.5.3	La processus de conception chez SGE.....	- 75 -
3.6	Les aspects sensoriels de l'emballage.....	- 78 -
4	Problématiques et hypotheses.....	- 81 -
4.1	Bilan de l'état de l'art.....	- 81 -
4.2	Problématique n°1 : intégration des aspects tactiles et visuels dans la conception chez SGE.-	82 -
4.2.1	Problème de l'intégration d'un nouveau domaine dans l'entreprise.....	- 82 -
4.2.2	Exemple : intégration de l'ergonomie en entreprise.....	- 84 -
4.2.3	Le cas de SGE.....	- 85 -
4.3	Hypothèse n°1 : l'ES, instrument méthodologique très évolutif	- 86 -
4.4	Problématique n°2 : l'évaluation tactile des emballages, prise en compte de la gestuelle	- 86 -
4.4.1	L'exploration haptique des objets.....	- 86 -
4.4.2	La main du textile, une problématique identique.....	- 88 -
4.5	Hypothèse n°2 : le problème de la gestuelle, apport de l'ergonomie	- 90 -
4.6	Récapitulatif des problématiques et hypothèses	- 91 -
5	Expérimentation	- 93 -
5.1	Plan de l'expérimentation	- 93 -
5.2	Constitution d'un panel d'évaluation sensorielle.....	- 94 -
5.2.1	Recherche de descripteurs.....	- 96 -
5.2.1.1	Prise de contact avec le groupe.....	- 100 -
5.2.1.2	Génération des descripteurs.....	- 100 -
5.2.1.3	Réduction de la liste commune.....	- 101 -
5.2.1.4	Liste définitive et définitions.....	- 103 -
5.2.2	Entraînement du panel.....	- 110 -

5.2.2.1	Méthodologie générale et déroulement	- 110 -
5.2.2.2	Le contrôle des performances.....	- 112 -
5.3	Contribution à l'optimisation d'un procédé de dépolissage des bouteilles.....	- 117 -
5.3.1	Problématique industrielle	- 117 -
5.3.1.1	Le satinage acide et le procédé Saticcoat®	- 117 -
5.3.2	Protocole expérimental	- 121 -
5.3.3	Résultats.....	- 122 -
5.4	Une application marketing : la comparaison verre/PET	- 125 -
5.4.1	Problématique industrielle	- 125 -
5.4.2	Protocole expérimental	- 126 -
5.4.3	Résultats.....	- 128 -
5.4.3.1	Comparaison visuelle du verre et du PET, bouteilles vides et pleines	- 128 -
5.4.3.2	Comparaison tactile du verre et du PET, bouteilles vides	- 130 -
5.4.3.3	Comparaison tactile du verre, du PET et de l'aluminium bouteilles pleines, deux températures.....	- 131 -
5.5	Application méthodologique : prise en compte des gestes	- 136 -
5.5.1	Problématique méthodologique	- 136 -
5.5.2	Protocole expérimental	- 137 -
5.5.3	Résultats.....	- 139 -
5.5.3.1	Résultats de la grille d'observation	- 139 -
5.5.3.2	Comparaison des réponses sensorielles.....	- 143 -
6	Apports et perspectives.....	- 147 -
6.1	Retour sur expérience	- 147 -
6.1.1	Constitution d'un panel d'ES.....	- 147 -
6.1.2	Le profil sensoriel, représentation intermédiaire d'une surface	- 149 -
6.1.3	Apport de l'ergonomie à l'ES des emballages	- 151 -
6.2	L'ES, instrument méthodologique pour la conception	- 153 -
6.2.1.1	Les devoirs de l'outil de conception.....	- 153 -
6.2.1.2	Place de l'ES dans le processus de conception	- 155 -
6.3	Synthèse des apports	- 157 -
6.3.1	Apports industriels.....	- 157 -
6.3.2	Apports de recherche	- 158 -
6.4	Perspectives	- 159 -
7	Conclusion	- 161 -
8	Références bibliographiques	- 165 -
9	Annexes.....	- 177 -

Table des figures

Figure 1 : L’emballage dans l’achat de produit [SAP 05]	- 25 -
Figure 2 : Les préférences en matière de matériaux d’emballage [SAP et al. 05].....	- 25 -
Figure 3 : L’importance des caractéristiques d’un produit lors de son achat, note de 1 à 10. [SAP et al. 05] .-	26 -
Figure 4 : Répartition du chiffre d’affaire par métier (2004)	- 27 -
Figure 5 : part en chiffre d’affaire des matériaux d’emballage pour le marché français [SES 04]	- 29 -
Figure 6 : Pourcentage des boissons consommées par un français pendant l’année 2004.	- 29 -
Figure 7 : Marché des bouteilles et pots en alimentaires en verre en 2003 (en pourcentage du nombre total de cols) [SES 04].....	- 30 -
Figure 8 : Evolution de la consommation française en litre par tête des différents types de boissons.....	- 31 -
Figure 9 : Schéma simplifié du comportement du consommateur	- 38 -
Figure 10 : Hiérarchisation des perceptions selon la théorie de la proxémie	- 39 -
Figure 11 : Cadre conceptuel de l’impact des stimuli sur le comportement du consommateur (démarche du marketing sensoriel) [DAU et al. 02]	- 41 -
Figure 12 : Positionnement des domaines constitutifs de l’ICH.	- 44 -
Figure 13 : La place de l’analyse qualitative dans l’ICH	- 45 -
Figure 14 : Exemple de gestes utilisés pour l’ouverture de sacs en plastique thermoscellés	- 48 -
Figure 15 : Dispositif utilisé pour une mesure des efforts à l’ouverture de pots.....	- 48 -
Figure 16 : Taxinomie des éléments méthodologiques en conception de produit [VAD 96].....	- 53 -
Figure 17 : Les différents types d’échelles [MEI et al. 99]	- 58 -
Figure 18 : les différents types d’échelles d’intervalles [DEP 98]	- 59 -
Figure 19 : Exemple d’échelle de rapport [DEP 98]	- 59 -
Figure 20 : Les dimensions du référentiel Sensotact®.....	- 61 -
Figure 21 : Etapes physiologiques de la perception [DEP 98], [PSY 99]	- 63 -
Figure 22 : Les principales étapes du choix de l’épreuve sensorielle [DEP 98]	- 65 -
Figure 23 : Etapes pour permettre à un candidat de devenir un sujet expert, puis un sujet expert spécialisé [ISO 8586-1, 93], [ISO 8586-2, 94].	- 67 -
Figure 24 : Exemple de cabines d’évaluation sensorielle.....	- 68 -
Figure 25 : Synthèse des différents volets de la métrologie sensorielle et de leurs applications	- 70 -
Figure 26 : Place de la métrologie sensorielle dans le cycle de produit [CRI 97].....	- 71 -
Figure 27 : La conception de produit - notion de transformation de l’idée au produit.....	- 71 -
Figure 28 : Les trois valeurs d’un produit selon Philippe Vadcard [VAD 96].....	- 74 -
Figure 29 : Démarche de conception chez SGE	- 75 -
Figure 30 : Détail de la création d’un emballage chez SGE.....	- 76 -

Figure 31 : Quelques exemples de bouteilles sérigraphiées par l'entreprise Saga Décor, filiale de SGE.....	- 77 -
Figure 32 : Quelques exemples de bouteilles dépolies et sérigraphiées par l'entreprise Saga Décor	- 78 -
Figure 33 : Les trois pôles de l'intégration d'une nouvelle méthode de conception	- 84 -
Figure 34 : Types de mouvements autorisés en fonction de la position d'une gouttière.....	- 88 -
Figure 35 : Les six principales procédures exploratoires décrites par Lederman et Klatsky. Le terme entre parenthèse indique la propriété perçue par chaque procédure.....	- 90 -
Figure 36 : Récapitulatif des problématiques et hypothèses et plan d'expérimentation.	- 92 -
Figure 37 : Niveau A_0 de l'expérimentation	- 93 -
Figure 38 : Plan de l'expérimentation sous le format SADT, détail de l'étape A_0	- 94 -
Figure 39 : Planning détaillé de la mise en place du panel.....	- 96 -
Figure 40 : Plan de l'expérimentation sous le format SADT, détail de l'étape A_{1-1} et A_{1-2}	- 96 -
Figure 41 : Protocole de recherche de descripteurs mis sous le formalisme SADT, détail de l'étape A_{1-1}	- 99 -
Figure 42 : Liste définitive des descripteurs tactiles pour le groupe « multi-matériaux ».....	- 105 -
Figure 43 : Liste définitive des descripteurs visuels pour le groupe « multi-matériaux ».....	- 106 -
Figure 44 : Liste définitive des descripteurs tactiles pour le groupe « dépoli »	- 108 -
Figure 45 : liste définitive des descripteurs visuels pour le groupe « dépoli ».....	- 109 -
Figure 46 : Exemple de répétabilité tactile du groupe « dépoli ».....	- 114 -
Figure 47 : Exemple de répétabilité tactile du groupe « multi-matériaux »	- 115 -
Figure 48 : Exemple de bonne répétabilité intra-individuelle d'un juge du groupe « dépoli »	- 116 -
Figure 49 : Exemple de non-répétabilité intra-individuelle d'un juge du groupe « multi-matériaux ».....	- 116 -
Figure 50 : Vues microscopiques d'un satinage acide et d'un Saticoat®	- 118 -
Figure 51 : Profils de rugosité des différents traitements	- 120 -
Figure 52 : Mesures de R_z des différents échantillons.....	- 120 -
Figure 53 : Protocole n°1 d'ES des premières bouteilles Saga	- 121 -
Figure 54 : Protocole n°2 d'ES des premières bouteilles Saga	- 122 -
Figure 55 : Premier test de classement tactile	- 123 -
Figure 56 : Deuxième test de classement tactile.....	- 124 -
Figure 57 : Première expérimentation : comparaison visuelle du verre et du PET	- 127 -
Figure 58 : Deuxième expérimentation : comparaison tactile du verre et du PET, sur bouteille vide	- 127 -
Figure 59 : Troisième expérimentation : comparaison tactile du verre, de l'aluminium et du PET, sur bouteilles pleines à température ambiante et réfrigérée.....	- 128 -
Figure 60 : Profil visuel de bouteilles vides en verre et en PET.....	- 129 -
Figure 61 : Profil visuel de bouteilles pleines en verre et en PET.....	- 129 -
Figure 62 : Profil tactile de bouteilles PET, Verre et canette Aluminium, pleines, à température ambiante	- 132 -
Figure 63 : Profil tactile de bouteilles PET, Verre et canette Aluminium, pleines, sortant du frigo.....	- 133 -
Figure 64 : Comparaison du toucher du verre à température ambiante et réfrigérée	- 134 -
Figure 65 : Comparaison du toucher du PET à température ambiante et réfrigérée	- 134 -

Figure 66 : Comparaison du toucher d'une canette en aluminium à température ambiante et réfrigérée	135 -
Figure 67 : Présentation du protocole d'ergonomie	136 -
Figure 68 : Les différentes parties de la bouteille.....	137 -
Figure 69 : Protocole expérimental de l'expérience gestuelle.....	139 -
Figure 70 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « dépoli » en pourcentage de sollicitations... -	140 -
Figure 71 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « multi-matériaux » en pourcentage de sollicitations.....	140 -
Figure 72 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « dépoli » en pourcentage.....	141 -
Figure 73 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « dépoli » en pourcentage.....	141 -
Figure 74 : Profils tactiles de la bouteille en PET obtenus lors de chacun des trois tests	143 -
Figure 75 : Profils tactiles de la canette en aluminium obtenus lors de chacun des trois tests.....	143 -
Figure 76 : Profils tactiles de la bouteille en verre obtenus lors de chacun des trois tests	144 -
Figure 77 : Profil tactile de l'échantillon satinage obtenu lors de chacun des trois tests	144 -
Figure 78 : Profil tactile de l'échantillon Saticoat®1 obtenu lors de chacun des trois tests.....	145 -
Figure 79 : Profil tactile de l'échantillon Saticoat®2 obtenu lors de chacun des trois tests.....	145 -
Figure 80 : Répartition des séances d'ES des deux groupes de panels	147 -
Figure 81 : Synthèse sur les aspects du panel traités	149 -
Figure 82 : Apport du profil sensoriel en conception de produit.....	151 -
Figure 83 : l'ES, voie d'intégration de l'ergonomie dans le processus de conception chez SGE	152 -
Figure 84 : la conception des 3 valeurs d'un produit, le passage de l'idée aux caractéristiques matérielles .	155 -
Figure 85 : Place de l'ingénierie anthropocentrée dans le processus de conception	156 -
Figure 86 : Place des aspects sensoriels au cours de la conception de produits	157 -
Figure 87 : Interventions potentielles de la métrologie sensorielle chez SGE	160 -

Table des tableaux

Tableau 1 : Comparaison du marketing sensoriel et de l'ICH.....	- 51 -
Tableau 2 : Parallèle entre olfaction humaine et nez électronique [NES et al. 04]	- 54 -
Tableau 3 : Récapitulatifs sur les méthodes de recherche de liste de descripteurs [URD et al. 01].....	- 98 -
Tableau 4 : Détail des séances d'entraînement.....	- 111 -
Tableau 5 : Valeur des moyennes et écarts-types obtenus pour trois échantillons lors d'un test de répétabilité pour le groupe « dépoli »	- 113 -
Tableau 6 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « dépoli » ..	114 -
Tableau 7 : Valeur des moyennes et écarts-types obtenus pour trois échantillons lors d'un test de répétabilité pour le groupe « multi-matériaux »	- 114 -
Tableau 8 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « multi-matériaux »	- 115 -
Tableau 9 : Dénomination des échantillons évalués.....	- 121 -
Tableau 10 : Somme des rang de chaque échantillons suivant chaque descripteur.....	- 123 -
Tableau 11 : Somme des rang de chaque échantillons suivant chaque descripteur.....	- 124 -
Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la variance du profil visuel bouteille PET et Verre.....	- 130 -
Tableau 13 : Résultats de l'analyse de la variance du profil tactile bouteille PET et Verre.....	- 131 -
Tableau 14 : Résultats analyse de la variance du profil tactile, température ambiante	- 132 -
Tableau 15 : Résultats analyse de la variance du profil tactile, température réfrigérée	- 133 -
Tableau 16 : Grille d'observation ergonomique.....	- 138 -
Tableau 17 : Echantillons utilisés pour les tests	- 138 -
Tableau 18 : Résultats des observations des panélistes des deux groupes	- 142 -
Tableau 19 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « multi-matériaux »	- 144 -
Tableau 20 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « dépoli »	- 145 -
Tableau 21 : Familles d'outils de conception de produit [VAD 96]	- 154 -

1 INTRODUCTION

Dans les économies développées nous sommes passés d'une économie productiviste à une économie de la conception. Plus que la mondialisation financière, ce qui met aujourd'hui en question la vie des entreprises, c'est la transformation accélérée des produits et des modes de consommation. La différenciation intensive des goûts, des valeurs et des modes de vie mène à une société avide de renouvellements. On ne demande plus à l'entreprise de produire en quantité mais de produire de la nouveauté et de la diversité. Cette nouvelle économie de la conception soulève deux problématiques essentielles pour les entreprises : d'une part la nécessité de prendre en compte les attentes des consommateurs et d'autre part d'intégrer un processus de conception performant. Ainsi, les entreprises doivent satisfaire les différentes attentes des clients (la plupart du temps non explicitées). Les entreprises sont alors obligées, d'intégrer ces nouvelles problématiques dès l'initiation de la conception.

Pourtant l'utilisateur a été, depuis les prémices de la conception de produits, partie prenante du processus de conception et de développement des objets, l'artisanat en est un exemple bien réel. Mais la révolution industrielle scelle cette séparation tranchée, conception/réalisation qui a pour conséquence d'éloigner définitivement l'utilisateur du concepteur. C'est d'ailleurs cette mise à distance de tous les acteurs de la conception d'un objet qui sonne le glas des projets de réalisation collaborative, comme l'édification de cathédrales, ou bien encore dans une moindre mesure, la fabrication de navires.

Dès la naissance du concept de révolution industrielle, des intellectuels anglais pressentent le danger de l'oubli de l'Homme dans les préoccupations de production à grande échelle. William Morris est l'un des premiers, avec Ruskin dans son ouvrage intitulé « les sept lampes de l'architecture » à alerter sur les conséquences d'une telle mise à l'écart [RUS 80]. Pourtant, c'est bien l'homme qui se retrouve au service de la machine et l'utilisateur oublié qui se met au service du produit. Mais, depuis la révolution industrielle de nombreux concepteurs, créateurs n'ont cessé d'alerter et de sensibiliser sur ces dangers. Dans les années 1970, Gaetano Peché, designer italien, mène une réflexion qui vise à résoudre le paradoxe du consommateur « disposer d'un objet accessible financièrement tout en désirant son unicité. Or, le prix de vente s'abaisse mécaniquement par la mise en série des objets. Ses travaux sur les mousses expansées et résines, utilisées pour différents meubles (tables, chaise, fauteuils, bibliothèques...), font de Gaetano Peché l'architecte/designer qui place l'Homme au centre de ses préoccupations.

Cette problématique concernant la place de l'Homme au centre des préoccupations des industriels ne relève certainement pas que du design mais plus largement du génie industriel, domaine de recherche visant à améliorer les systèmes industriels par l'élaboration de nouvelles théories, de nouveaux concepts, méthodes, outils méthodologiques, structures organisationnelles, systèmes de management, systèmes d'informations. Il a pour rôle d'assister l'Industrie par le développement de connaissances, méthodes et outils qui améliorent les

chances de générer un produit utilisable, adoptable. Aujourd'hui, l'intégration des aspects qualitatifs et des souhaits du consommateur est indispensable à la génération de produits. Cette intégration doit dépasser la simple volonté et nécessite l'acquisition puis l'appropriation de méthodes particulières à conformer au contexte industriel donné.

Parallèlement à cette tendance, on a constaté, depuis une dizaine d'années, l'apparition dans les publications scientifiques d'abord, relayées par la suite par la presse, d'une nouvelle approche ou manière d'appréhender le consommateur par ses sens et ses émotions. On parle alors de marketing sensoriel, de stimulation du consommateur par ses sens. Mais le réel est-il à la hauteur de la promesse des écrits et de sa communication ? A l'image du génie industriel, se base-t-elle sur des outils ou des méthodes ? Correspond-elle à un simple effet de mode, à une démarche construite ou empirique de la part des entreprises. Nous avons donc cherché à savoir ce qu'il en était réellement de cet engouement pour le sensoriel ? **Nous montrerons dans les deux premières parties que ce discours est en fait réellement fondé sur des évolutions récentes du marketing et de la technologie, où la prise en compte des nouveaux besoins des consommateurs ou des besoins des nouveaux consommateurs a nécessité de dépasser la simple volonté d'intégration pour explorer l'apport de nouvelles disciplines ou domaines, tels que la psychologie, l'anthropologie, la sémiotique, et l'évaluation sensorielle.** Pourtant, force est de constater l'absence de réelles applications dans les industries de l'emballage verrier.

Bien que considéré comme produit intermédiaire, l'emballage est devenu une des composantes intégrantes du mix-produit, il participe grandement à la qualité perçue du produit; et constitue le premier contact avec le consommateur. Dans la même tendance que la présentation des produits sous l'angle sensoriel, la presse spécialisée dans l'emballage aborde quasi-systématiquement le rôle de l'emballage dans la perception de la qualité du produit. L'emballage demeurant le seul lien tangible avec l'univers d'origine du produit, il devient un médiateur incontournable entre le *consommateur* et le produit. Afin de répondre positivement à cette nouvelle exigence du marché, les fabricants d'emballages doivent désormais prendre en compte les aspects qualitatifs et subjectifs perçus au même titre que les aspects techniques. Saint-Gobain Emballage en tant que leader sur le marché de l'emballage verre n'échappe bien sûr pas à cette nouvelle règle. De plus, il doit rester compétitif face à la montée en puissance du PET sur des marchés traditionnellement occupés par le verre, comme les boissons sans alcool. Quand on sait que nombre des clients de Saint Gobain Emballage ont intégré les approches méthodologiques de l'Evaluation Sensorielle, on comprend que, comme d'autres secteurs industriels, Saint-Gobain Emballage ait souhaité intégrer les données de ces nouvelles méthodes pour la compréhension du consommateur dans ses relations avec les emballages.

L'évaluation sensorielle, mise au point dans les années 70 dans l'industrie agroalimentaire, a pour but de mesurer les sensations que procure un produit (un aliment, un parfum, un textile, ou un emballage). Cette mesure permet de lever le voile sur quelques aspects du comportement des consommateurs et d'explicitier leurs

envies subjectives. Si l'apport de l'évaluation sensorielle à la caractérisation des aspects perçus des produits peut paraître évidente, sa place dans la conception et son rôle d'outil de conception l'est moins. L'évaluation sensorielle peut-elle être utilement intégrée comme un outil de conception des emballages de demain, en permettant de prendre en compte les goûts des consommateurs? Nous avons tenté de répondre à cette interrogation par des applications concrètes aux emballages verriers telles que :

- la caractérisation du toucher et de la vision de surfaces de verre dépoli dans le but de pouvoir optimiser un procédé de dépolissage prenant ainsi en compte les aspects sensoriels ;
- la comparaison sensorielle entre emballages verre et plastique pour le marché des jus de fruits, dans le but d'objectiver les différences perçues entre le verre et ses matériaux concurrents tels que le PET et l'aluminium.

Or l'application et l'intégration de l'évaluation sensorielle soulève deux questions: est-ce que l'application de l'évaluation sensorielle comme méthode de caractérisation de surface va permettre l'intégration de ces données dans le processus de conception de Saint-Gobain Emballage ? D'autre part, cette approche, mise au point par une recherche transdisciplinaire et appliquée dans l'industrie agro-alimentaire, pose de nouveaux problèmes d'ordre méthodologique, notamment pour l'évaluation tactile des emballages. Les emballages, objets en trois dimensions, offrent une importante diversité d'exploration tactile en fonction de la forme, du volume, des parties étiquetées...etc.

Ainsi nous détaillerons dans une troisième partie les problématiques soulevées, et nous argumenterons les hypothèses que nous avons dues émettre pour les résoudre, comme notamment l'apport de l'ergonomie. Puis nous verrons au travers de quatre expérimentations comment nous avons mis en applications nos hypothèses et comment nous avons démontré que l'évaluation sensorielle constitue un outil de conception à part entière dont les applications vont bien au-delà de la caractérisation de surface.

2 CONTEXTE INDUSTRIEL

2.1 Le cas particulier du produit « emballage »

2.1.1 Histoire de l'emballage

De simple contenant, l'emballage est devenu bien plus qu'une simple réponse à une fonctionnalité, il symbolise échange, troc et partage entre individus. Depuis plus d'un millénaire le développement de l'emballage a fini par en faire un objet omniprésent, apporté en Gaule puis en France par les marchands, les techniciens immigrés, les soldats rentrés d'une campagne étrangère. C'est ainsi que l'on doit au Grecs le sac, aux Allemands le kraft, aux Américains le jerrycan, aux Français l'étui, aux Germains la chopine et la chope, aux Flamand et Néerlandais le paquet (et ses multiples dérivés) ainsi que l'étiquette, au latin une centaine de mots, parfois venus par l'italien ou le provençal, comme le carton. Enfin, par une colonisation linguistique récente, nous devons à l'anglais le packaging, le tanker, le container et le label. [BOT 91]

L'histoire de l'emballage est indissociable des échanges entre les hommes et de leurs déplacements. Dès qu'il faut s'éloigner de la tribu et emporter des vivres, il faut inventer des emballages, pour regrouper, transporter, protéger et conserver. Les premiers emballages datent de la Préhistoire. C'était alors des peaux d'animaux (la gibecière du chasseur, la gourde) ou des feuilles. Sont venus ensuite vers 6000 avant Jésus Christ les céramiques et les paniers. Vers 1500 avant Jésus Christ, les égyptiens fabriquaient des récipients en verre¹.

En Angleterre, en 1746, est apparu le premier produit emballé sous une marque : une boîte de poudre contre la fièvre. Ce pays se distingua encore avec l'emballage de savons, d'huile et de moutarde de marque. Jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle, les hommes utilisaient au mieux, pour l'emballage, les matériaux que la nature mettait à leur disposition : soit directement le bois, le liège, le cuir, l'argile, les fibres (chanvre, jute, raphia, osier...) soit après transformation comme le verre, les métaux, le papier. En 1850, l'apparition du tube de peinture souple a permis aux artistes peintres de parcourir la campagne, de ne plus être obligés de peindre en atelier ou par la fenêtre d'une demeure. C'est cet emballage qui permit l'avènement de l'impressionnisme.

Ces exemples montrent que l'introduction de l'emballage des produits a permis volontairement ou non des changements de modes de vie et de consommation. Franck Cochoy exprime très bien dans son ouvrage « Sociologie du packaging » les conséquences de l'apparition du packaging : « (...) *l'emballage, qui en*

¹ Comme le « matériau verre » lui-même, l'usage de récipients en verre est très ancien puisque dès le 8^{ème} siècle avant Jésus-Christ, les Égyptiens savent fabriquer du « verre creux » à partir d'un moule (intérieur) en argile en utilisant une « canne » pour le soufflage. Au cours des siècles, le procédé évoluera peu. Au 17^e siècle apparaît la première « bouteille » en verre, à peu près en même temps que la découverte du « champagne » par Dom Pérignon ; la conservation du liquide nécessite un « emballage » résistant et étanche. Mais le procédé est toujours manuel (cueillage et soufflage à la bouche dans un moule).

transformant les produits génériques en produits emballés, a permis d'introduire la comparaison entre le même et le même. (...) Ceci entraîne la pluralisation verticale et horizontale des prix et des qualités multiples (percevoir deux contenus identiques comme deux produits différents). La multiplication des repères (contenance, caractéristiques intrinsèques et extrinsèques) finit par brouiller le mécanisme du repérage. L'emballage déporte l'attention du consommateur de l'appréciation des prix et des qualités vers l'appréciation de tel ou tel paquet, à quantité proche ou identique. » [COC 02].

De plus, l'avènement de l'emballage moderne s'est traduit dans le vocabulaire courant par l'emploi d'un mot anglais « packaging » souvent préféré à l'association emballage et conditionnement. En effet, ces mots français ne rendent pas compte de toutes les stratégies de création et de développement qui se cachent dans l'emballage de nos produits de grande consommation. **Le packaging représente donc le passage de l'emballage traditionnel de la vente au détail au préemballé. Cette révolution s'est faite notamment avec l'apparition de la distribution en libre-service. [REQ 98]**

2.1.2 Le couple produit/emballage

Ainsi l'**emballage**² correspond à tout produit constitué de matériaux de toute nature, destiné à contenir et à protéger les marchandises, allant des matières premières aux produits finis, à permettre leur manutention et leur acheminement du producteur au consommateur ou à l'utilisateur, et à assurer leur présentation. Tous les articles « à jeter » utilisés aux mêmes fins doivent être considérés comme des emballages.

Considéré de la sorte, l'emballage a pour mission d'acheminer les produits, tout en les mettant en valeur aux yeux du consommateur. L'emballage devient l'interface entre le produit et son environnement avant utilisation, tout en véhiculant l'image de marque du produit et de l'entreprise. Pour le consommateur, l'emballage garantit l'intégrité du produit, il le protège, tout en facilitant l'usage. Il permet l'identification du produit tout au long de la chaîne logistique jusqu'au moment de l'utilisation finale. Une récente étude³ a été publiée dans Emballages Magazine sur les attentes des consommateurs en matière d'emballage. Quelques résultats sont présentés sur les Figure 1, Figure 2 et Figure 3.

² La définition de l'emballage, qui figure dans la Directive UE 94/62 [DIR 94], distingue et définit diverses classes d'emballages :

- l'emballage de vente ou emballage primaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente une unité de vente pour l'utilisateur final ou le consommateur ;
- l'emballage groupé ou emballage secondaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à constituer au point de vente un groupe d'un certain nombre d'unités de vente, qu'il soit vendu tel quel à l'utilisateur final ou au consommateur, ou qu'il serve seulement à garnir les présentoirs au point de vente ; il peut être enlevé du produit sans en modifier les caractéristiques ;
- l'emballage de transport ou emballage tertiaire, c'est-à-dire l'emballage conçu de manière à faciliter la manutention et le transport d'un certain nombre d'unités de vente ou d'emballages groupés en vue d'éviter leur manipulation physique et les dommages liés au transport. L'emballage de transport ne comprend pas les conteneurs de transport routier, ferroviaire, maritime et aérien.

³ Etude réalisée par les sociétés Exposium et MV2 Conseil, 400 consommateurs ont été consultés (76% de femmes et 24% d'hommes).

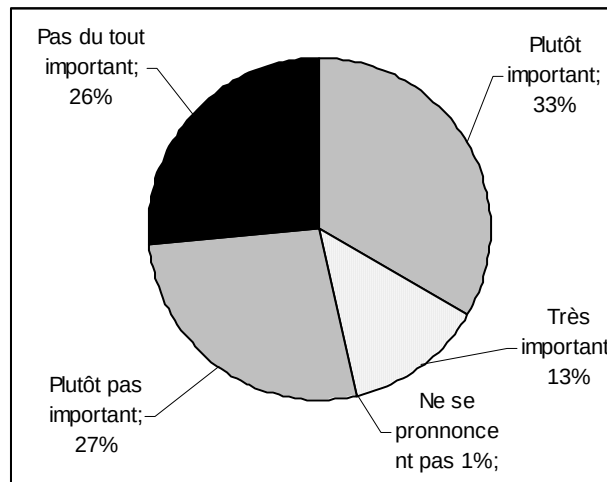


Figure 1 : L'emballage dans l'achat de produit [SAP 05]

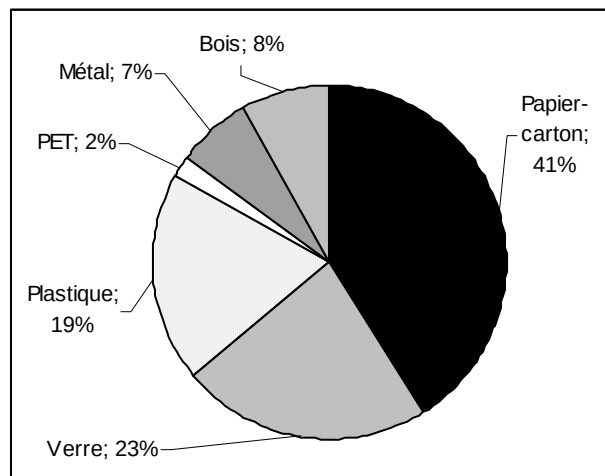


Figure 2 : Les préférences en matière de matériaux d'emballage [SAP et al. 05]

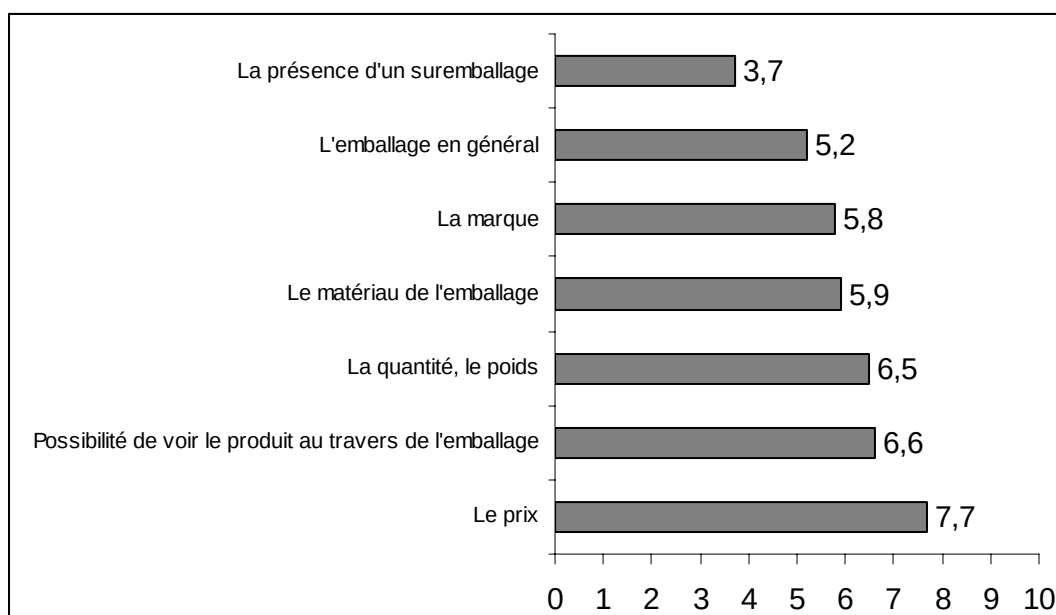


Figure 3 : L'importance des caractéristiques d'un produit lors de son achat, note de 1 à 10. [SAP et al. 05]

L'apparence que prend un produit sur le lieu de vente est essentielle, au sens où le consommateur achète ce dont il a envie et pas forcément ce dont il a besoin. Le bon emballage est celui qui sollicite les sens en plaçant le produit dans son univers de référence sans ambiguïté. Les consommateurs ont d'ailleurs progressivement adopté les codes couleurs et formes propres à chaque catégorie de produits. Ces codes s'imposent dans l'esprit du consommateur et peuvent devenir un système de références.

Ce phénomène est de nos jours très renforcé par l'apparition du *hard-discount*⁴ que les distributeurs essaient de contrer comme ils le peuvent, notamment par les MDD⁵ et des marques premiers prix. Or ces dernières, positionnées à bas prix et dernières arrivées dans les linéaires doivent s'imposer par leur seul packaging, les enseignes de distribution ne dépensant pas de budget communication pour leur lancement. Seul le prix et leur packaging permettent de faire la différence en rayon.

Ainsi les industriels du packaging se doivent de trouver des moyens performants pour concevoir et contrôler la qualité perçue des emballages. Le rôle représentatif du packaging est un élément clé de la réussite du produit. Dans ce contexte industriel particulier nos efforts de recherche se sont portés sur la modélisation de la qualité perçue des emballages verrier de boissons alimentaires.

⁴ Selon la définition tirée de Panorama/Points de vente, un magasin hard discount est un libre service alimentaire avec un personnel réduit, une présentation sommaire, un assortiment limité aux produits de base, des prix bas, peu ou pas de marques nationales, mais des produits sous marques de distributeurs ou des produits sans marque. Le nombre de références est limité (en moyenne entre 1000 et 1500 selon les enseignes), soit dix fois moins que dans un hypermarché. Le hard discount est devenu un des phénomènes de consommation de ce début du siècle. En quatre ans, il a séduit 2,3 millions de foyers nouveaux et compte aujourd'hui 15,3 millions de ménages clients.

⁵ Marques De Distributeurs qui représentent plus du quart du chiffre d'affaires des enseignes dans le marché alimentaire.

2.2 L'emballage pour boissons

2.2.1 Saint-Gobain Emballage

Saint-Gobain Emballage (SGE) est une société française qui fabrique des bouteilles et pots en verre pour le marché de l'agro-alimentaire. Sa production annuelle représente 4 milliards de bouteilles et pots, elle possède six sites de production, et deux mille trois cents personnes y travaillent. Elle fait partie du pôle Conditionnement du groupe Saint-Gobain : avec plus de vingt mille personnes réparties à travers le monde, le Pôle Conditionnement (CA : trois milliards huit cent mille euros en 2004, voir répartition des ventes sur la Figure 4) représente douze pourcents des ventes totales du groupe Saint-Gobain, c'est un acteur mondial majeur dans les trois métiers qu'il exerce :

- la fabrication **de bouteilles et de pots** en verre pour l'industrie agro-alimentaire
- la production **de flacons en verre** destinés à la parfumerie, la cosmétique et l'industrie pharmaceutique
- la production **de pompes en plastique** pour le conditionnement des produits d'entretien, d'hygiène et de beauté, et les produits pharmaceutiques.

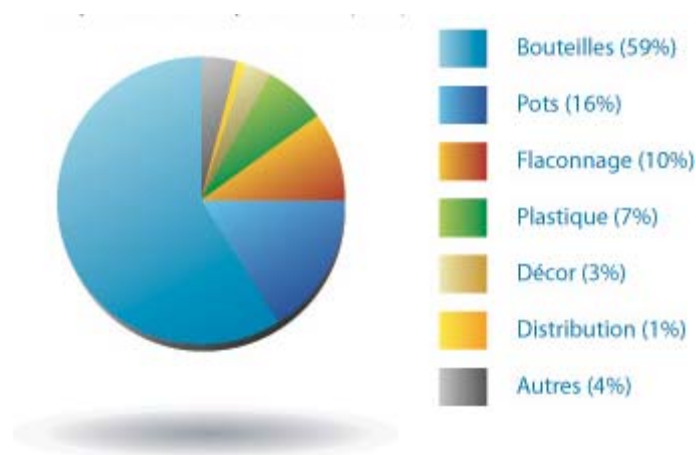


Figure 4 : Répartition du chiffre d'affaire par métier (2004)

Ainsi la fabrication et la vente des bouteilles en verre représentent aujourd'hui le fer de lance du pôle conditionnement et repose sur SGE pour le marché français. Toutes démarches d'innovation pour conserver ses parts de marchés et en gagner d'autres sont étudiées et/ou intégrées par cette dernière.

2.2.2 Le secteur de l'emballage pour boissons

2.2.2.1 Chiffres clés

La fabrication des emballages en France génère un chiffre d'affaire d'un peu plus de dix-huit milliards d'euros (année 2003). Elle occupe ainsi dans l'industrie manufacturière un niveau comparable à celui de la construction aéronautique et spatiale⁶.

Actuellement, cinq matériaux d'emballage se partagent le marché du conditionnement : le **papier-carton**, le **plastique**, le **bois**, le **verre** et le **métal** (voir Figure 5). Les trois premiers sont fournis essentiellement par des PME, les deux autres relèvent de grosses sociétés. L'agro-alimentaire (trente-huit pourcents agro-alimentaire liquide et vingt-sept pourcents non liquide) reste le premier *client*⁷ des conditionneurs [MAG 04]. Le marché des boissons est ainsi stratégique pour les fabricants d'emballages. On entend par boissons :

- **Les boissons rafraîchissantes sans alcool (BRSA)**⁸ : eau embouteillée, boissons carbonatées (Coca-cola, Orangina, Perrier, Badoit...etc.), jus de fruits et nectars, boissons tranquilles (Oasis), sirop, thé et café glacé, boissons pour le sport et les boissons énergétiques. L'eau embouteillée représente environ soixante pourcent de la consommation française de BRSA.
- **le lait et autres boissons lactées**,
- **les boissons chaudes** comme le thé ou le café,
- **les boissons alcoolisées** : bière, cidre, vin et spiritueux.

Une répartition de la consommation de ces différentes boissons par français est représentée sur la Figure 6.

⁶ Elle représente cent cinq mille emplois pour un peu moins d'un millier d'entreprises de vingt salariés et plus.

⁷ Le sens de Client est ici le client de SGE, c'est-à-dire l'industriel qui achète l'emballage et va le remplir pour ensuite le vendre au consommateur final. Dans le langage courant, on parle aussi parfois des embouteilleurs. Le terme client sera en italique dans le restant ce mémoire lorsqu'il désignera cette relation *client*/fournisseur.

⁸ En anglais, on utilise le terme soft drinks.

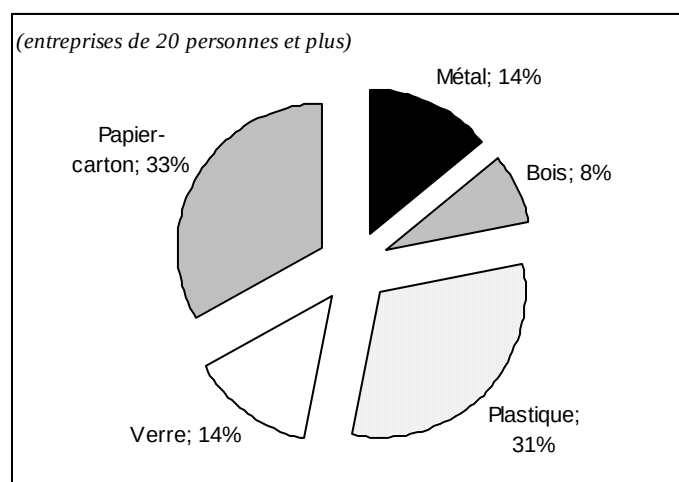


Figure 5 : part en chiffre d'affaire des matériaux d'emballage pour le marché français [SES 04]

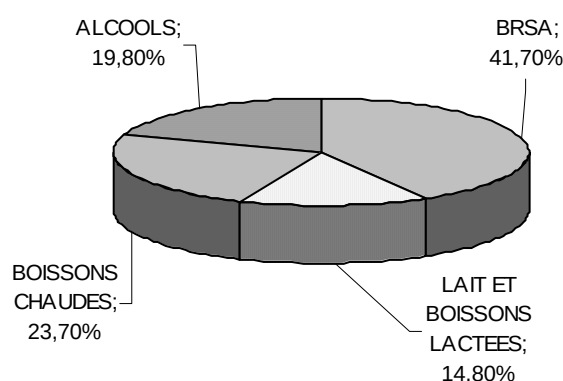


Figure 6 : Pourcentage des boissons consommées par un français pendant l'année 2004.⁹

2.2.2.2 Evolution du marché

Les différents types de boissons possèdent des caractéristiques propres que l'emballage se doit de préserver. Grâce aux efforts de recherche les matériaux répondent aux diverses contraintes de conservation (qualité de l'effet barrière). Parmi les cinq matériaux d'emballage, seuls quatre sont utilisés pour les boissons ou liquides alimentaires : le **verre**, le **plastique**, les **métaux**, le **carton**. Bien que le plastique et le papier-carton soient dominants sur le marché de l'emballage général, ce n'est pas le cas **pour le marché particulier des boissons alimentaires où le verre et le métal occupent une place prédominante**, voir annexe n° 1.

Le verre, matériau le plus traditionnel, reste dominant sur les produits haut de gamme tels que les alcools, vins et champagne, mais ses positions sont également fortes sur certains segments des BRSA, voir Figure 7. Il fait plus de la moitié du chiffre d'affaire sur la vente des bouteilles.

⁹ Les données sont extraites de l'*Annual Report 2004* réalisé par le service Soft Drink de la société Canadean.

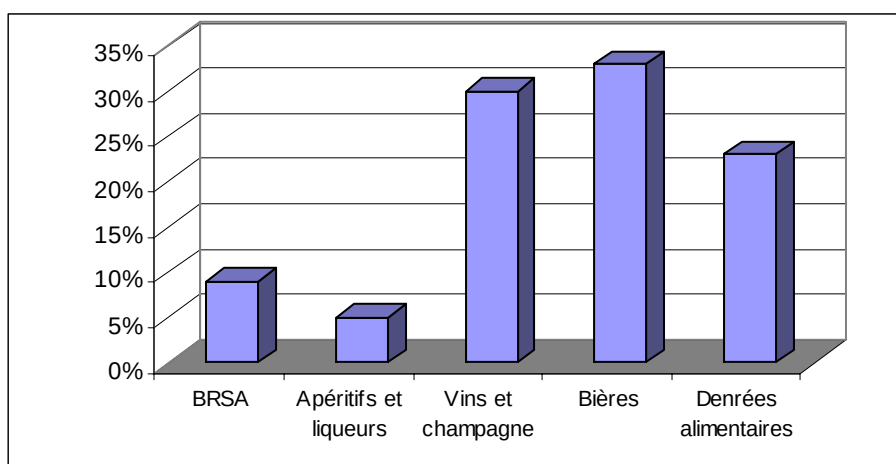


Figure 7 : Marché des bouteilles et pots en alimentaires en verre en 2003 (en pourcentage du nombre total de cols) [SES 04]

Les métaux (aluminium et acier) sont les matériaux privilégiés pour les petits contenants de boissons gazeuses. Ils s'adaptent parfaitement aux nouveaux modes de consommation (distributeurs de boissons, consommation hors domicile) et se prêtent aux exigences des clients en matière d'esthétisme [HOF 03], [BEL 04]. **Le carton**, lui est surtout adapté pour les jus de fruits et le lait.

Le plastique est le matériau qui s'adapte aujourd'hui à tous les types de conditionnement. Il gagne des parts de marché sur des segments où il était traditionnellement absent, comme celui de la bière. Matériau leader dans le domaine des eaux minérales, le plastique ne cesse d'élargir son champ d'application. Les recherches lui ont notamment permis d'améliorer son pouvoir barrière, mais il souffre d'une recyclabilité moins performante, contrairement au verre. On parlera tout au long de cette thèse du PET (polyéthylène téréphtalate) qui ne cesse d'augmenter ses parts de marché au détriment des autres plastiques comme le PVC mais surtout au détriment du verre : le PET associant plusieurs qualités telles que la brillance, la résistance, la tenue à la pression interne et une capacité relative à faire barrière au gaz [BOI 04].

Nous observons, depuis une dizaine d'année, une augmentation de la consommation des BRSA et une diminution de la consommation d'alcool, les autres boissons se maintenant à un volume assez constant, voir Figure 8.

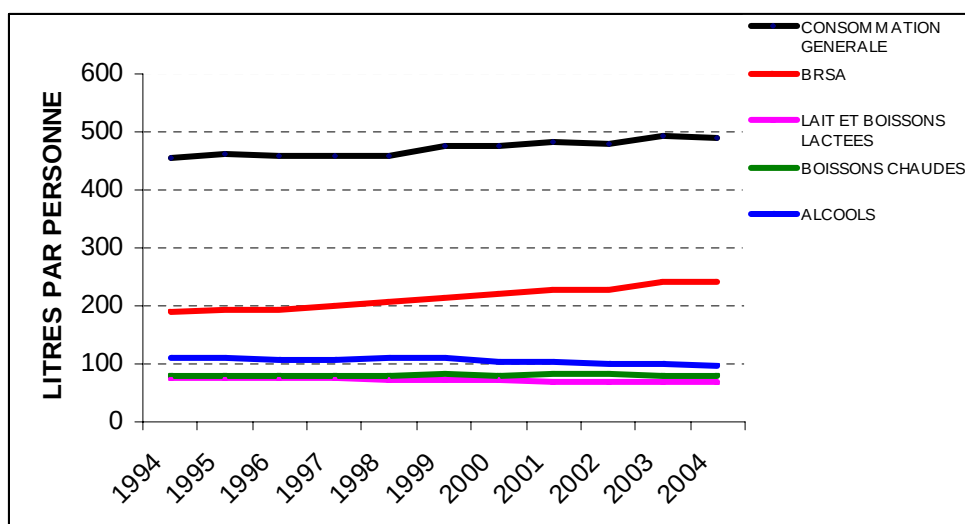


Figure 8 : Evolution de la consommation française en litre par tête des différents types de boissons⁵.

Une diminution de la consommation des boissons où le verre est matériau leader au profit de la consommation des BRSA, marché multi-matériaux, ainsi que les progrès constants de la technicité et de l'esthétique du plastique font que le verre doit trouver de nouveaux arguments autres que techniques pour se maintenir et faire face à cette montée en puissance des matériaux plastiques, en particulier du PET. **C'est dans ce contexte économique et industriel que SGE, verrier leader, a cherché à diversifier son offre et à faire évoluer les arguments du verre face au plastique basés jusqu'à présent sur son pouvoir barrière et son inertie face au contenant (comme les alcools), son prix et sa recyclabilité. Une volonté d'intégrer d'autres éléments, comme les aspects sensoriels et de praticité, est née.**

2.2.2.3 Le verre et les cinq sens, naissance du projet « polysensorialité des emballages »

Historiquement SGE est une industrie de transformation intermédiaire lourde et technologiquement mure, avec des actions de développement orientées principalement vers l'amélioration technique du procédé et du produit. Toutefois les services marketing et R&D à l'écoute des *clients* et des tendances du marché ont été très réceptifs à la prise de conscience concernant l'importance de la qualité perçue. En 2000, le service marketing a commencé à appréhender ses problématiques en présentant leurs produits du point de vue sensoriel : le verre et les cinq sens, en insistant par exemple sur l'impact visuel de certaines formes ou certaines couleurs, du toucher soft des différents *parachèvements*¹⁰...etc. Cette nouvelle présentation des produits de SGE sous l'angle sensoriel suivait en effet l'apparition, depuis la fin des années 1990, une nouvelle forme de marketing : le *marketing sensoriel*, qui s'intéresse de très près à l'impact des produits sur les sens des consommateurs. De nombreuses campagnes de publicité ont utilisé le sensoriel comme vecteur de

¹⁰ On appelle *parachèvement* l'ensemble des finitions que l'on applique aux emballages verriers, comme la sérigraphie, le dépolissage, le laquage...etc.

communication. Assez rapidement, le marketing et la R&D, soucieux de l'image de SGE auprès des *clients* ont compris que pour continuer à utiliser ces arguments, ils devaient les approfondir et surtout les appréhender de façon scientifique. Il s'agissait d'utiliser l'argumentaire sensoriel non seulement comme vecteur de communication suivant la mode mais comme méthode de travail en temps que telle.

Une première étape a donc été de démarrer un projet de DEA nommé « Etude de la polysensorialité des emballages » avec le laboratoire CPI de l'ENSAM. Ce premier projet a permis, entre autres, d'établir un état de l'art concernant l'emballage sensoriel, et la faisabilité scientifique et technique d'intégrer les aspects sensoriels dans la conception chez SGE. Il a aussi permis de faire l'inventaire des techniques permettant de prendre en compte les aspects perceptifs. La principale conclusion de ce premier sujet de recherche a permis d'identifier l'*évaluation sensorielle* comme méthode incontournable de la mesure des aspects sensoriels et trois principales applications : l'optimisation d'un procédé de dépolissage (pour Saga Décor, filiale de SGE), les différences d'aspects tactiles et visuels entre le verre et le PET (application essentiellement marketing) et la participation à la recherche d'un nouveau procédé de dépolissage pour le verre plat (pôle Vitrage).

En fait, ce projet a servi de base pour le démarrage du projet de thèse CIFRE de 3 ans, qui a débuté en février 2003. Bien que néophyte en matière d'évaluation sensorielle, SGE fut rapidement convaincu de l'importance et de l'utilité de cet outil, d'autant plus que leurs *clients* le connaissent et l'utilisent depuis de nombreuses années.

Le projet s'est déroulé au sein de la direction technique, en interface permanente avec le service marketing. De plus, de nombreux acteurs du pôle conditionnement, ou des autres branches du groupe, comme Saint-Gobain Recherche, ont contribué à cette recherche.

3 LE CONTEXTE DE RECHERCHE

La maîtrise des aspects sensoriels, approche très sollicitée des industries de biens de consommation, provient de l'émergence du *marketing sensoriel*, et de l'utilisation de l'évaluation *sensorielle*, existant depuis plus d'un siècle et utilisée industriellement depuis les années 1970. Afin de mieux comprendre d'où vient cet engouement pour le sensoriel et quelles sont réellement ses bases scientifiques, nous allons rappeler ce que chacune de ces deux approches désignent et sous-entendent.

3.1 *Intégration du sensoriel en marketing : naissance du marketing « sensoriel »*

3.1.1 Apparition de nouveaux modes de consommation

On a pu constater depuis une dizaine d'années, une volonté différente des entreprises pour approcher le consommateur : on parle beaucoup de polysensorialité, de marketing expérientiel ou émotionnel. Or ces nouveaux concepts ne sortent pas de l'imagination des services marketing, ils ont pour origine l'apparition de nouveaux modes de consommation et donc de nouveaux types de consommateurs.

Il y a 10 ans, Gérard Mermet décrivait déjà dans son ouvrage « Tendances 1996, Le nouveau consommateur » des changements des modes de consommation : *« Les valeurs matérielles ont aujourd'hui une moindre importance que par le passé. Au contraire, les dimensions immatérielles comme l'émotion, les sentiments, la communication, la convivialité jouent un rôle croissant dans la vie des individus. (...) La possession d'objets et de biens d'équipement est moins importante et moins valorisante, surtout si ceux-ci ne contribuent pas à donner un sens à la vie. (...) La recherche de sens est donc devenue une dimension majeure de la consommation. Elle a pour conséquence un rejet de certains produits, notamment les gadgets et les fausses innovations. Elle explique aussi la redistribution du budget des ménages vers des dépenses plus porteuses de sens sur le plan individuel, comme les loisirs, la culture et tout ce qui peut contribuer au développement personnel. »* [MER 96].

Les nouvelles exigences de l'individu, associées à l'accroissement de l'offre proposée par les entreprises, entraînent un éclatement des besoins. Chaque individu devient de plus en plus regardant quant à l'offre de produits proposée, obligeant ainsi les entreprises à développer une relation individuelle avec ses clients. Cette relation individuelle va jusqu'à l'offre de produit « sur mesure » qui fait passer la consommation de masse (un produit pour tous) à un achat personnalisé : un produit pour une personne à travers l'assemblage de sous-produits. Ces exigences, loin d'être basées sur une seule logique rationnelle, relèvent tout autant d'une évolution collective des modes de vies que de besoins subjectifs ressentis par chaque individu.

Dans son ouvrage « *Marketing sensoriel du point de vente*, 2002 » [RIE 02], Sophie Rieunier, réduit à trois les facteurs à l'origine des nouvelles orientations marketing :

- des contraintes commerciales de plus en plus fortes,
- l'émergence de nouvelles technologies au service de l'aménagement des magasins,
- des consommateurs en quête d'expériences d'achat agréables et originales.

Pendant longtemps le marketing définissait le comportement d'un individu comme celui étant capable d'établir des choix à partir de l'information disponible et pertinente, cherchant à obtenir toute la satisfaction possible à partir de ses préférences. On parlait alors « *d'homo economicus* ». Nous étions dans l'air de la rationalité. Désormais, les concepts et les pratiques marketing intègrent de plus en plus les composantes affectives et émotionnelles du consommateur [HET 02].

Gérard Mermet parle alors du remplacement du marketing de masse par le micro-marketing : « *Les techniques de marketing cherchent à s'adapter aux nouvelles attitudes et aux nouveaux comportements des consommateurs face aux produits, aux marques, aux prix, aux services ou aux lieux de distribution. La notion de valeur ajoutée change. Les produits ne peuvent plus être seulement porteurs de satisfactions matérielles ; ils doivent avoir un contenu immatériel. Ils doivent aujourd'hui non seulement apporter de véritables services, mais aussi contribuer à l'épanouissement de l'acheteur ou de l'utilisateur.*

Le marketing de masse cède donc peu à peu la place à un micro-marketing qui cherche à transformer le client en partenaire d'une aventure vécue en commun sur le long terme. Il considère chaque client comme unique et s'adresse à lui de manière personnalisée. Cependant, Patrick Hetzel souligne bien le fait que cette tendance n'est pas radicalement nouvelle dans la mesure où elle est une évolution du marketing plus qu'elle en est une révolution.

Afin de mieux situer ces évolutions, nous allons exposer quelques grands principes directeurs du marketing et voyons comment l'indispensable étude du comportement du consommateur est associée à cette discipline.

3.1.2 De l'étude du consommateur au marketing sensoriel

3.1.2.1 Définition(s) du marketing

Nous pouvons trouver dans la littérature plusieurs définitions : « *Le marketing est une méthode, mettant en œuvre une démarche et des outils, sous-tendu par un état d'esprit particulier, qui cherche à satisfaire, dans les meilleures conditions psychologiques pour la clientèle, et financière pour l'entreprise, les besoins naturels ou suscités* ». [DAY 76]

D'après le *Dicomarketing* la définition officielle serait : « *Processus de gestion visant à identifier, anticiper et satisfaire les besoins des consommateurs en les rentabilisant. Dans la mesure où des organisations non commerciales font également du marketing, on pourrait étendre cette définition aux actions des individus et des organisations, destinées à faciliter et à encourager les échanges au bénéfice des deux parties.* » [DIC 92]

« Le marketing est une démarche visant à satisfaire les désirs et les besoins du consommateur, dans la logique de la stratégie de l'entreprise, au travers d'un échange de biens ou de services. Un produit ne se vendra que s'il répond à un besoin du marché. » [BER et al. 02]

Qu'il soit défini comme une méthode, un processus ou une démarche, le marketing est d'abord un état d'esprit et un comportement qui vise à adapter l'offre (un produit, un service) à la demande du client (consommateur ou entreprise). Pour cela, il dispose d'outils pour analyser le comportement du consommateur. Ce sont des techniques d'enquêtes ou d'études permettant d'évaluer l'adéquation entre les niveaux d'action et les moyens envisagés. Certaines études ont un caractère exploratoire, d'autres ont pour vocation de décrire des phénomènes de consommation, d'achat, ou des processus psychologiques engagés par les acteurs. On distinguera les études dites quantitatives et les études qualitatives¹¹ [LAD 99].

Les **méthodes quantitatives**, basées en partie sur les statistiques, permettent d'obtenir des chiffres et des graphes, en général à partir de questionnaires. Les études quantitatives se contentent de délimiter ou de préciser un phénomène. Il n'y a aucune garantie que l'interprétation des résultats d'une étude descriptive aboutisse à des effets significatifs lors de la mise en place d'actions opérationnelles. Quand aux études exploratoires, elles visent bien souvent à initialiser d'autres études, et leur utilisation directe présente des risques importants.

Les **méthodes qualitatives** regroupent des méthodes de sciences humaines recherchant, explicitant et analysant des phénomènes visibles ou cachés. Ces phénomènes par essence ne sont pas mesurables (une croyance, une représentation, un style personnel de relation à autrui, une stratégie face à un problème, une procédure de décision), ils ont les caractéristiques spécifiques des faits humains [MUC 94]. L'étude qualitative préalable vise à détecter les raisons qui président à l'acte d'achat d'un produit. Cette étude comprend l'analyse des mobiles qui poussent l'individu ou le décideur industriel à acquérir le produit, et des freins psychologiques, physiques et économiques qui tendent à inhiber l'acte d'achat. Dans une première phase, ces critères sont identifiés par la conduite d'un nombre limité d'entretiens semi directifs, réalisés notamment par des psychologues ou des spécialistes du grand public. La technique la plus couramment employée pour les

¹¹ La mesure de la satisfaction client peut être évaluée à partir de l'analyse des réclamations. Il est néanmoins évident que se borner à traiter les réclamations constitue une attitude curative et non préventive. De surcroît, seul un faible pourcentage des clients non satisfaits réclame.

études qualitatives est celle de l'entretien de groupe semi directif (focus group) [FEN 02]. Ce type d'approche permet de segmenter le marché par le regroupement des populations aux caractéristiques semblables.

Quels que soient les choix en matière de techniques d'étude, le marketing doit pouvoir conceptualiser les phénomènes de consommation et d'achat à partir des caractéristiques des individus qui sont à l'origine des comportements. Il doit être capable d'identifier les phénomènes psychologiques ou psychosociologiques les plus pertinents afin de restituer la dynamique du comportement d'achat et de consommation.

Or l'émergence de l'étude du comportement du consommateur et de l'acheteur en marketing s'est réalisée de manière progressive. Les outils et les techniques décrits ci-dessus résultent de l'apport de plusieurs disciplines fondamentales qui se sont intéressées aux phénomènes de consommation, mais sous des angles très différents. Malgré les divergences d'approches et de présupposés théoriques, elles ont contribué à fournir de nombreux concepts fondamentaux. Ces disciplines sont la sociologie, la psychologie, l'anthropologie et l'économie.

Si chacune de ces disciplines a apporté sa contribution dans la compréhension et la définition du comportement du consommateur et de l'acheteur, certaines d'entre elles comme la psychologie ou l'anthropologie occupent aujourd'hui une position dominante. Cette analyse réalisée par Richard Ladwein dans son ouvrage « Le comportement du consommateur et de l'acheteur » est extrêmement importante pour l'explication de l'apparition du marketing sensoriel [LAD 99]. Cette même analyse a été faite par d'autres auteurs tel que Patrick Hetzel, qui décrit : « le marketing jusqu'à aujourd'hui est fortement teinté de la seule approche micro-économique, (y compris lorsqu'il formalisait les dimensions psychologiques du consommateur), il a donc dû se tourner de plus en plus vers les autres sciences sociales, comme l'anthropologie et la psychologie ». **Or parmi ces disciplines, celle qui a eu une influence très significative dès l'origine sur les praticiens et les théoriciens du marketing, c'est la psychologie, qui aujourd'hui contribue très fortement au développement du marketing sensoriel.**

3.1.2.2 Apport de la psychologie expérimentale à l'étude des cinq sens

Henri Piéron définit la psychologie comme : « *La science du comportement des organismes. Branche de la Biologie Animale, elle utilise les données de la génétique et de la physiologie (notamment Neuroendocrinologie, Physiologie des sensations.)* » [PIE 51]

Une définition plus encyclopédique la définira comme « l'étude scientifique des activités mentales (phénomènes de l'esprit, de la pensée) et du comportement. Science ayant pour objet les activités nerveuses supérieures et le comportement des espèces vivantes les plus évoluées. »

De manière plus concrète, le psychologue se donne pour objectif l'étude de la conduite humaine et des faits mentaux susceptibles de l'expliquer dans une situation donnée. On comprend aisément, par cette définition

très générale que la psychologie ait rapidement rencontré les faveurs de professionnels de la vente et du commerce qui ont pu y entrevoir des moyens pour décrire et expliquer les comportements d'achat et de consommation afin de soutenir leurs ambitions commerciales. Sans être exhaustif, il s'agit maintenant de présenter les principaux développements de la psychologie à partir de leur contribution respective à l'étude du comportement du consommateur et de l'acheteur.

Rappelons les 2 grands courants de pensée de la psychologie du XIXème et XXème siècles, qui sont à l'origine des théories actuelles, en particulier celles qui dirigent l'étude de la perception : le courant behavioriste et la théorie de la forme.

L'**approche behavioriste**¹², qui en psychologie s'est développée pratiquement en même temps que le courant psychanalytique, réfute l'idée que l'on puisse appréhender effectivement la réalité de la vie psychique. Celle-ci est considérée comme une boîte noire dont le contenu ne présente que peu d'intérêt. Privilégiant les études sur l'apprentissage, ce courant montre que le comportement est modifiable par la manipulation des conséquences qu'il entraîne. Le modèle stimulus-réponse du behaviorisme se trouve bientôt critiqué notamment par l'influence montante du courant de la **gestaltpsychologie**¹³ ou **psychologie de la forme** développée en Allemagne. Dès 1933¹⁴, la psychologie allemande oppose une conception globale de l'étude du comportement humain, elle se substitue à l'approche analytique du behaviorisme [PSY 99]. A partir d'expériences faisant intervenir la perception, l'école de la psychologie de la forme a mis en évidence un certain nombre de caractéristiques de l'apprentissage : si le behaviorisme a montré que l'environnement extérieur pouvait émettre des stimuli à l'égard de l'individu, la Gestalt théorie a cherché à décrire la façon dont la conscience traite les informations. Avec ce courant de pensée l'objectivité a perdu un peu de sa prégnance, et la subjectivité a commencé à intéresser les chercheurs.

C'est la **psychologie expérimentale**¹⁵, qui en s'appuyant sur les options méthodologiques du courant behavioriste, s'est assignée comme objectif l'identification et la compréhension des fonctions psychologiques. Alors que la boîte noire, chère aux behavioristes, offre une conception indifférenciée des mécanismes impliqués dans le choix d'une réponse comportementale consécutivement à une stimulation, la psychologie expérimentale propose d'étudier les fonctions adaptatives, c'est-à-dire des systèmes spécialisés, dédiés à des processus psychologiques spécifiques. Ces fonctions sont notamment les sensations, la perception, la mémoire, l'apprentissage, l'intelligence ou l'intellectuel, le langage comme fonction sémiotique, la motivation et la vigilance. De ces études sont nés les premiers modèles du comportement du consommateur qui tiennent compte de l'influence exercée sur l'acheteur par de nombreuses variables externes, ainsi que par leur propre

¹² Elle s'est développée aux Etats-Unis sous l'influence de J-B Watson (1878-1958).

¹³ Appelée Gestalt théorie

¹⁴ Les principaux théoriciens de la psychologie de la forme ont émigré aux Etats-Unis pour fuir le nazisme et ont donc profondément modifiés le paysage de la psychologie américaine.

¹⁵ Autre courant de la psychologie.

personnalité, dans le processus de décision d'achat. Le modèle présenté sur la Figure 9 ci-dessous est une version simplifiée de ce que l'on peut trouver [DAY 76]. On retrouve dans ce schéma le concept de la boîte noire décrite par les behavioristes.

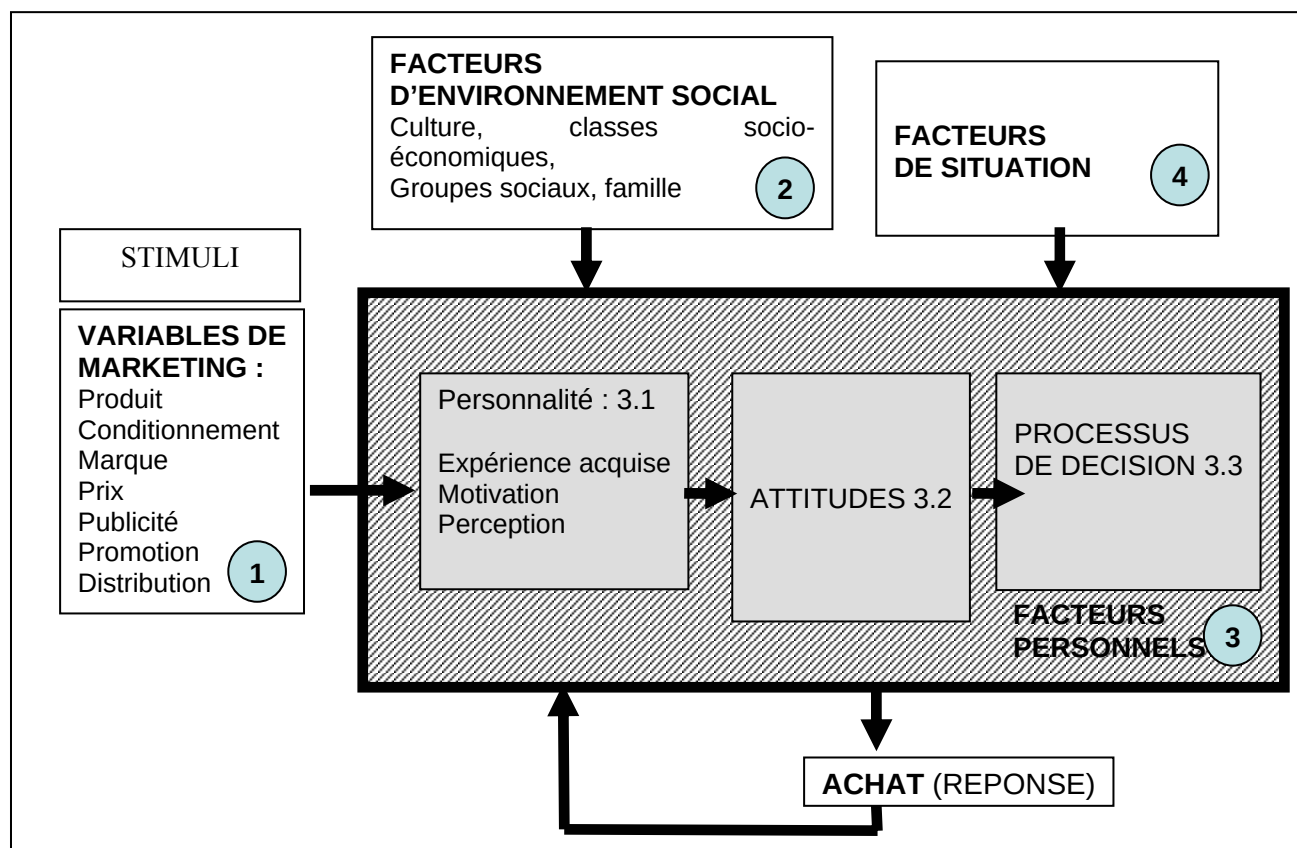


Figure 9 : Schéma simplifié du comportement du consommateur

On voit alors comment l'étude de la boîte noire a conduit très rapidement à l'étude de la perception et des sensations. Le marketing va désormais intégrer les composantes sensorielles du produit d'où un fort intérêt pour les méthodes d'évaluations des sensations ou méthode *d'évaluation sensorielle*. Des outils classiques d'études qualitative et des études quantitatives, on est passé à des outils qui mesurent ou qui jouent d'avantage sur les canaux de la perception. **On ne cherche plus forcément à savoir ce que veut le consommateur (ce qu'il sait très rarement d'ailleurs), mais à travailler sur les canaux de sa perception pour atteindre son inconscient. On pourra alors désormais parler de *marketing sensoriel*.**

3.1.2.3 Définition du marketing sensoriel et théorie de la proxémie

Curieusement, on ne trouve pas de définition du *marketing sensoriel*, seule Sophie Rieunier en donne une concernant le point de vente : « *L'objet du marketing sensoriel du point de vente est de travailler sur la manière dont le client s'adapte et réagit à l'environnement physique d'un magasin* ». Une autre définition a été donnée par le professeur Jean-Luc Koehl : « *Le marketing sensoriel a pour objet de solliciter un ou plusieurs*

des cinq sens du consommateur pour le séduire en accroissant son bien être » [KOE 04]. Patrick Hetzel, lui, considère le *marketing sensoriel* comme un des leviers du marketing : travailler sur les 5 sens, c'est tenter un rapprochement avec le consommateur. On essaye de rentrer dans sa sphère personnelle et intime, en lui donnant envie par exemple de toucher le produit. Cette approche a été développée voici quelques années en sciences sociales, à la frontière entre l'anthropologie, la sociologie, psychologie et psychologie environnementale : la **théorie de la proxémie**. Elle a été fortement marquée par un chercheur nord-américain : Edward Hall. Ce dernier est surtout connu dans le domaine du marketing international en raison de ses travaux sur la relativité de la perception du temps et de l'espace et des typologies qui en résultent [HAL 69]. Mais son œuvre comporte aussi une partie importante consacrée à la relation entre les 5 sens et la perception de l'espace.

Hall propose ainsi une formalisation des cinq sens comme vecteurs d'appropriation spatiale. D'une part, il établit une différence entre ce qu'il appelle les « récepteurs à distance » et les récepteurs de contact » et d'autre part il va hiérarchiser les sens. Il arrive à des conclusions qui peuvent être schématisées comme sur la Figure 10.

Selon Hall, les sens d'éloignement par excellence sont la vue l'audition et l'olfaction car le récepteur peut rester éloigné de la source. Par contre, le toucher et plus encore le goût sont des sens de proximité car le récepteur doit être proche de la source. Il y aurait donc une progression sensorielle allant de l'éloignement à la proximité, c'est-à-dire au fur et à mesure que l'individu se rapprochera d'une source sensorielle, il sera amené à utiliser des éléments sensoriels spécifiques.

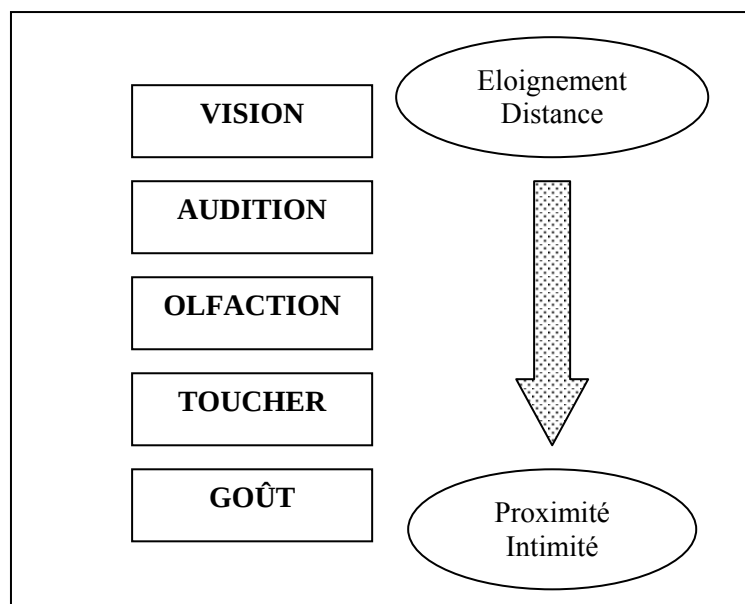


Figure 10 : Hiérarchisation des perceptions selon la théorie de la proxémie

Quel peut-être alors l'intérêt de cette approche proxémique dans son aspect sensoriel pour le marketing? En réalité les marques cherchent à développer une relation de proximité avec les consommateurs : travailler sur les cinq sens n'est donc pas uniquement une opération de stimulation sensorielle, on peut aussi l'interpréter comme une opération de rapprochement. Les sensations deviennent alors un processus physiologique capable de réduire les distances psychologiques. Travailler sur une progression de la stimulation sensorielle, en respectant les effets hiérarchiques, peut être alors une approche pertinente pour des marques soucieuses de développer à terme une relation plus intime avec leur consommateur. Edward T. Hall lui-même avait conscience des implications de la proxémie pour le développement des produits nouveaux : « (...) *Malgré toutes les connaissances concernant la peau comme système d'information, les designers et les ingénieurs n'ont pas su reconnaître la signification fondamentale du toucher, et en particulier du toucher actif. Ils n'ont pas compris combien il importe de maintenir le contact de l'individu avec le monde où il vit. (...)* ».

Si nous reprenons les définitions du marketing citées précédemment, on constate que le but du marketing reste globalement le même : satisfaire le consommateur. La seule nuance qui est faite, dans la notion du *marketing sensoriel*, est le moyen d'y arriver : la sollicitation des 5 sens. On va essayer de comprendre et donc de satisfaire le consommateur par le biais de la perception sensorielle. On revient à l'essentiel du lien qui relie les objets et le monde extérieur à l'être humain : le phénomène de perception.

A partir de ces éléments, nous proposerons une nouvelle définition plus précise : **le *marketing sensoriel* est une démarche qui consiste à traduire en modalités sensorielles les stimuli que sont les objets et l'environnement de consommation, notamment à partir des techniques d'évaluation sensorielle. En formalisant ainsi les sensations produites par les objets ou l'environnement chez un consommateur, on pourra créer et concevoir plus aisément les stimuli provoquant les réactions comportementales attendues par les fabricants ou commerçants.** Le *marketing sensoriel* utilise le biais des canaux de la perception sensorielle pour établir un lien entre le produit et/ou l'environnement de vente et le consommateur. Nous préciserons dans la suite du document par quels moyens la mesure des sensations est possible. Pour mieux comprendre les différences fondamentales des approches classiques du marketing et celles du *marketing sensoriel*, la Figure 11 a été réalisée :

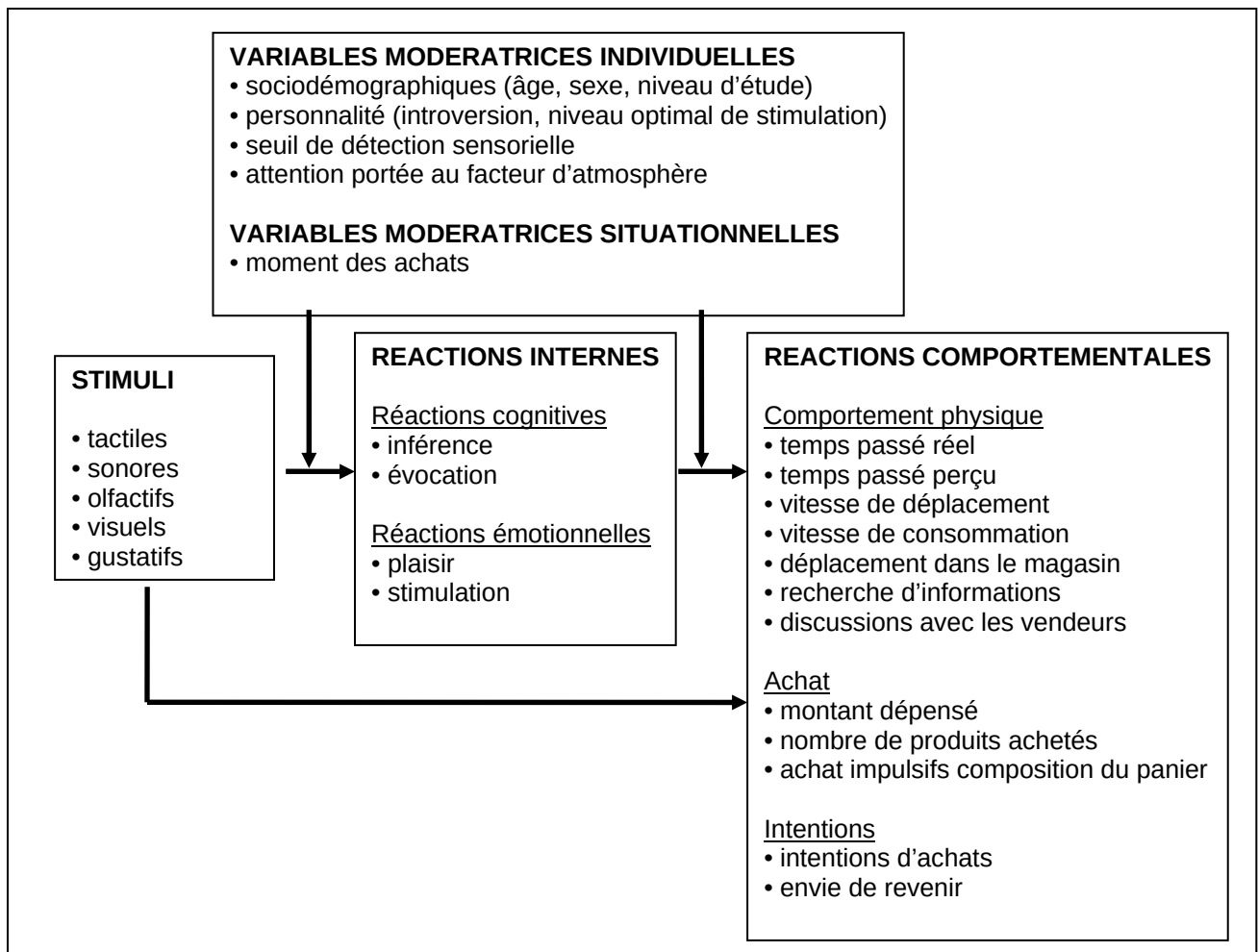


Figure 11 : Cadre conceptuel de l'impact des stimuli sur le comportement du consommateur (démarche du marketing sensoriel) [DAU et al. 02]

Si on compare la Figure 9, datant de 1976 et la Figure 11, plus récente, on constate une même structure de l'approche du comportement du consommateur, en revanche 3 différences fondamentales peuvent être notées :

- Les stimuli ne sont plus considérés comme les éléments du marketing mix¹⁶ (le produit, le prix, la distribution et sa communication), mais comme des stimuli sensoriels (toucher, odeur, goût...).
- L'achat n'est plus considéré comme le seul type de comportement que peut avoir un consommateur dans un univers de consommation, il est l'une des composantes des réactions du consommateur parmi d'autres.
- La boîte noire est maintenant étudiée, on cherche réellement à connaître le mécanisme perceptif et d'interprétation subjective du consommateur.

¹⁶ Le marketing mix : ensemble des éléments qui constituent le processus de marketing et que l'on désigne couramment comme les 4 P

De toute évidence, les perspectives qu'offre le marketing sensoriel sont utiles dès lors que l'on cherche à comprendre les comportements de consommation dans des secteurs d'activité où les dimensions esthétiques ou symboliques de l'objet ou de service sont présentes, ce qui semble aujourd'hui être le cas dans un nombre croissant de secteurs d'activité des économies occidentales, en particulier celui de l'emballage. Parallèlement à cette évolution du marketing vers l'intégration des perceptions sensorielles, on a constaté une réelle prise de conscience de l'importance des facteurs humains comme les sensations par les acteurs techniques des entreprises. En revanche, l'intégration de ces éléments ne s'est pas effectuée de la même façon que pour le marketing, en raison, notamment, de la complexité des processus de conception.

3.2 Intégration des aspects sensoriels dans la conception de produits

3.2.1 « L'utilisateur oublié »

Si le marketing a toujours eu la vocation de comprendre le consommateur et de l'intégrer dans la définition des produits, on ne peut pas en dire autant de la conception technique. L'utilisateur a longtemps été considéré comme le parent pauvre de la conception, soit en intervenant très tard dans le processus ou alors n'étant que très rarement « consulté ». Les facteurs d'usage (comme ceux de l'environnement) sont bien souvent mis à l'écart et la conception de produit se trouve principalement placée sous le signe de la technologie. Or la mise sur le marché de plusieurs produits qui ont raté leur adoption, pour des raisons autres que fonctionnels ou techniques participent à la prise de conscience de l'existence de « *bugs perceptifs* » générés tout au long d'une conception et par un développement de produits trop technocentré [BAS et al. 04/05]. Il est aisé de constater que certains produits qui nous entourent ont perdu ce souci primordial d'être une réponse aux besoins d'usage. L'utilisation des emballages en est un des exemples les plus parlant.

En Angleterre, une estimation a été faite que soixante sept mille personnes allaient chaque année à l'hôpital pour des accidents dus aux emballages de nourriture ou de boissons. Et ceci n'est que le haut de l'iceberg, car ils ne représentent que trente cinq pourcents des accidents liés aux packaging, et coûte douze millions de livres¹⁷ en traitement ! Le verre dans sa forme de bouteille et pot couvre environ trente pourcents de ces accidents, survenant lorsque l'emballage était glissant et difficile à ouvrir. Les boîtes de conserve avec une clé comptent pour quarante deux pourcents des accidents. Les plastiques comptent pour quatorze pourcents, avec une grande proportion par empoisonnement, quand les jeunes enfants ont avalé les substances toxiques contenues. Le reste est dû à l'utilisation d'outils inappropriés. Les scénarios les plus communs sont l'utilisation d'outils pour l'ouverture, le verre qui tombe, l'utilisation d'une force trop importante, se couper ou se percer avec la clé d'ouverture des boîtes de conserve [WIN et al. 02].

¹⁷ Soit dix-huit millions d'euros.

Ces exemples illustrent bien les difficultés d'utilisation de certains objets, dont la large diffusion pourrait pourtant laisser croire qu'ils sont devenus familiers.

La montée en puissance de la question de l'usage s'est posée à deux niveaux :

- **La compétitivité ne s'appuie plus sur la baisse des coûts, le consommateur a une autre relation avec le produit.**
- **On ne peut plus se contenter de rationaliser la conception du produit aux critères de faisabilité technique et aux contraintes de la production.**

3.2.2 Naissance de l'ingénierie anthropocentrée

Fruit de cette évolution des mentalités, et dynamisée par le développement important de l'ergonomie au cours des dix dernières années, **l'Ingénierie anthropocentrée ou centrée sur l'homme (ICH)¹⁸ est une nouvelle approche dont l'objectif est d'intégrer la prise en compte des facteurs humains au cœur du processus de conception.** Cette démarche a pour objet l'analyse des perceptions et du comportement humain dans le contexte de la vie quotidienne ou professionnelle, de façon à améliorer le confort d'usage des produits. Elle tient compte d'éléments subjectifs liés à la culture, à la psychologie, au contexte, aux capacités cognitives et au système perceptif des utilisateurs d'objets ou de services, et implique de ce fait une approche multidisciplinaire. Elle intègre les connaissances scientifiques d'écoles différentes, incluant notamment l'ergonomie, la psychologie, la sociologie et la physiologie (voir Figure 12). Les surfaces grisées tentent de refléter l'importance relative de la contribution de chacune de ces disciplines [ING 97].

¹⁸ Ce terme est apparu avec la publication d'un rapport pour le Ministère de l'Industrie et de la Recherche regroupant les différents courants ou domaines prenant en compte les facteurs humains.

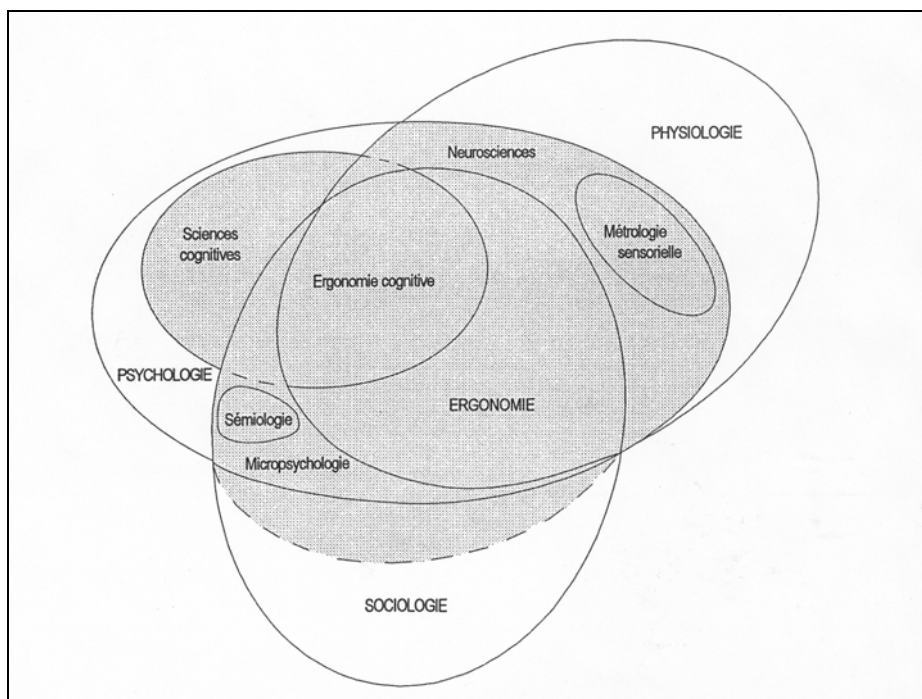


Figure 12 : Positionnement des domaines constitutifs de l'ICH.

Sur le même exemple que le marketing l'apport de ces disciplines a donné naissance à des outils et méthodes permettant de prendre en compte l'utilisateur final dans le processus de conception. Ceux indiqués sur la figure ci-dessus sont : l'ergonomie, la métrologie sensorielle, la sémiotique¹⁹, la micropsychologie.

Notons qu'auparavant, Jean-François Bassereau avait fait un découpage légèrement différent des domaines l'ICH. Il intègre la notion d'analyse qualitative (analyse des aspects qualitatifs) dans lequel il regroupe la métrologie sensorielle, la micropsychologie et deux autres méthodes : la topologie²⁰ et la généalogie²¹, voir Figure 13, [BAS 95].

¹⁹ La sémiotique est l'étude des symboles.

²⁰ Etablir la topologie d'un produit recherché permet de recenser et de situer les produits présents dans son environnement, afin de définir leur influence. La topologie fait référence aux recherches de la psychologie topologique (1968).

²¹ Etablir la généalogie du produit recherché permet de situer son degré d'appartenance à une famille de produits existants.

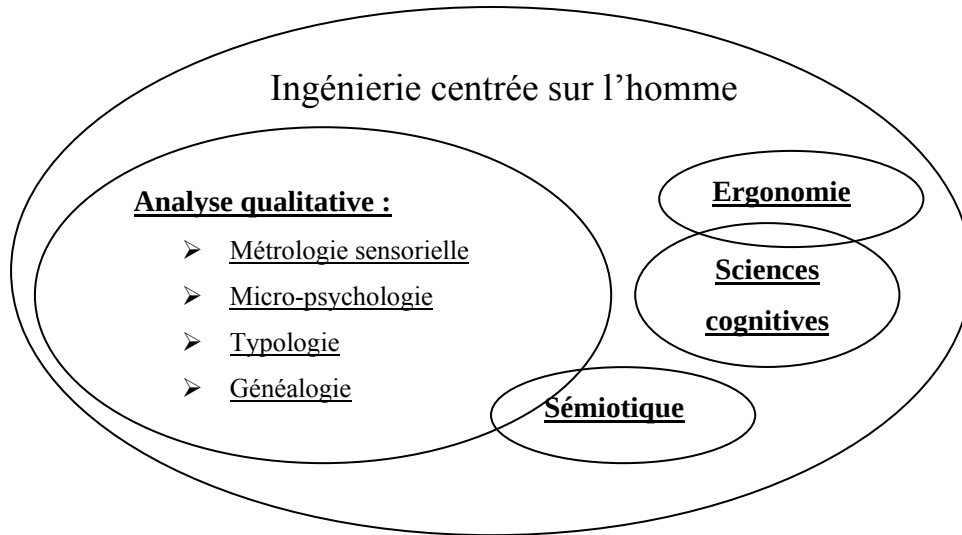


Figure 13 : La place de l'analyse qualitative dans l'ICH

Parmi cette liste nous nous attacherons à décrire plus précisément trois de ces outils : la micropsychologie, l'ergonomie et la métrologie sensorielle, qui constituent le champ restreint choisi comme sujet de la présente étude.

3.2.3 Les outils de l'ICH

3.2.3.1 La micropsychologie

La micropsychologie est une discipline qui étudie les faits issus de la vie quotidienne et analyse la relation produit/consommateur, notamment par :

- l'identification des performances et des défauts fonctionnels du produit,
- l'identification des systèmes perceptifs sollicités lors des diverses actions que l'on peut faire avec l'objet,
- l'élaboration d'un cahier des charges des spécifications et des performances du produit.

La micropsychologie se définit comme l'étude scientifique de l'individu dans sa vie quotidienne, et plus particulièrement des contacts de l'être avec les techniques qui l'entourent, elle étudie tous les aspects de la vie quotidienne du produit, et représente chaque étape du cycle de vie du produit par des critères quantifiables et mesurables.

Cette discipline, fondée par Abraham Moles, correspond à l'étude de la rencontre de l'homme avec les techniques ordinaires de son environnement, telles que le distributeur de billets, l'ouvre-boîte électrique ou la

machine à tricoter. Son champ d'application privilégie l'étude de l'impact des produits destinés au grand public, comme les emballages [MOL 90], [MOL et al. 77]. Définissons quelques termes essentiels à cette discipline.

L'acte élémentaire (actôme) : l'analyse micropsychologique s'applique sur des objets différents délivrant le même service. Un scénario par type d'objet est établi par l'expérimentateur lui-même. En règle générale, une étape privilégiée se dégage. Chaque scénario est redécomposé en éléments plus simples actomes ou actes élémentaires.

Les coûts actômiques : la mise en œuvre de tout objet implique un effort. Aussi toute utilisation comporte-t-elle une face négative, un coût. La « loi de l'homme économique » [HOM 61] et [HOM 62] stipule que l'on cherche toujours à maximiser son bénéfice et à minimiser l'effort pour l'obtenir. Ceci est d'autant plus vrai si l'utilisateur a le choix entre plusieurs techniques pour réaliser la même opération, il recherche son avantage et privilégie le rapport service-coût. Abraham Moles distingue cinq formes générales de coûts²².

- financier : le prix à payer,
- énergétique : l'effort physique à fournir,
- de temps : la durée (d'action, d'attente...),
- de risque : le risque, l'anxiété (crainte d'échec, danger perçu.),
- psychologique ou cognitif : l'effort mental à mettre en œuvre.

Tous ces coûts interviennent de façon inégale et sont pondérés en fonction de leur importance par rapport à l'acte d'utilisation. Leur somme donne le coût généralisé. Le principe du moindre effort ayant pour conséquence que chaque petit geste, lorsqu'il s'agit d'une contrainte est ressenti de façon négative, l'objectif est le coût minimum, voir le coût « zéro » pour obtenir pour un produit ou un service.

Afin d'illustrer plus concrètement cette théorie micropsychologique, on pourra trouver une application à l'emballage des boissons de jus de fruit [LEF 02].

3.2.3.2 L'ergonomie

Matériel bureautique ou télématique, salles de contrôles, cabines de pilotage, usines clés en main : après de longues études et de mises au point techniques, la réussite finale se joue toujours dans l'acceptation des

²² Fruit des ses travaux de recherche, Jean-François Bassereau a intégré une notion supplémentaire : la valeur sensorielle. La valeur sensorielle dresse un bilan par acte élémentaire de l'intensité de l'utilisation du système perceptif en vue d'une évaluation sensorielle. Les valeurs sensorielles ne permettent pas d'identifier quelles sont les différences sensorielles perçues (c'est le rôle de la métrologie sensorielle), mais juste d'identifier quels organes sont sollicités lors de l'acte élémentaire et à quel degré d'importance.

dispositifs par les utilisateurs. L'ergonomie cherche à faire prendre en compte les caractéristiques spécifiques de l'être humain et de son travail dans la conception de produits et des moyens de travail.

Cédric Leborgne, dans sa thèse de doctorat passe en revue les différentes définitions de l'ergonomie [LEB 01] : étymologiquement, le terme « ergonomie » dérive des racines grecques *ergon*, travail, et *nomos*, loi. Ce terme apparaît pour la première fois en 1949, proposé par les chercheurs qui ont fondé la Société Anglaise d'Ergonomie. Littéralement l'ergonomie signifie donc l'étude des lois du travail [QUA 94]. Technologie dont l'objet est l'aménagement du travail pour certains, l'ergonomie est communément définie comme la science de l'activité²³.

Traditionnellement, deux courants sont distingués : l'ergonomie française dite « de l'activité humaine » et l'ergonomie anglo-américaine encore appelée « des composantes humaines » (*Human Factors*). La distinction essentielle entre ces 2 courants tient à la position et à la prise en compte de l'Homme vis-à-vis du système technique. L'ergonomie des *Human Factors* considère l'homme ou l'opérateur comme un composant du système. Son mode opératoire repose sur la reproduction, en laboratoire, des conditions de travail ou d'utilisation du produit [WOO et al. 92]. L'ergonomie française positionne au contraire l'opérateur ou l'utilisateur comme un acteur du système. Le diagnostic repose alors sur l'observation de l'activité en situation réelle d'utilisation.

Du fait de la variabilité et de la spécificité de chaque situation, l'ergonomie ne prétend pas élaborer un modèle généralisable à partir de l'étude d'une situation de travail. C'est en cela qu'elle consiste en une approche systématique et analytique du système [POM et al. 97]. **L'ergonomie s'appuie sur des connaissances mais ne dispose pas de catalogues de normes toutes faites, prêtes à l'emploi, et susceptibles d'indiquer les solutions optimales à tous les problèmes qui lui sont posés. Aucun catalogue ne pourrait en effet recenser exhaustivement la totalité des cas de figures possibles compte tenu de la complexité des situations réelles.**

Le point crucial de la démarche de l'ergonome réside dans l'analyse des facteurs qui interviennent dans le confort, la sécurité et l'efficacité d'un produit dans le contexte considéré (identification des facteurs, pondération et mise en évidence des interactions existantes), la définition des besoins fonctionnels prioritaires des futurs utilisateurs et la formulation des recommandations ergonomiques en termes de besoins et de principes de solutions. L'étude des situations réelles constitue un passage obligé. Le diagnostic est établi progressivement et nécessite de nombreux allers-retours entre la phase de recueil des données sur le terrain et leur analyse. Les observations et les entretiens permettent de décrire la logique de l'utilisateur, d'identifier et de hiérarchiser les difficultés rencontrées, ainsi que les préférences et les souhaits. La démarche s'inscrit donc dans un contexte où interfèrent des facteurs économiques, techniques et sociaux qui déterminent souvent les possibilités et les

²³ Historiquement, l'ergonomie s'est intéressée à l'homme au travail. Depuis plusieurs années, elle étend son champ d'intervention à l'étude de l'interface entre un utilisateur et un produit et y transpose ses méthodes en les adaptant.

limites réelles de l'intervention. L'efficacité du diagnostic ergonomique est d'autant plus grande qu'il se situe en amont de la phase de conception. Les résultats de satisfaction ou d'insatisfaction des produits antérieurs peuvent par exemple être pris en compte dès l'évaluation de l'opportunité de lancement d'un projet.

Comme nous l'avons précisé dans le § 3.2.1, la prise en compte de l'utilisation des emballages est très importante, car elle est à l'origine de nombreux accidents. Or curieusement, nous ne pouvons que constater un nombre très restreint d'études, tout du moins non confidentielles, réalisées sur l'ergonomie des emballages. Les deux seules que nous puissions citer portent sur l'observation des mouvements effectués par les utilisateurs de l'ouverture des sacs en papier et sur la mesure de la force nécessaire employée, voir la Figure 14 ci-dessous [PST 03]. L'autre étude concerne la mesure des efforts pour l'ouverture des pots [IMR et al. 88], dans laquelle les auteurs emploient un dispositif particulier présenté sur la Figure 15. Le diamètre de la capsule, la taille de la capsule et le type de matériau varient pour étudier leur influence sur le mouvement de torsion.

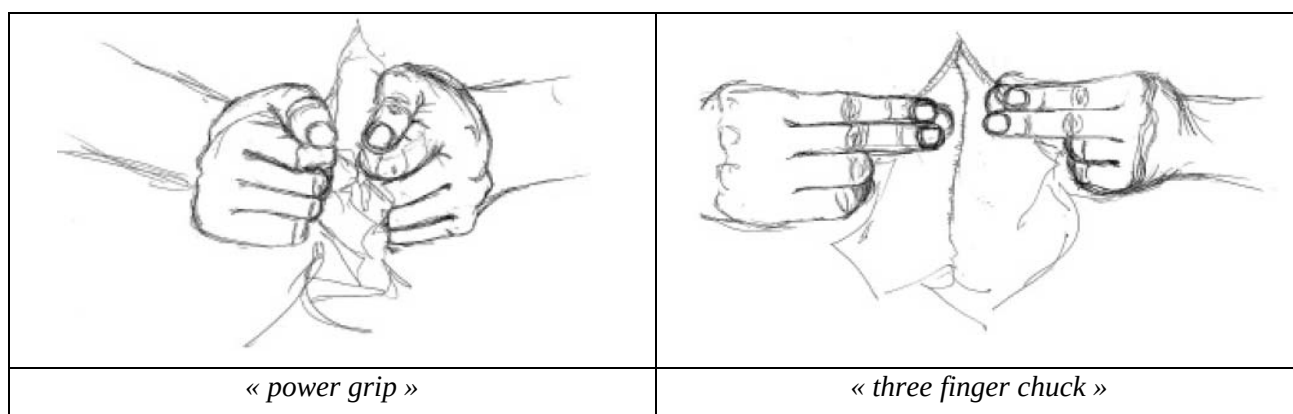
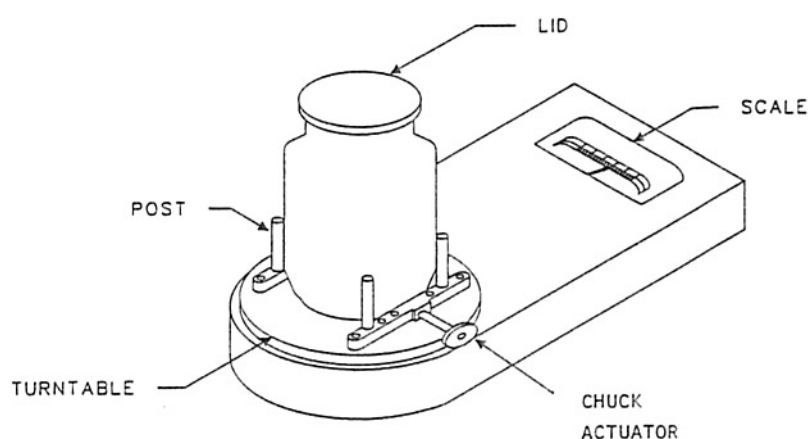


Figure 14 : Exemple de gestes utilisés pour l'ouverture de sacs en plastique thermoscellés



Apparatus arrangement for measuring wrist-twisting strength. The jar is placed upright on the turntable of an Owen-Illinois torque tester. It is clamped firmly in place by four posts by tightening a chuck actuator. The turntable rotates with the applied torque (on the lid) which is then read from the scale.

Figure 15 : Dispositif utilisé pour une mesure des efforts à l'ouverture de pots

L'ergonomie offre une excellente voie d'entrée des aspects perçus dans la conception de produit. Cette discipline est aujourd'hui bien reconnue et utilisée dans les différents types d'industrie. Pourtant elle ne fut pas le vecteur d'intégration des aspects perçus chez Saint-Gobain Emballage, bien qu'elle sera intégrée par un autre biais, celui de la prise en compte des aspects sensoriels.

3.2.3.3 La métrologie sensorielle

Autre domaine de l'ICH, **la métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes, des outils et instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. [ING 97]**

Cette science s'est réellement développée avec l'industrie agro-alimentaire dans les années 70, au moment de l'éclosion de la société de consommation. Jusqu'alors, il était seulement possible de vérifier si un produit était sain sur le plan physico-chimique, nutritionnel et microbiologique. Les industriels ont donc cherché à qualifier les performances par rapport à un référent dont ils connaissaient les caractéristiques, l'objectif étant de standardiser la qualité organoleptique et d'obtenir une qualité égale tout à long de la production.

Autrefois méthode de mesure marginale utilisée dans le contrôle qualité de la production alimentaire, la métrologie sensorielle représente aujourd'hui un outil fondamental pour de nombreux industriels. Elle s'applique non seulement aux produits alimentaires, mais aussi cosmétiques, pharmaceutiques et à leurs emballages, et depuis une quinzaine d'années au secteur automobile.

La métrologie sensorielle est un outil particulièrement adapté à la mesure et à la prise en compte de la qualité perçue des produits, dans laquelle la dimension sensorielle est essentielle : la première étape de la perception étant l'activation des récepteurs sensoriels et sa traduction en sensations. Nous reviendrons tout au long de ce document sur la métrologie sensorielle, et en particulier sur l'évaluation sensorielle, puisqu'elle fait l'objet de nos recherches.

3.3 Comparaison du marketing sensoriel et de l'ICH

Nous venons de définir dans les deux chapitres précédents deux approches aujourd'hui très sollicitées par les industriels : le marketing sensoriel et l'I.C.H. Reprenons très brièvement leurs définitions respectives, afin de mettre en évidence leurs points communs et leurs différences :

Bâti à partir du mot anglais *market* (marché), le terme marketing explicite bien le concept de base qu'il désigne : consulter le consommateur (et de manière plus générale que le marché) avant de prendre toute décision et d'entreprendre toute action commerciale. C'est la victoire de l'économie de marché sur l'économie

de production. La production est ramenée au simple rang d'outil permettant d'élaborer les produits ou les services correspondant aux besoins des consommateurs [DEM 01].

Le marketing est un ensemble de techniques, orientées vers la satisfaction des besoins et des motivations d'individus ou de groupement d'individus, permettant à une organisation d'atteindre ses objectifs. Elle a été influencée par 4 grands domaines : la psychologie, la sociologie, l'économie et l'anthropologie.

Le marketing sensoriel est une nouvelle approche prenant en compte les besoins des utilisateurs en travaillant sur les canaux de la perception plutôt que sur les données sociologiques ou économiques. Or quelques auteurs ont soulevé la difficulté d'aborder le *marketing sensoriel* : on souhaite pouvoir créer des environnements d'achat combinant simultanément plusieurs de ces composantes. La problématique des correspondances sensorielles et des phénomènes *synesthésiques*²⁴ revêt une importance primordiale [DIV et al. 01]. Et Sophie Rieunier le souligne aussi : « *la perception de l'être humain est holistique et rien ne garantit que les résultats trouvés, d'une part, sur un premier facteur d'atmosphère et d'autre part, sur un second, s'additionnent une fois que les facteurs sont manipulés de manière concomitante* » [RIE 00]. Le souhait des auteurs Divard et Urien serait alors de s'intéresser conjointement aux diverses dimensions de l'atmosphère et à leurs influences respectives sur les comportements des consommateurs, en créant l'émergence d'un consommateur polysensoriel qui nécessite une orientation vers l'intégration synergique de plusieurs registres sensoriels [DIV et al. 01]. Ces mêmes auteurs prônent une évaluation simultanée des environnements commerciaux sous l'angle de dimensions tactiles, sonores, gustatives, olfactives et visuelles, Guichard, Lehu et Vanheems confirment ce dernier point de vue [GUI et al. 98].

Notons cependant qu'un auteur, Jean-François Lemoine, professeur de sciences et gestion à l'université de Nantes va un peu plus loin dans la méthode du *marketing sensoriel*, sans en donner de définition précise, il en donne au moins les buts [LEM 03] : l'objectif de sa recherche était de mettre en évidence l'impact des diverses composantes atmosphériques du point de vente sur les réactions comportementales et émotionnelles du consommateur. Sur le plan théorique, l'intérêt de sa recherche est de proposer une approche holistique de l'atmosphère et de ses effets sur le client à partir de mesures ne privilégiant pas seulement les dimensions sensorielles du magasin mais en intégrant également les composantes liées au design et à l'environnement social. Les mesures sont dans le cas précis de l'étude de Jean-François Lemoine uniquement de types verbales.

L'ICH, elle, vise à l'intégration, dans le processus de conception, de la prise en compte de l'utilisateur. C'est une approche nouvelle dont l'objectif est de promouvoir la conception de produits et de services capables de contribuer à une meilleure satisfaction des besoins réels des utilisateurs. Elle s'appuie sur une plus grande connaissance de l'homme, de ces processus psychologiques et des sensations qu'il perçoit.

²⁴ Mode de perception, selon lequel, chez certains individus, des sensations correspondant à un sens évoquent spontanément des sensations liées à un autre sens. On parle de « perceptions simultanées ». Par exemple, la perception visuelle de la couleur bleue évoque la sensation de froid.

Cette approche interdisciplinaire intègre des connaissances scientifiques d'écoles différentes, parmi lesquelles on peut notamment citer la psychologie, la sociologie et la physiologie, l'anthropologie.

Au vu de cette synthèse nous pouvons voir que la finalité des 2 approches est la même, elles ont été influencées par les mêmes courants, en revanche leurs approches et leurs outils diffèrent. Nous avons résumé ces derniers points dans le Tableau 1, ci-dessous :

Tableau 1 : Comparaison du marketing sensoriel et de l'ICH

	FINALITE	INFLUENCES THEORIQUES COMMUNES	APPROCHE	OUTILS
MARKETING SENSORIEL	Prendre en compte la perception du consommateur et de ses besoins réels dans la définition et la conception des produits. Améliorer le bien- être des consommateurs ou des utilisateurs.	Psychologie Anthropologie Sociologie	Définir le besoin par rapport aux données du marché	Etude de marché Focus groupe Réclamations clients Demandes clients...etc
ICH			Concevoir matériellement un produit à partir de la définition du besoin identifié précédemment	Ergonomie Métrologie sensorielle Sémantique Sémiotique Micropsychologie

Ce que le tableau ne met pas en évidence, mais qu'il est indispensable de préciser, ce sont les principales différences entre les deux approches :

- Une des limites du *marketing sensoriel* est le manque de méthode explicitée, alors que l'ICH repose sur la mise en oeuvre d'outils scientifiques et méthodologiques.
- L'un parle de consommateur, l'autre d'utilisateur.
- Le *marketing sensoriel* est tourné vers le produit et sa vente, l'ICH vers le processus de conception plus général.
- L'ICH est tournée principalement vers la technologie, les services techniques, les concepteurs, le marketing vers le consommateur et l'environnement de consommation.
- L'un s'intéresse plus à l'ambiance de vente (facteurs d'atmosphère) et le produit n'est finalement qu'un élément parmi tous les autres, alors que l'ICH se focalise essentiellement sur le produit et peut ne pas tenir compte de l'environnement de consommation.

Nous émettons donc un premier constat concernant ces deux courants : une volonté commune d'intégrer les aspects sensoriels, seules leurs approches respectives diffèrent. Les outils du marketing vont rester dans la définition des concepts et des besoins sensoriels, la conception se chargera de les traduire en termes matériels notamment grâce aux outils de l'ICH. Reste à déterminer comment les aspects sensoriels du produit vont pouvoir être identifiés et formaliser ce lien avec le consommateur ?

3.4 La métrologie sensorielle, un ensemble de méthodes et outils pour une prise en compte des aspects sensoriels des produits

La métrologie sensorielle, située à la frontière entre la physiologie et la psychologie constitue la méthode de prédilection pour l'étude des cinq sens et donc de la perception sensorielle, objet de recherche de notre recherche.

3.4.1 Définition de la métrologie sensorielle

La métrologie sensorielle représente un moyen privilégié de contrôler la qualité d'un produit et constitue surtout une aide précieuse à la conception des produits. Elle a été identifiée par le Ministère de l'Industrie dans le rapport des technologies clés, à l'horizon 2005 à deux reprises : comme technologie d'analyse des besoins et des comportements des consommateurs et comme technologie accompagnatrice de la prise en compte de la dimension humaine en conception [TEC 00].

Dans le premier cas, la métrologie sensorielle est associée au *design sensoriel* (qui rejoint le *marketing sensoriel*) dans le deuxième cas elle est jointe aux autres outils de la représentation du consommateur en conception : l'ergonomie, la sociologie, la sémiotique, la micropsychologie, psychologie, design...etc.

Curieusement, il n'existe pas véritablement de consensus sur la définition de la métrologie sensorielle. La seule réelle définition que l'on ait pu trouver est celle du Ministère de l'Industrie [ING 97], (cf. § 3.2.3.3). Cette définition parle d'un ensemble de méthodes, outils et instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. Ce domaine permettant de mesurer les sensations ou les modalités sensorielles, identifie, quantifie et matérialise les aspects perçus d'un produit par l'intermédiaire des stimuli qu'il représente. Il nous reste à savoir ce qu'on entend par instruments, méthodes, et outils ?

En effet la plupart du temps, ces termes sont utilisés comme synonymes. Philippe Vadcard a fait le même constat dans sa thèse réalisée au laboratoire CPI de l'ENSAM en 1996 et a voulu clarifier la définition de chacun de ces termes. Cette clarification a permis de distinguer les trois notions (Figure 16) qui sont : les méthodes de conception, les méthodes de management de conception et les outils de conception. Une méthode de conception est l'ensemble de moyens raisonnés employés pour parvenir à un but, c'est à dire en conception, la construction d'un produit. « La définition des méthodes exige l'usage préalable de la réflexion. Celle-ci va utiliser et organiser des techniques concrètes, en fonction d'un but ».

Ainsi les outils, sous-entendus méthodologiques²⁵, utiles à l'activité de la conception de produit sont des moyens pour l'application de concept dans le cadre de la démarche et pour une structure donnée. La définition précise en langue française de méthode étant : « *démarche construite mise en œuvre pour découvrir, vérifier, ou résoudre un problème concret à partir de connaissance existante.* » [ROB 02].

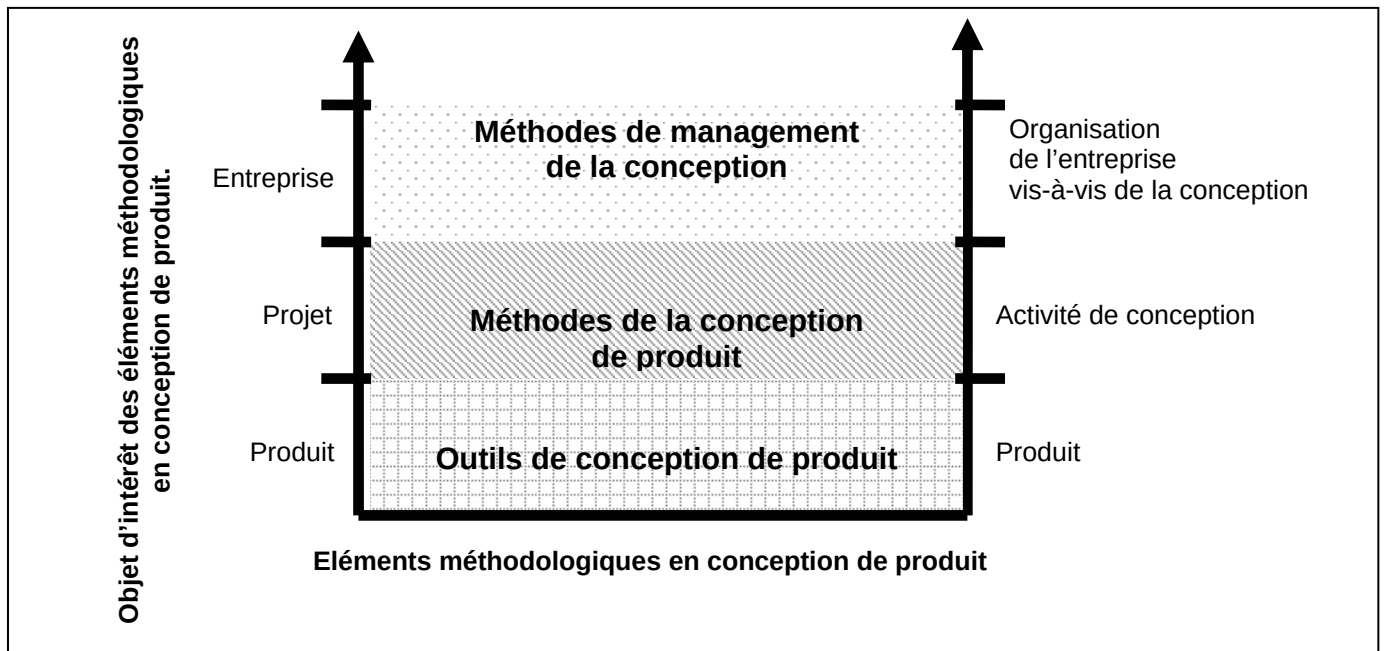


Figure 16 : Taxinomie des éléments méthodologiques en conception de produit [VAD 96]

En complément de cette première classification, nous avons vérifié la définition des termes outils, et instruments qui sont distingués dans la définition de la métrologie sensorielle [ROB 02]:

Instrument : objet fabriqué servant à exécuter quelque chose, à faire une opération. Un instrument est plus général et moins concret qu'un outil. Ces synonymes sont *appareil, engin, machine, outil, ustensile*.

Outil : objet fabriqué qui sert à agir sur la matière, à faire un travail. Un outil désigne en général un objet simple utilisé directement par la main.

Dans le dictionnaire de synonymes, outil et instruments sont désignés comme synonymes [CHA 01].

En s'inspirant de la première classification de Philippe Vadcarrd et en respectant les usages de la langue française, on donnera la dénomination suivante pour chacun de ces éléments de la métrologie sensorielle :

²⁵ L'adjectif méthodologique caractérise l'immatérialité des outils dont il est question. Mis à part dans leur formalisme (support papier, support informatique...) cet adjectif les distingue d'outils ou d'instruments tels qu'un marteau, une ponceuse ou une fourchette.

- **les instruments** : machine ou appareil de mesure des sensations
- **les outils** : support matériel simple permettant de mesurer les sensations
- **les outils ou instruments méthodologiques** : moyen non matériel, mais formalisé par des règles d'application, permettant de mesurer les sensations (un des exemples les plus parlant d'outil méthodologique en conception est l'analyse fonctionnelle).
- **les méthodes** : démarche construite mise en œuvre pour découvrir, vérifier, ou résoudre un problème concret à partir de connaissance existante pour la mesure des sensations.

3.4.2 Les instruments de la métrologie sensorielle

3.4.2.1 Définitions, exemples

Ils remplacent ou reproduisent, en quelque sorte, le fonctionnement de nos organes sensoriels, ce sont des instruments de mesure des sensations humaines. Ils permettent, entre autres, de se substituer partiellement ou totalement à un être humain, qui lors de mesures sensorielles apportera toujours une composante subjective. C'est le cas des nez électroniques qui permettent de mesurer une sensation olfactive de la même manière que le nez humain. Un nez électronique est capable de détecter et de différencier des odeurs complexes, grâce au traitement d'empreintes ou signatures olfactives obtenues en utilisant un réseau (ensemble) de capteurs non spécifiques à un gaz. Un nez électronique permet d'identifier la nature d'un morceau de fromage, comme le ferait notre propre nez devant un morceau de roquefort ou de camembert. Le Tableau 2 ci-dessous expose le parallèle entre olfaction humaine et nez électronique.

Tableau 2 : Parallèle entre olfaction humaine et nez électronique [NES et al. 04]

STIMULUS	ORGANE DE RECEPTION	STRUCTURE DE RECEPTION	RECEPTEURS	NATURE DU MESSAGE SENSORIEL	ORGANE DE TRAITEMENT DU MESSAGE SENSORIEL	PROCESSUS DE TRAITEMENT DU MESSAGE
Mélange gazeux	Cavité nasale	Mucus et protéines	Récepteurs sensoriels	Signal	Cerveau (neurones)	Mémoire Apprentissage Reconnaissance
	Accessoires d'échantillonnage	Surface absorbante	Capteurs électroniques	Signal	Traitement du signal	

Plus récemment, un partenariat entre les sociétés Renault, Total Fina Elf, Visteon, Valéo, Trèves et l'I.U.T de Nantes a permis de mettre au point et de breveter pour les sensations tactiles, un doigt thermique. Cet instrument de mesure modélise parfaitement la composante thermique du toucher [DET et al. 02-1], [DET et al. 02-2], [CRO et al. 04]. De même, le laboratoire CPI a mis au point l'instrument M.A.I.N, pour le contrôle sensoriel de la surface extérieure d'un objet [DUC et al.]

Ces types d'instruments de mesure déterminent des grandeurs fiables, justes et reproductibles. Les capteurs sont alors utilisés, d'une part, pour le stockage des différentes signatures spectrales d'un produit et,

d'autre part, pour gérer les aspects routiniers tels que le contrôle qualité sur une chaîne de fabrication. De plus, leur mise en oeuvre nécessite des moyens de traitements et de calcul performants. En effet, l'utilisation de logiciels de modélisation et de simulation est indispensable pour le traitement statistique des résultats et l'analyse des données.

3.4.2.2 Limites des instruments de mesures des sensations

Dans le cas d'un fonctionnement des capteurs physiques assez proche du fonctionnement de nos sens, quatre difficultés importantes subsistent très fréquemment :

- Incapacité à opérer des mesures multi-factorielles : un instrument de mesure ne pourra mesurer qu'un type de sensation à la fois, alors qu'un être humain peut percevoir plusieurs stimuli à la fois.
- Les différences de sensibilité importantes entre les capteurs et les sens humains, inférieurs ou supérieurs d'un ou plusieurs ordres de grandeur aux capacités de détection.
- La méconnaissance du traitement des signaux que nous réalisons sur les informations provenant de nos capteurs sensoriels ; non seulement liée à la sollicitation simultanée de l'ensemble de nos sens, mais aussi par la stimulation plurielle de nos capteurs non spécifiques.
- La prise en compte des différences inter-individuelles.

De plus la mise au point de tels instruments passe obligatoirement par une première phase d'identification des sensations, notamment par les techniques d'évaluation sensorielle, utilisant elle-même des sujets humains comme instruments de mesure.

3.4.3 Les méthodes de la métrologie sensorielle

3.4.3.1 La discipline mère : la psychophysique.

La mesure des événements sensoriels a été très largement inspirée par les méthodes de mesures physiques instrumentales, c'est ce qu'on appelle la psychophysique [PSY 99], inventée par G.T Fechner qui s'était initialement donné pour objet d'élucider les relations existantes entre des mesures de sensations et des stimuli physiques. **La psychophysique repose sur une hypothèse forte qui est que l'organisme, en particulier au moyen de ses systèmes sensoriels, fonctionne comme un instrument de mesure dans l'analyse des informations qu'il traite.** Son fondement est donc celui d'une théorie de la mesure. Par mesure, on entend ici l'attribution de nombre, et plus généralement de relations mathématiques, aux événements de manière que les relations entre les nombres représentent les relations entre les objets et les événements mesurés. Le principal objectif de la psychophysique est de découvrir la forme mathématique qui relie un stimulus, C , et le résultat de la sensation, R , exprimé sous la forme : $R = f(C)$.

3.4.3.2 Les pères fondateurs et les théories.

On peut distinguer deux grandes théories psychophysiques : **la théorie édifiée par Fechner** à la fin du dix-neuvième siècle dernier et **la théorie construite par Stevens** vers la fin de la seconde guerre mondiale. La première de ces théories est connue sous le nom de **psychophysique « objective »** parce qu'elle propose une mesure de la sensation en termes d'intensités physiques ; la seconde des théories est parfois qualifiée de **psychophysique « subjective »** parce qu'elle n'exprime pas la sensation en termes d'unités physiques mais à partir d'estimations numériques subjectives.

La loi de Fechner [FEC 1860] :

Pour Fechner, une sensation ne peut jamais être mesurée directement. L'homme peut seulement mesurer des différences entre sensations et déclarer que deux différences sont subjectivement (c'est-à-dire sensoriellement) égales. L'intensité de la sensation varie linéairement avec le logarithme de la grandeur du stimulus :

$$I = k \ln S$$

I : intensité de la sensation

S : grandeur du stimulus

k : constante de proportionnalité

La théorie de Fechner a conduit à l'utilisation des échelles d'intervalles (cf. § 3.4.3.3). Un des résultats les plus connus venue de la théorie de Fechner est l'échelle logarithmique de l'intensité du son, l'échelle des décibels.

La loi de Stevens :

Pour Stevens, fonder une relation sur une mesure de seuil est éminemment critiquable : « Le concept de base de Fechner est celui du seuil différentiel qui semble être inoffensif si la seule chose que nous désirons connaître est la capacité pour un individu de différencier un stimulus d'un autre stimulus. Mais cette notion devient potentiellement dangereuse lorsqu'on la considère comme quelque chose de plus qu'une mesure de variabilité ou de bruit, c'est-à-dire des perturbations qui limitent le pouvoir de résolution de nos sens [STE 68]. La relation de Stevens repose sur deux postulats. Le premier est qu'il est possible de mesurer une sensation directement et qu'un sujet peut valablement déclarer que la sensation provoquée par l'échantillon A est deux fois plus forte que celle provoquée par le témoin ; celle provoquée par l'échantillon B est 3 fois moins forte que celle provoquée par le témoin. Le second est que, si deux rapports d'intensité de stimulus sont égaux, alors les

deux rapports d'intensité de sensation sont également égaux. L'intensité de la sensation varie avec la grandeur du stimulus selon une relation de puissance :

$$I = kS^n$$

La théorie de Stevens a conduit à l'utilisation des échelles de rapport (cf. § 3.4.3.3).

Les deux modèles de Stevens et Fechner ont été vérifiés expérimentalement, c'est-à-dire que différents auteurs ont montré que dans certaines conditions, le modèle de Stevens conduisait à un meilleur ajustement des données que le modèle de Fechner et que, dans d'autres conditions, le phénomène inverse était observé. De plus il existe un bon accord entre chercheurs sur la nature de ces conditions. Par ailleurs, on remarque souvent que, lorsqu'on cherche à ajuster les deux relations à des données expérimentales, la supériorité de l'une sur l'autre n'est ni systématique, ni de grande ampleur. **Toutefois dans les épreuves de profils, la pratique a, en quelque sorte, consacré l'utilisation de l'échelle d'intervalle (Fechner) [DEP 98].**

3.4.3.3 Les échelles de mesures et les échelles de sensation

« Construire une échelle de sensation, c'est-à-dire mesurer la sensation, c'est déterminer l'origine de cette échelle et l'unité de variation de cette échelle. Une échelle de sensation est donc une échelle de mesure comme il en existe beaucoup d'autres, en particulier dans le domaine de la physico-chimie. » [TIB 84]

En psychophysique, on tente de construire des échelles psychophysiques qui reflètent la variation de sensations correspondant aux variations des phénomènes physiques qui en sont la source. Pour ce qui concerne les échelles psychophysiques, c'est à Stevens [STE 75] que l'on doit la classification la plus largement acceptée de la nature des échelles obtenues. Il en distingue quatre types : les échelles nominales (*nominal scale*), les échelles ordinales (*ordinal scale*), les échelles d'intervalles (*interval scale*) et les échelles de rapport (*ratio scale*) qui représentent différents degrés de correspondance entre le système numérique et les propriétés des phénomènes. Quatre propriétés (ou relation) du système numérique seront utilisées pour les caractériser : l'identité, l'ordre, l'intervalle et l'origine [BON 86]. Une illustration de chacune de ces échelles est présentée sur la Figure 17, ci-dessous :

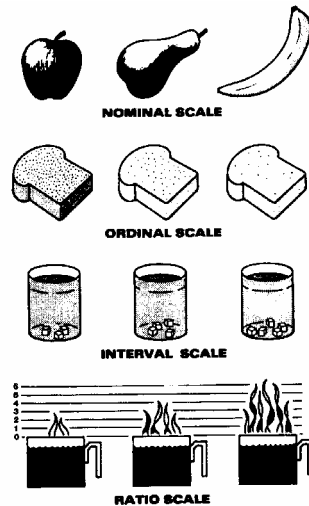


Figure 17 : Les différents types d'échelles [MEI et al. 99]

En métrologie sensorielle, l'échelle ne comprend que des nombres positifs ou nuls.

Les échelles et grandeurs nominales :

Chaque symbole d'un système numérique a une identité unique et donc diffère de tous les autres. Cette propriété est représentée par le signe d'égalité : $1 = 1$; $a = a$. Elle s'applique aux nombres, comme aux objets.

Les échelles et grandeurs ordinales :

Pour les échelles ordinales, le système des nombres est employé sans aucune implication quantitative autre que l'égalité. Lorsqu'on a distingué des classes d'équivalence dans une série de phénomènes, on pourra chercher à savoir si ces classes peuvent s'ordonner entre elles selon des relations mathématiques $>$ ou $<$. Les classements sont des échelles ordinales qui n'impliquent rien sur les distances entre les éléments appartenant à des classes différentes. Le numéro attaché à chaque rang n'a de sens que par rapport aux numéros attribués aux autres rangs.

Les échelles et grandeurs d'intervalle :

C'est une échelle de repérage, dont l'origine est arbitraire, et qui obéit au critère d'égalité des intervalles. Elle peut être discontinue ou continue, structurée / non structurée. Une illustration de ces types d'échelles est présentée sur la Figure 18 :

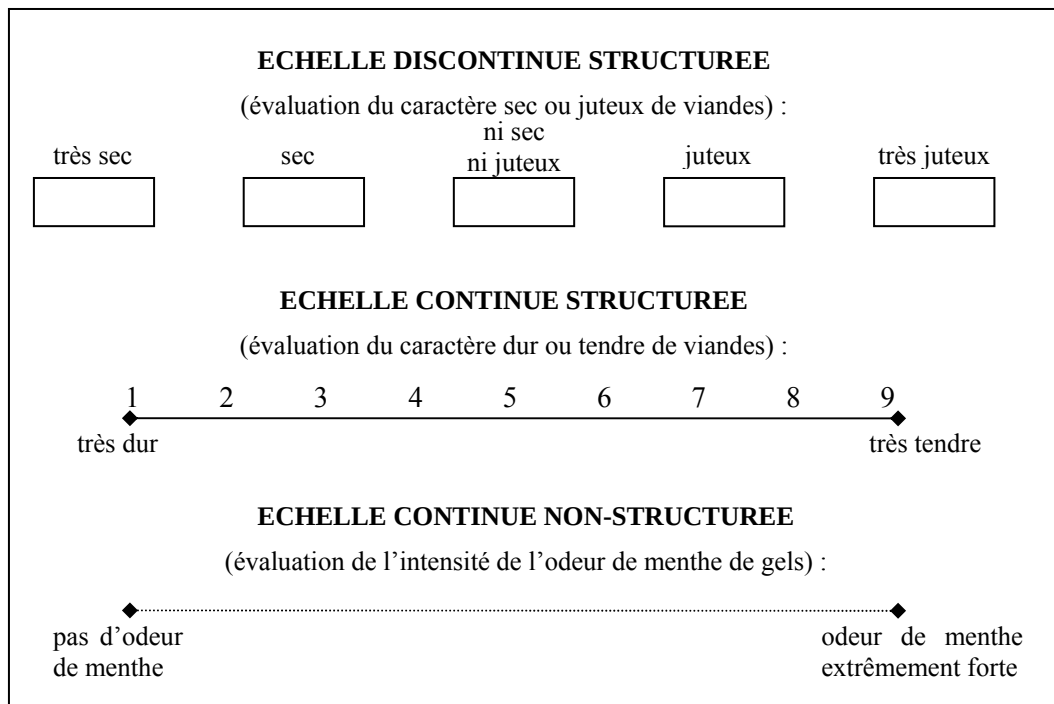


Figure 18 : les différents types d'échelles d'intervalles [DEP 98]

Dans la réalité, l'égalité entre les intervalles d'une échelle discontinue est rarement vérifiée. C'est pourquoi l'échelle d'intervalle structurée doit être considérée comme une échelle de repérage et non comme une échelle de mesure. Dans ce dernier cas, on utilisera préférentiellement les échelles continues structurées ou non.

Les échelles de rapport :

Elles ont pour but de représenter le rapport entre deux sensations (ce qui implique naturellement l'indication explicite d'une référence). Un exemple de l'utilisation est illustré sur la Figure 19 :

Evaluer l'intensité du caractère acide du yaourt qui vous est présenté, à l'aide d'un nombre de votre choix :

Trois yaourts vous sont ensuite présentés successivement. Pour chacun d'eux, attribuez une valeur à l'intensité du caractère acide, proportionnellement à la valeur donnée au témoin :

Echantillon A :

Echantillon B :

Echantillon C :

Figure 19 : Exemple d'échelle de rapport [DEP 98]

Il est évident que nous n'avons pu faire qu'un aperçu de la psychophysique, nous avons précisé les concepts qui seront repris dans la suite de la thèse.

3.4.4 Les outils de la métrologie sensorielle

Si on reprend la définition donnée dans le paragraphe 3.4.1, un outil est un support matériel simple permettant de mesurer les sensations. En métrologie sensorielle, en général, c'est un ensemble d'échantillons matériels (textile, bois, verre plastique, revêtements, peintures, objets...etc.), chaque échantillon représentant une dimension sensorielle. On entend par dimension sensorielle sa dénomination de la sensation (rugueux, transparent, collant...etc.) et une valeur quantitative ou qualitative associées (*degré 10 de collant*, ou *très collant*). Souvent, les échantillons servent de références pour la définition ou la conception de nouveaux produits, par extrapolation, on les appelle aussi souvent des référentiels. Leurs principales applications sont :

- la communication entre les différents acteurs d'un projet de conception ;
- la mesure des aspects perçus des produits ;
- le suivi qualité des produits, quand il n'existe pas d'instrument de mesure pour le faire (mesure de rugosité par exemple) ;
- le référencement des produits.

Nous en citerons deux exemples : les référentiels visio-tactile, *Sensotact®* qui est détaillé ci-dessous et le *Pantone®*, bien que ce dernier n'ait pas pour finalité la métrologie sensorielle, il sert universellement à la définition des couleurs et par la mesure des sensations colorées.

L'exemple du Sensotact® [BRI 04], [CRO 05] :

Véritable travail de partenariat, le SENSOTACT® est un référentiel tactile qui a été conçu au sein du laboratoire sensoriel du technocentre Renault par l'équipe de Sébastien Crochemore, ingénieur. Il propose une décomposition du toucher « global » en 3 mouvements différents, chacun de ces mouvements se caractérise par des perceptions simples : 4 pour les mouvements orthogonaux, 5 pour les mouvements tangentiels et 1 pour la perception thermique (Figure 20).

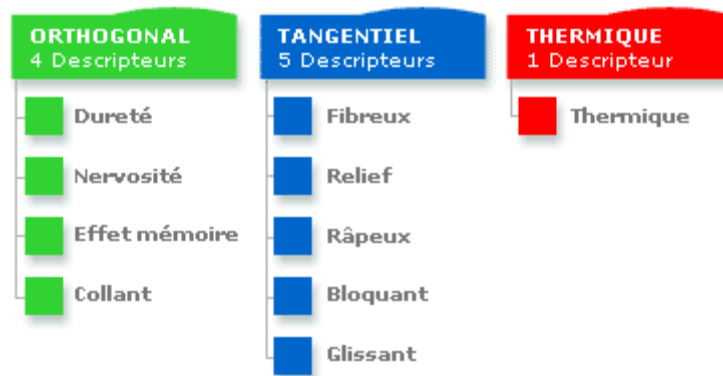


Figure 20 : Les dimensions du référentiel Sensotact®

Chaque terme ou descripteur traduit une dimension sensorielle susceptible de caractériser les produits. Il possède une définition consensuelle ainsi que :

- un protocole d'évaluation et un schéma de synthèse : ensemble de gestes qu'il convient de respecter et type de mesure à prendre,
- des références détachables : échantillons références constituant les jalons de l'échelle de notation, l'échelle de notation comprend 100 unités,
- des icônes : indices d'étalonnage des références,
- des gestes à réaliser,
- le rappel de la dimension tactile.

Sensotact® a été développé par Renault dans le but notamment de faciliter la conception et la communication entre l'industrie automobile et les équipementiers, mais son essor et sa commercialisation a montré son intérêt et son utilisation pour d'autres industries et d'autres produits.

Comme nous venons de la voir, la fabrication de tels outils passe obligatoirement par une phase de recherche des aspects sensoriels, or cette phase fait appel aux techniques d'évaluation sensorielle.

3.4.5 Le cas particulier de l'évaluation sensorielle : instrument méthodologique de la métrologie sensorielle

3.4.5.1 Définition et origine

L'*évaluation sensorielle* est utilisée depuis plusieurs années dans le domaine agroalimentaire. Elle a trouvé son origine dans la nécessité de méthode de contrôle de la qualité, notamment gustative, de produits²⁶ alimentaires, en l'absence d'autres méthodes de mesures de type instrumentales [DEP 98]. Son champ d'application s'est ensuite élargi à l'industrie des cosmétiques et des parfums avant de gagner plus récemment l'automobile. Le laboratoire CPI de l'ENSAM a aussi utilisé l'évaluation sensorielle, notamment pour la conception de produits électroménagers tels que les machines à café.

L'évaluation sensorielle est relative à la perception des produits par les utilisateurs. Elle consiste à saisir et exploiter les informations issues de nos cinq sens (vue, ouïe, odorat, toucher et goût), elle utilise comme instrument de mesure « l'homme » [CRO 04]. On peut trouver dans la littérature d'autres définitions de l'évaluation sensorielle²⁷ :

- Examen des propriétés organoleptiques²⁸ d'un produit par les organes des sens [ISO 5492, 92].
- Mesure et interprétation des perceptions de l'homme, en utilisant un groupe de sujets humain comme instrument de mesure [URD et al. 01].

L'évaluation sensorielle (ES) utilise donc les sens de l'être humain comme instrument de mesure. Cette utilisation des organes des sens dérive en particulier des travaux de psychologie, physiologie et psychophysique.

3.4.5.2 Approches théoriques

Les structures nerveuses impliquées dans le traitement des informations sensorielles occupent une place prédominante du cerveau. Pour l'essentiel, chacune de ces structures est spécialisée dans le traitement d'une classe précise d'information sensorielle. Chacune des structures sous-corticales ou corticales, recevant des afférences en provenance d'un type de récepteur, effectue des traitements hautement spécialisés correspondant à l'extraction d'une classe d'informations. Par exemple, on peut parler d'un cortex auditif et d'un cortex visuel, mais à l'intérieur de chacun, on démontre aussi l'existence de spécialisations plus fines à diverses

²⁶ En évaluation sensorielle, un produit est défini comme une substance consommable ou non, pouvant faire l'objet d'une *analyse sensorielle*. Par exemple : produits alimentaires, produits cosmétiques, produits textiles. [ISO 5492, 92]

²⁷ Dans la littérature, l'évaluation sensorielle a souvent pour synonyme l'*analyse sensorielle*. Nous devons bien distinguer les deux, l'*analyse sensorielle* étant la décomposition de notre perception en sensations, elle constitue en général l'étape de recherche des *descripteurs*, l'*évaluation sensorielle* constitue l'opération qui consiste à mesurer l'intensité d'une sensation produite par un stimulus.

²⁸ Qualifie une propriété d'un produit perceptible par les organes des sens.

caractéristiques des stimulations de la modalité. **Cette séparation se manifeste par le fait que différents neurones sont activés maximalement par différents attributs du stimulus. Cette spécialisation rend possible l'étude des traitements sensoriels par des méthodes psychophysiques.**

Toute sensation est caractérisable par ses attributs, c'est-à-dire, par les dimensions indépendantes le long desquelles elle peut varier. Ces attributs sont sa qualité, son intensité et sa durée. Il convient de distinguer les attributs de la sensation des dimensions physiques du stimulus qui en sont les déterminants principaux. Les termes pour les désigner sont souvent différents comme luminance et luminosité, mais synonymes dans leurs définitions. Une même qualité sensorielle peut aussi être obtenue par différentes combinaisons de dimensions sensorielles : les couleurs dites isomères ont même apparence, mais sont obtenues par des mélanges différents de longueurs d'onde. Ainsi, l'ES repose sur deux postulats neurophysiologiques :

- les sensations ou réponses du sujet au stimulus ressenties par un sujet humain sont identifiables et/ou caractérisées par une réponse verbale qui dépend directement du stimulus (Figure 21), la perception globale d'un objet s'élaborant à partir de cette information sensorielle brute et à partir de la mémoire et des expériences affectives antérieures du sujet.
- **un sujet humain est capable, après entraînement, d'identifier cette réponse verbale et de quantifier l'importance d'un stimulus ressenti²⁹. C'est ce qu'on appellera la phase d'analyse sensorielle.**

La méthodologie en évaluation sensorielle consiste donc à entraîner un groupe de sujets humains (*panel d'experts sensoriels*) à reconnaître et identifier leurs sensations par des mots que l'on appelle les *descripteurs* et de mesurer leurs intensités sur des échelles psychophysiques. Les *descripteurs* doivent répondre à trois exigences majeures : être pertinents, précis et discriminants, auxquelles s'ajoutent deux exigences mineures : être exhaustifs et indépendants.

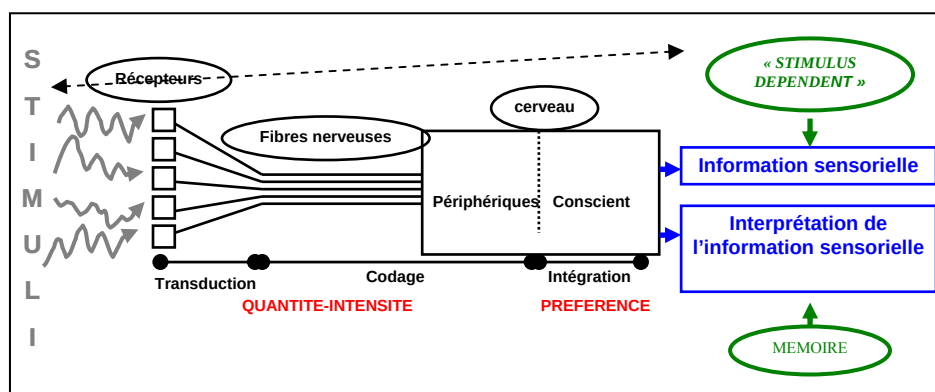


Figure 21 : Etapes physiologiques de la perception [DEP 98], [PSY 99]

²⁹ Postulat de Fechner : la sensation croît comme le logarithme de l'intensité du stimulus.

3.4.5.3 Méthodologie générale

La fiabilité de l'évaluation sensorielle est basée sur la maîtrise et l'optimisation de quatre facteurs, qui gouvernent tout type de mesure [MEI et al. 99]:

- **Définition du problème** : on doit définir précisément ce que l'on veut mesurer. C'est très important pour les sciences dures, ça l'est encore plus pour les mesures sensorielles ou subjectives.
- **Mise en place des tests** : non seulement on doit tenter d'éliminer le maximum de subjectivité, et prendre en compte les sources de biais connues, mais aussi minimiser la quantité de tests pour obtenir des résultats fiables.
- **Appareil de mesure** : les *sujets*³⁰ qui testent doivent être sélectionnés et entraînés pour donner une réponse reproductible, l'expérimentateur doit travailler avec eux jusqu'à ce qu'il connaisse leur sensibilité et leurs biais dans une situation donnée.
- **Interprétation des résultats** : en utilisant les statistiques l'expérimentateur doit poser correctement les hypothèses nulle et alternatives pour pouvoir donner des conclusions.
-

Définition du problème : le choix et le nombre d'épreuves

Lorsqu'on cherche à répondre à une question d'ordre analytique, il convient de s'assurer tout d'abord que la question ne peut pas être résolue instrumentalement. Le choix de l'épreuve se fait ensuite en fonction du problème à résoudre et des produits. Dans la pratique, en présence d'un lot de produit donné, l'importance réelle des différences recherchées est souvent loin d'être évidente. Or la démarche expérimentale est différente si l'on cherche à déterminer la probabilité qu'une très petite différence soit perçue (*méthode discriminative*) ou bien d'évaluer l'importance de cette différence lorsqu'elle est indiscutablement perçue (*méthode descriptive*). L'expérimentateur sera donc très souvent conduit à effectuer une détermination rapide des différences dans un lot, avant de choisir l'épreuve appropriée. Les principales étapes du choix de l'épreuve sensorielle sont données sur le schéma de la Figure 22. Dans tous les cas, on n'effectuera qu'une seule épreuve à la fois.

³⁰ On appelle sujet (sensoriel) toute personne prenant part à un essai sensoriel [ISO 5492, 92].

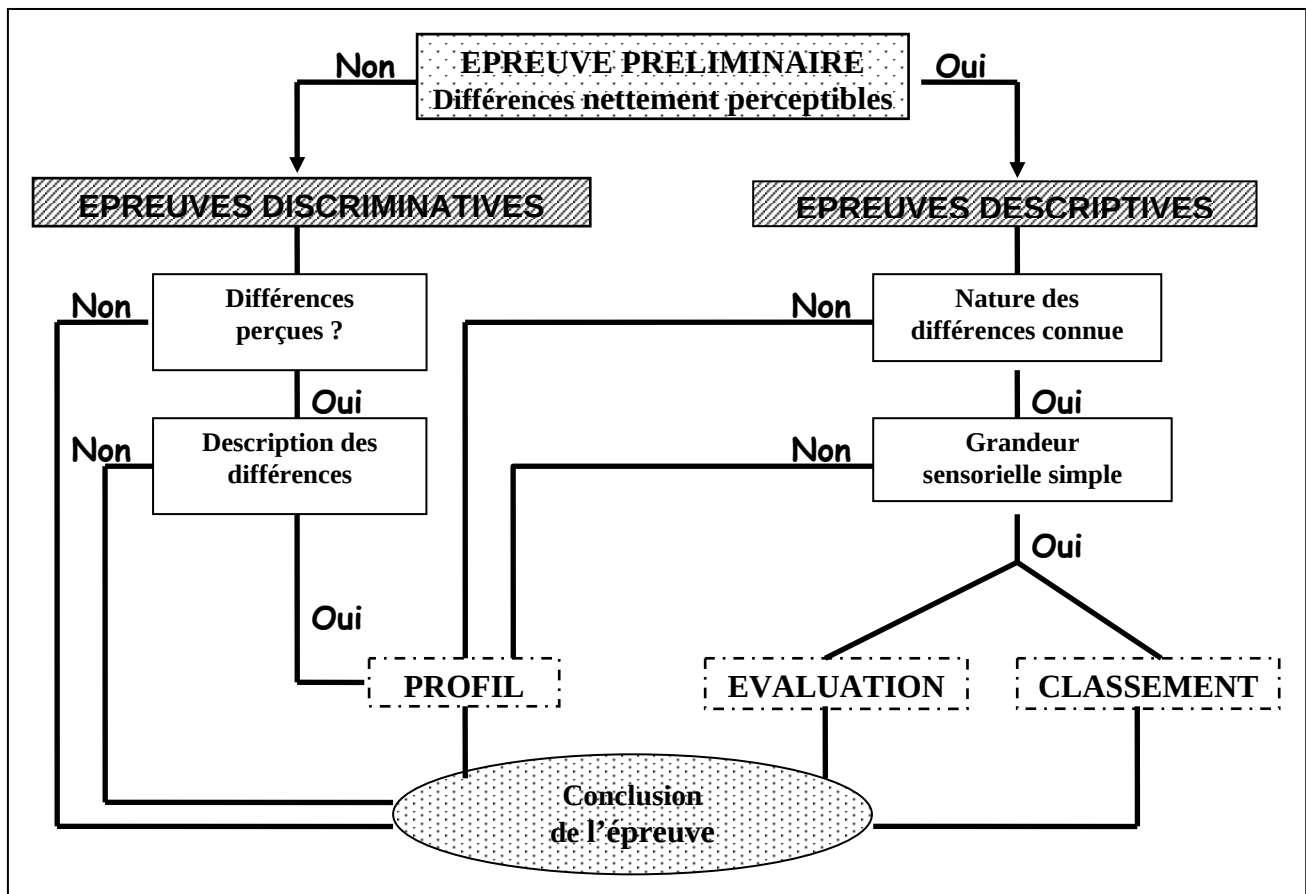


Figure 22 : Les principales étapes du choix de l'épreuve sensorielle [DEP 98]

Les épreuves discriminatives

Que ce soit dans le domaine de la recherche et développement, du contrôle qualité ou d'études hédoniques, il est extrêmement fréquent de mener des tests dans le but de déterminer la similarité ou la différence entre deux produits aux qualités sensorielles très proches. Par exemple, on peut étudier l'effet d'un nouvel ingrédient sur les qualités organoleptiques d'un produit original. Les épreuves discriminatives visent à détecter la présence ou l'absence de différences sensorielles entre deux produits. La caractéristique sensorielle sur laquelle portent les éventuelles différences n'est généralement pas connue de l'expérimentateur, et jamais des sujets. Ces méthodes sont très simples à mettre en œuvre et à interpréter : les sujets perçoivent ou ne perçoivent pas de différence des propriétés sensorielles. Toutefois leur emploi est limité car elles permettent uniquement de répondre à la question « ces produits sont-ils perçus comme différents ? ». **Elles contribuent surtout à la première phase de l'ES, l'analyse sensorielle.**

Les épreuves descriptives

Afin de contrôler la qualité sensorielle d'un produit, de vérifier sa conformité avec les objectifs initiaux, d'évaluer l'effet sensoriel de la modification des procédés de production, d'expliquer les préférences des consommateurs, de mesurer et d'interpréter les perceptions de l'Homme, on fait régulièrement appel à des

sujets initiés ou entraînés. Mais lorsqu'on s'intéresse à une qualité sensorielle complexe ou multidimensionnelle, on utilise préférentiellement une méthode qui permet une « description des propriétés sensorielles d'un échantillon dans l'ordre de leur perception avec attribution d'une valeur d'intensité pour chaque propriété [ISO 13299, 95]. **Le but de ce type de méthode est de fournir une véritable carte d'identité sensorielle des objets et de déterminer la nature et dans la plupart des cas, le degré de leurs différences, il s'agit de la méthode du profil sensoriel³¹. Ce type de représentations est idéal pour identifier et quantifier les aspects sensoriels du produit.** L'établissement d'un profil sensoriel passe par une première phase d'*analyse sensorielle* ou de découpage de la perception globale en sensations, chacune représentée par un *descripteur*. Il existe plusieurs méthodes pour établir une liste de descripteurs, elles seront détaillées dans le paragraphe 5.2.1. D'autre part, toute démarche d'établissement de profil d'ES nécessite la constitution d'un *espace produit*. L'espace produit est constitué de produits existants qui répondent, à peu près, aux mêmes fonctions d'usage ; mais diffèrent par leurs performances, style ou esthétique ...etc. Les produits choisis doivent être suffisamment différents pour fournir une importante variétés de stimuli, mais suffisamment proche pour rester dans le même domaine sensoriel.

Pour ne pas dépendre entièrement d'une seule personne³², cette information descriptive est généralement recueillie auprès de *sujets* sélectionnés et entraînés à évaluer les différentes propriétés sensorielles. C'est ce qu'on appelle un *panel ou jury d'évaluation sensorielle*³³. La mesure sensorielle globale donnée par un *panel d'experts* doit avoir les mêmes critères que les réponses d'un instrument de mesure : fiabilité et reproductibilité. Ces deux critères indispensables sont notamment obtenus par un entraînement suffisant du panel, qui peut durer parfois quelques mois.

La mise en place d'un groupe d'ES comporte en général plusieurs étapes :

- recrutement et sélection préliminaire,
- entraînement général et spécifique,
- contrôle (fiabilité des réponses, répétabilité, etc...).

En effet, en ES, il nous faut distinguer trois niveaux ou catégories de *sujets* suite à un entraînement plus ou moins long : les *sujets naïfs*³⁴, les *sujets qualifiés*³⁵ et les *sujets experts*³⁶. Deux normes internationales

³¹ Utilisation des termes descriptifs (descripteurs) pour évaluer les propriétés sensorielles d'un échantillon et l'intensité de chaque propriété [ISO 5492, 92].

³² Devant l'absence d'observateur standard et afin de prendre en compte la variabilité inter-individuelle, on fait appel à des groupes de sujets d'effectif variable, dans le but d'objectiver la réponse sensorielle [DEP 98].

³³ Groupe de sujets choisis pour participer à un essai sensoriel [ISO 5492, 92]

³⁴ Le sujet naïf est une personne ne répondant à aucun critère particulier [ISO 5492, 92].

³⁵ Le sujet qualifié est un sujet choisi pour sa capacité à effectuer un essai sensoriel [ISO 5492, 92].

³⁶ Un expert, au sens large du terme, est une personne qui, par ses connaissances et son expérience, a la compétence requise pour fournir un avis dans les domaines sur lesquels elle est consultée. En analyse sensorielle, il y a deux types d'experts, le sujet expert et le « sujet expert spécialisé ». Le premier est un sujet qualifié qui a une excellente acuité sensorielle, qui est entraîné à l'utilisation des méthodes d'analyse sensorielle et qui est capable d'effectuer de façon fiable l'analyse sensorielle

décrivent les étapes pour permettre à un candidat de devenir un *sujet expert*, puis un *sujet expert spécialisé*, voir Figure 23, ci-dessous.

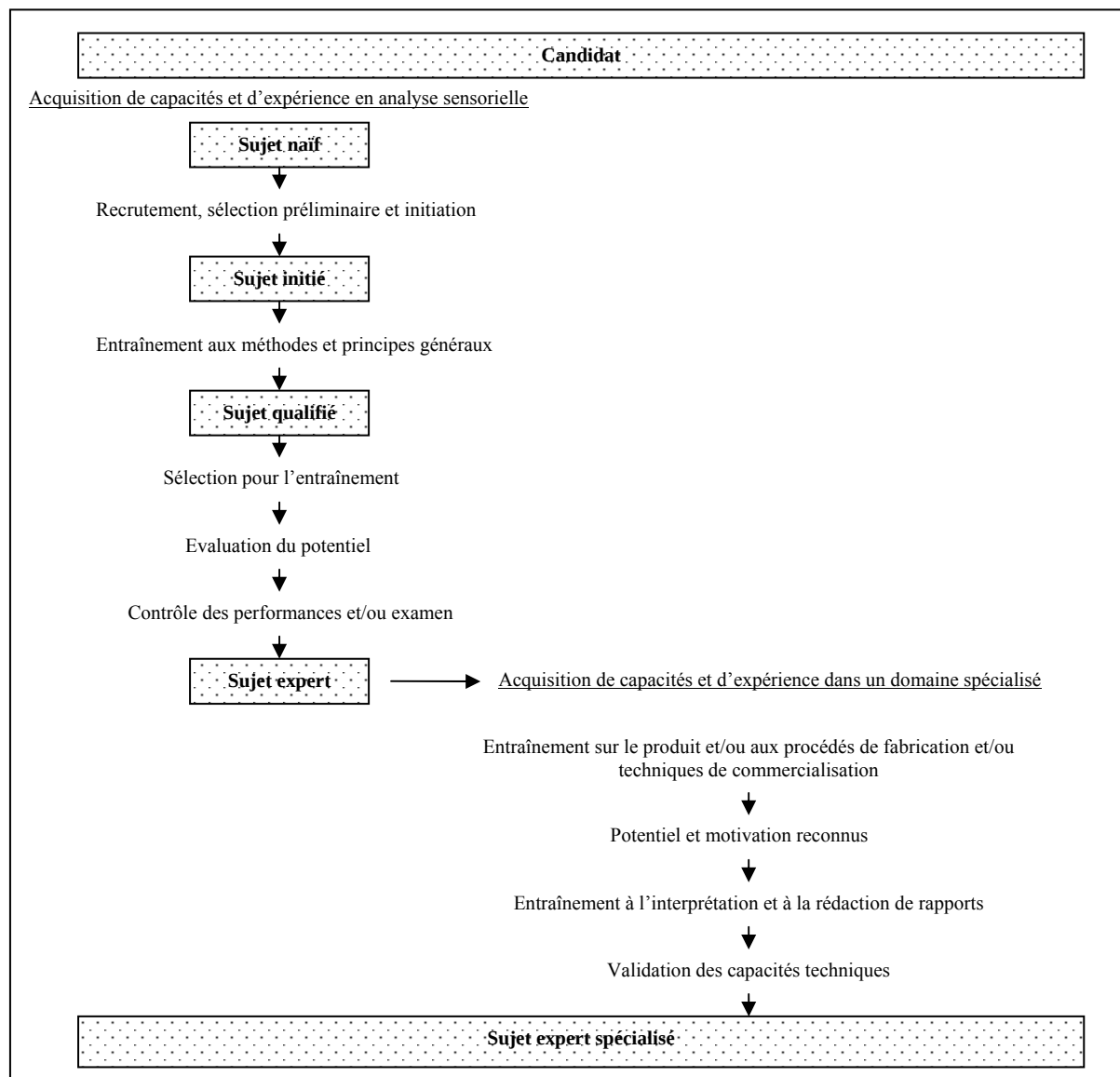


Figure 23 : Etapes pour permettre à un candidat de devenir un sujet expert, puis un sujet expert spécialisé
[ISO 8586-1, 93], [ISO 8586-2, 94].

Il est important de souligner qu'un principe de base régit toute mesure sensorielle : la réponse obtenue par le sujet ne doit dépendre que du stimulus évalué et ne doit pas être biaisée par l'environnement, source de perturbations phoniques, odorantes, visuelles ou tactiles. C'est pour cette raison que les tests se font dans des environnement aussi contrôlés que possible, en termes de température, d'odeur, d'hygrométrie. Les tests se font

de plusieurs produits. Le deuxième est un sujet expert qui a une expérience complémentaire de spécialiste du produit et/ou des procédés de fabrication et/ou de la commercialisation, et qui est capable de réaliser l'analyse sensorielle du produit et d'évaluer ou de prévoir les effets inhérents aux variations dues aux matières premières, recettes, conditions de fabrication, de stockage, au vieillissement...etc.

de manière individuelle dans des cabines d'évaluation sensorielle fournissant un environnement le plus neutre possible, voir Figure 24 ci-dessous :



Figure 24 : Exemple de cabines d'évaluation sensorielle

Nous reviendrons sur les différentes étapes de la sélection et de l'entraînement du groupe dans la première partie de l'expérimentation. **Ainsi l'ES utilisant un groupe de *sujets*, formés et entraînés suivant une méthodologie stricte, comme instrument de mesure sera qualifiée dans le cadre de nos travaux d'instrument méthodologique, en opposition aux instruments « physiques », comme peuvent l'être les nez électroniques.**

3.4.5.4 Les applications

A titre d'exemple, une liste non exhaustive des applications de l'ES est présentée ci-dessous [BAS 01] :

- maîtriser une qualité de conformité perçue ;
- connaître les préférences consommateurs ;
- améliorer la communication entre les fournisseurs et les *clients* ;
- communiquer au sein d'une équipe pluridisciplinaire ;
- structurer une offre : construction de nuanciers sensoriels ;
- diriger une recherche pour une différenciation perceptible ;
- réaliser une analyse de la concurrence.

Bien qu'au départ l'ES était utilisée par les industries agro-alimentaires, d'autres secteurs se sont appropriés ces méthodes :

Le cas de l'automobile : l'automobile offre une diversité importante de mises en forme de matériaux (bois, métaux, textiles, polymères). L'ES est ainsi utilisée pour la caractérisation de pièces d'habitacles telles des tableaux de bord, des sièges, des volants. Si l'évaluation des pièces au sein de leur habitacle apparaît naturelle, elle demeure coûteuse en temps et en argent (location ou achat de véhicules, gardiennage des véhicules...). La réalisation d'essai en laboratoire et en situation réelle éclaire sur la pertinence du recours à des essais sensoriels de pièces d'habitacles indépendamment de leur contexte. Une illustration des potentialités de l'analyse tactile au service de la créativité automobile réside dans l'approche *Touch Design*®³⁷. Il s'agit de faciliter l'interface homme-machine et de hiérarchiser l'attraction visuelle d'une fonction pour une incitation à la préhension. L'utilisateur doit, au simple toucher, directement intégrer le fonctionnement. Concrètement, l'ES a pour but de générer une sensation intelligente qui apportera une valeur ajoutée au produit et permettra au conducteur d'opérer certaines fonctions quasiment à l'aveugle [CRO 04]. Une autre application a été explorée pour le confort des sièges automobiles dans la thèse d'Alexandre Voisin à l'Université de Nancy [VOI 99].

Le cas du textile : parmi tous les secteurs industriels, c'est probablement le secteur textile qui a la plus longue expérience d'évaluation du toucher car les sensations tactiles sont des éléments déterminants de la qualité perçue des étoffes. Pour caractériser les interactions thermiques et mécaniques peau/étoffes, différents appareils de mesure ont été développés dont la chaîne de mesure Kawabata [KAW 80]. Cette démarche objective n'est pas satisfaisante parce que le toucher est un phénomène complexe. Dans ce secteur de nombreuses applications de la mesure sensorielle par des *panels experts* du toucher des étoffes ont vu le jour, un des exemple les plus parlant est celui développé dans le cadre des travaux de thèse de Flora Thongsoume-Philippe pour mesurer l'effet des traitements de finissage, dernière étape de la production textile avant la confection, qui a pour but de conférer la qualité finale voulue à la matière traitée [THO 02], [PHI et al. 02].

Plus récemment, on a vu des applications pour la fabrication des pneus de l'entreprise Michelin et dans le secteur de l'ameublement.

3.4.6 Récapitulatif sur l'utilisation de la métrologie sensorielle

Nous venons de voir à quel point la métrologie est un domaine varié et dont les applications de chaque volet pour la prise en compte des aspects sensoriels des produits est vaste. Nous proposons une synthèse des ces différents éléments sur la Figure 25 :

³⁷ Nouvelle philosophie de conception définie par M. Patrick Le Quement, directeur du design et de la qualité du groupe Renault (2001).

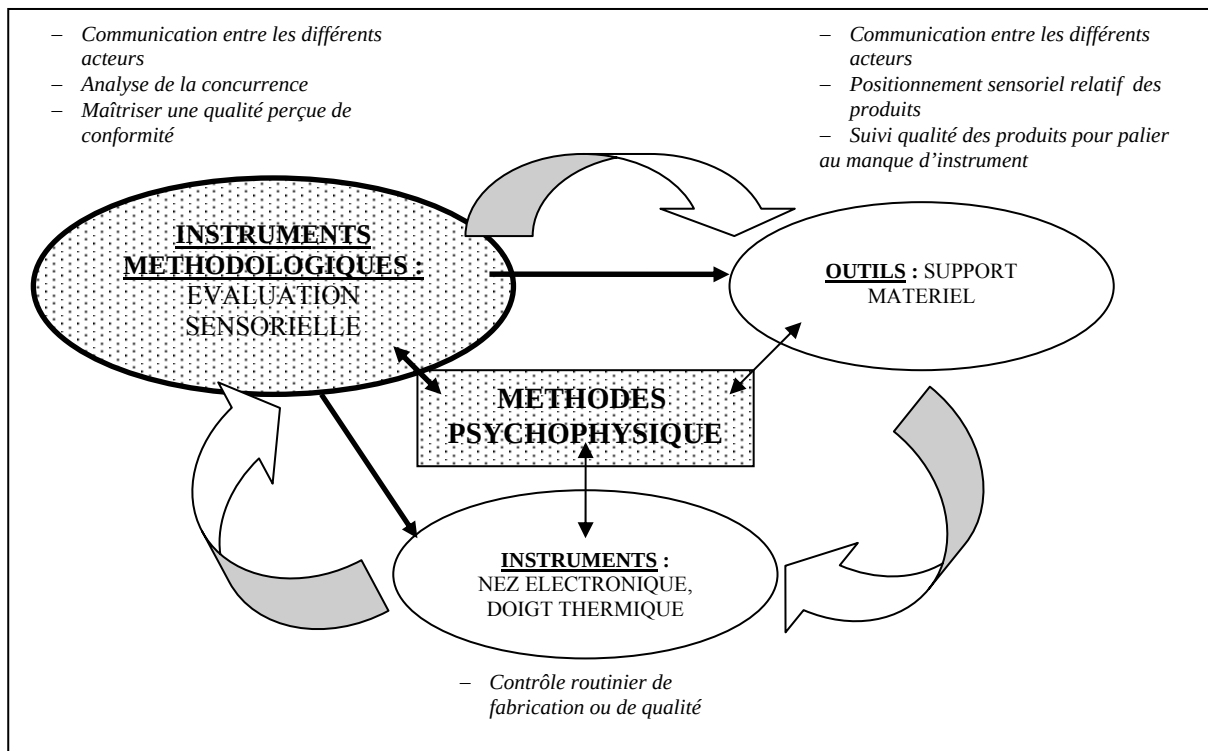


Figure 25 : Synthèse des différents volets de la métrologie sensorielle et de leurs applications

Les deux volets de la métrologie sensorielle : l'ES et les outils, servent pour des applications transversales caractéristiques de la conception de produit. Un autre point important à noter est que les outils, comme les instruments ne peuvent être conçus sans une phase préalable d'ES, notamment pour l'identification des sensations. **Nous pouvons faire le constat suivant, à ce stade de notre réflexion : l'ES, de par son caractère transversal et constituant un point d'entrée majeure pour la modélisation des aspects sensoriels est identifiée à ce stade de notre réflexion comme outil clé pour l'étude des aspects sensoriels des emballages.**

Pour illustrer ce deuxième constat, un groupe de travail qui s'était réuni dans le cadre du club CRIN Logique Floue pour échanger sur le thème de l'évaluation subjective dont fait partie l'ES, avait placé cet outil de façon transversale au centre du marketing, de la conception, voir Figure 26.

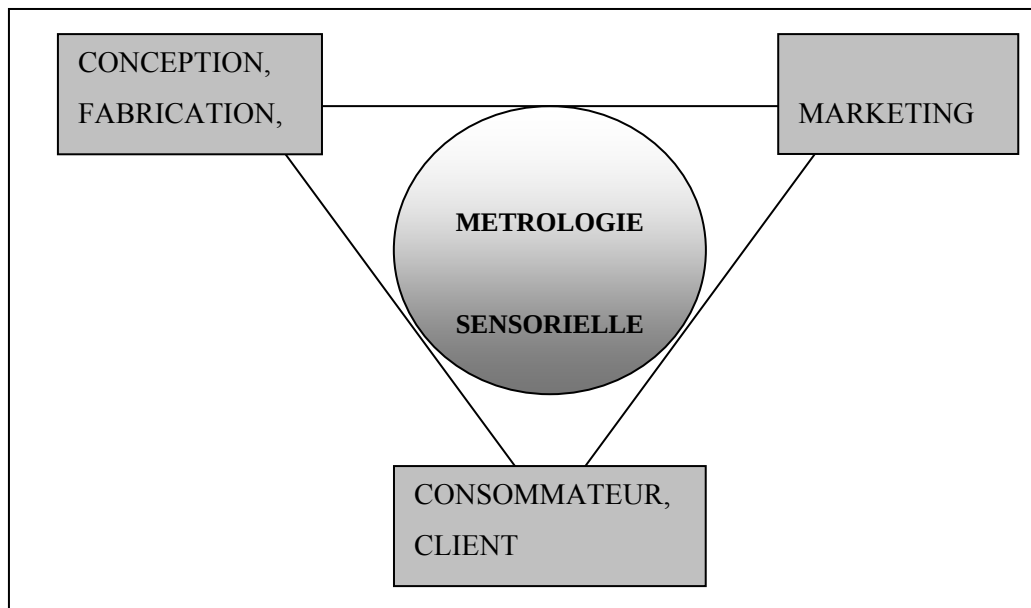


Figure 26 : Place de la métrologie sensorielle dans le cycle de produit [CRI 97]

3.5 La conception des emballages verriers

3.5.1 La conception de produit et les représentations intermédiaires

« Quiconque imagine quelques dispositions visant à changer une situation existante en une situation préférée, est concepteur. L'activité intellectuelle par laquelle sont produits les artefacts matériels n'est pas fondamentalement différente de celle par laquelle on prescrit un remède à un malade ou par laquelle on imagine un nouveau plan de vente pour une société, voire même une politique sociale pour un Etat. La conception, ainsi conçue, est au cœur de toute formation professionnelle. C'est elle qui fait la différence entre sciences et professions. Les écoles d'ingénieurs, comme les écoles d'architecture, de droit, de gestion, de médecine, les écoles normales d'enseignement, toutes sont concernées, au premier chef, par le processus de conception. » Herbert Simon pose clairement ici, à la fin des années soixante, l'importance du problème de conception. Pour la première fois il considère **le processus de conception comme une transformation d'informations permettant de passer de l'abstrait au concret**, selon la Figure 27 ci-dessous [SIM 99] :

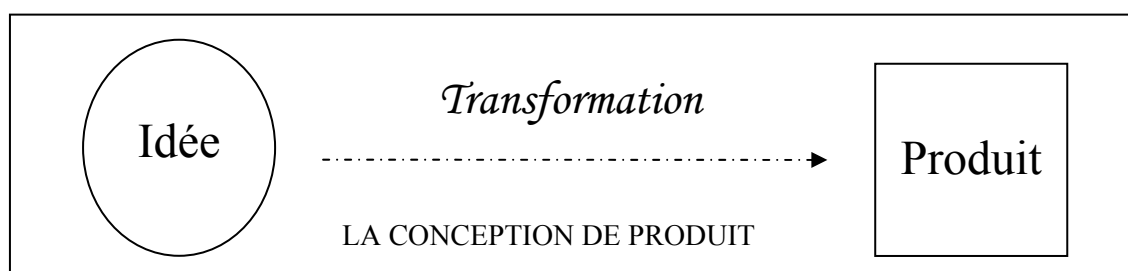


Figure 27 : La conception de produit - notion de transformation de l'idée au produit

Nous allons retrouver la même notion de transformation d'informations dans plusieurs autres définitions plus récentes : Suh définit la conception de produits comme le passage d'un espace fonctionnel à un espace physique [SUH 01]. Marc Le Coq voit dans la conception de produits le passage d'un état immatériel (idée, concept, fonctions) à un état matériel (plan, maquette, prototype) [LEQ, 92].

Or la transformation des idées en produit fini nécessite l'intervention d'acteurs ou d'équipes multi métier : ce processus de construction commune d'un projet passe par la mise en partage de spécificités et de données métiers. L'hétérogénéité de ces équipes implique certaines difficultés pour adopter une compréhension commune du projet. De ces difficultés sont nés les modes de *représentation intermédiaire*. Certains auteurs définissent la *représentation intermédiaire* comme étant une représentation graphique (image, croquis...) ou autre tel qu'un plan ou un programme du concept avant que le résultat final de la conception ou du projet de développement soit réalisé [SCH 95]. Les *représentations intermédiaires* sont mises en avant comme de véritables outils de visualisation indispensables dans la construction d'un projet. Nadine Stoeltzlen, lors de sa thèse au laboratoire CPI en donne une définition plus précise : « une représentation intermédiaire est selon nous une matérialisation, une instrumentation (physique ou non) partielle du futur produit à concevoir » [STO 04]. **Nous allons voir dans la suite de notre projet l'importance de ces représentations intermédiaires pour la conception des emballages, où différents acteurs de différents métiers interagissent ensemble et où le client apporte lui aussi sa vision du produit. Le manque de représentations intermédiaires se fait en particulier ressentir lors de la définition d'un état de surface lorsque le client souhaite apporter un parachèvement à son emballage.**

Il faut attirer l'attention sur le fait qu'il existe de nombreux processus de conception formalisés aussi bien dans les pays européens qu'aux US ou en Asie, nous renvoyons à la thèse de Diego Acuna, réalisée au laboratoire CPI et soutenue en 2004 qui fait une liste, bien sûr non exhaustive, mais assez complète³⁸ de différentes méthodes de conception dans différents pays. Diego Acuna a soulevé un point très important dans sa thèse : toutes les méthodes sont liées à un contexte historique, il faut toujours les resituer dans le cadre qui a contribué à son développement : « *Nous pourrions dire qu'il existe des milliers de méthodes de conception de produits du fait des particularités des contextes d'utilisation.* » [ACU 04]

3.5.2 Définition du produit « emballage »

La première notion essentielle à retenir concernant le produit³⁹, est sa différence par rapport à celle du simple objet⁴⁰ : le produit est issu d'une action. Il est entre autre le résultat d'une production ou d'une

³⁸ Nous renvoyons aussi à la thèse de Benoît Roussel qui détaille très bien de nombreux processus de conception dans son mémoire [ROU 96].

³⁹ Selon le dictionnaire Le Petit Robert : un produit (hors sa signification d'opération mathématique) se définit comme : substance, fait ou être qui résulte d'un processus naturel, d'une opération humaine. *Produit de la terre, produit du sol.*

opération. Il ne peut pas être défini comme un simple élément de consommation entièrement absorbé dans une finalité d'usage.

Pour le marketing, la notion de produit a un sens large : « Bien matériel ou immatériel (service) ou combinaison des deux, proposé par une entreprise, a pour objet la satisfaction d'un ou de plusieurs besoin(s) individuel(s) ou collectif(s). Destiné à être vendu, il doit être une réponse adaptée à la demande de l'utilisateur » [GIL 99].

Khaled Benfriha a réalisé au cours de sa thèse au laboratoire CPI un découpage des différents produits en trois catégories [BEN 05] :

- **Catégorie 1** : une autoroute, un stade olympique, une centrale nucléaire, une navette spatiale sont des produits conçus et fabriqués à l'unité ou en très petit nombre. Ce sont des ouvrages complexes non seulement sur le plan des techniques mises en œuvre mais aussi sur le plan de leur montage financier et juridique. Leur conception et leur réalisation s'effectuent dans le cadre d'une relation *client/fournisseur* s'identifiant sous les traits d'un maître d'ouvrage qui commande le produit et d'un maître d'œuvre qui mène à bien sa réalisation.
- **Catégorie 2** : La réalisation d'un nouvel appareil électroménager, d'un ascenseur, d'un équipement automobile, d'une machine-outil... relève d'une logique similaire à ceci près que le nombre d'unités commercialisées est très élevé, que l'investissement unitaire est beaucoup plus modeste et, enfin, que la procédure de mise sur le marché est très standardisée. Dans ce cas, en règle générale, un seul acteur, l'industriel, assure ou contrôle la conception, la fabrication, la commercialisation et parfois la maintenance du produit. Un continuum de relations *client/fournisseur* s'établit de l'utilisateur final qui achète le bien jusqu'au plus petit sous-traitant qui réalise une pièce constitutive du produit.
- **Catégorie 3** : Un distributeur d'eau embouteillée, un interrupteur réseau, une clé USB, un stylo-bille, les vêtements, la nourriture sont des produits conçus et fabriqués pour le marché de la grande consommation. Ils se caractérisent essentiellement par un choix des matériaux, un choix de la technologie et la définition de la forme [CHA 99]. D'autres chercheurs qualifient cette typologie (catégorie 3) par le terme « produits semi-techniques », caractérisée par : peu de pièces amovibles, pas de motorisation, interface directe avec l'utilisateur, contraintes de sécurités, d'efforts et d'ergonomie [COT et al. 02].

D'après les définitions ci-dessus, nous pouvons désormais nommer l'emballage comme produit en tant que tel, plutôt de la catégorie n°3. Il est destiné au marché de la grande consommation, présente un caractère semi-technique, mais son interface avec l'utilisateur est très importante, voire primordiale. A

⁴⁰ Selon le même dictionnaire, un objet (venant du latin *objectum* : ce qui est placé devant) se définit comme toute chose y compris les êtres animés qui affecte les sens et spécialement la vue. Chose solide ayant unité et indépendance et répondant à une certaine destination.

partir de maintenant, nous ne parlerons plus de produit au sens large mais de l'emballage, comme produit.

D'autre part, Philippe Vadcard ajoute une notion importante à la définition du produit : il le définit par rapport à un aspect technique, un aspect économique et un aspect social. Ces trois valeurs sont indissociables les unes des autres : la valeur d'usage, la valeur d'estime et la valeur d'échange, ci-dessous. Cette définition s'applique particulièrement et presque uniquement aux produits destinés au grand public, comme l'emballage, voir Figure 28.

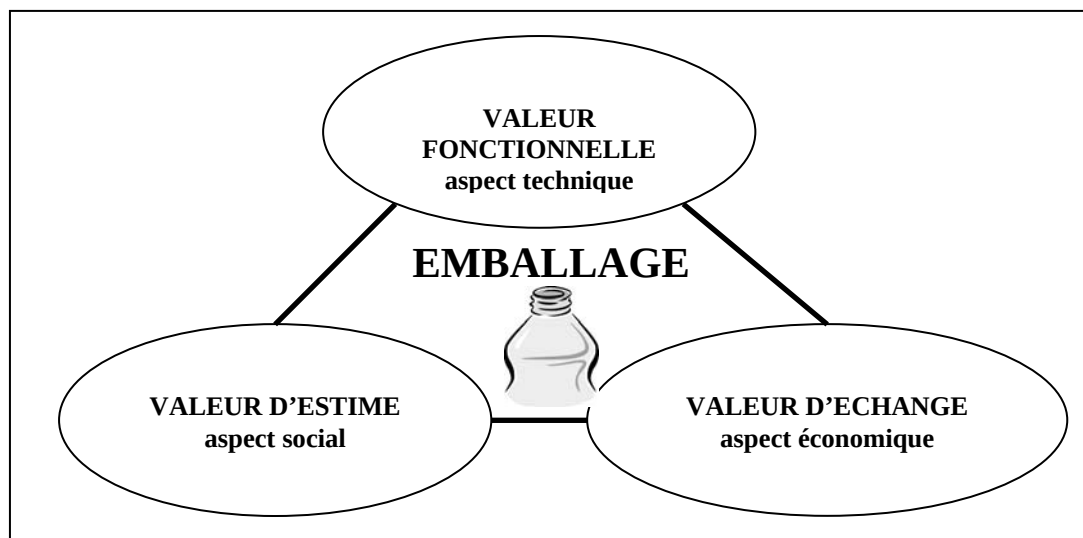


Figure 28 : Les trois valeurs d'un produit selon Philippe Vadcard [VAD 96].

C'est la valeur d'estime qui fait l'objet de notre recherche. Or jusqu'à aujourd'hui, « *s'il y a un métier, une discipline qui revendique un état d'esprit de représentation du consommateur, c'est le design industriel qui se veut être le domaine de représentativité du consommateur dans l'industrie.* ». C'est ce qu'explique Jean-François Bassereau, dans sa thèse de doctorat effectué au laboratoire CPI, il précise que le fait de revendiquer le rôle d'avocat du consommateur sans centrer son intervention sur ce même consommateur apparaît comme un décalage incohérent [BAS 95].

Le design est une activité créatrice dont l'objectif est de déterminer les qualités formelles des produits industriels, le design ne s'intéresse pas seulement aux caractéristiques extérieures, c'est-à-dire esthétiques, mais se préoccupe également des relations structurelles et fonctionnelles qui font de l'objet une unité cohérente. Le design est en fait une activité pluridisciplinaire dont les applications concernent aussi bien les produits, les logotypes, les emballages, les aménagements de surface...etc. Le designer a ainsi la responsabilité de tout ce que perçoit le consommateur.

Pourtant on ne peut pas laisser aujourd'hui à la seule charge du designer, dont nous ne remettons pas en cause le rôle créatif totalement indispensable, de représenter les valeurs perceptives et sociales du produit. La métrologie sensorielle, au même titre que l'ingénierie technique pour les caractéristiques techniques va contribuer à la conception des aspects perceptifs et sociaux du produit.

3.5.3 La processus de conception chez SGE

Chez SGE, on distingue deux types d'activités : le cœur de métier concernant la fabrication même des emballages (cela va de leur dessin, élaboration des moules, formage, convoyage, palettisation, jusqu'au transport chez le client et les fonctions transversales ou supports qui peuvent intervenir à différents moments du processus de conception, c'est le cas des composantes environnementales ou juridique...etc, voir Figure 29.

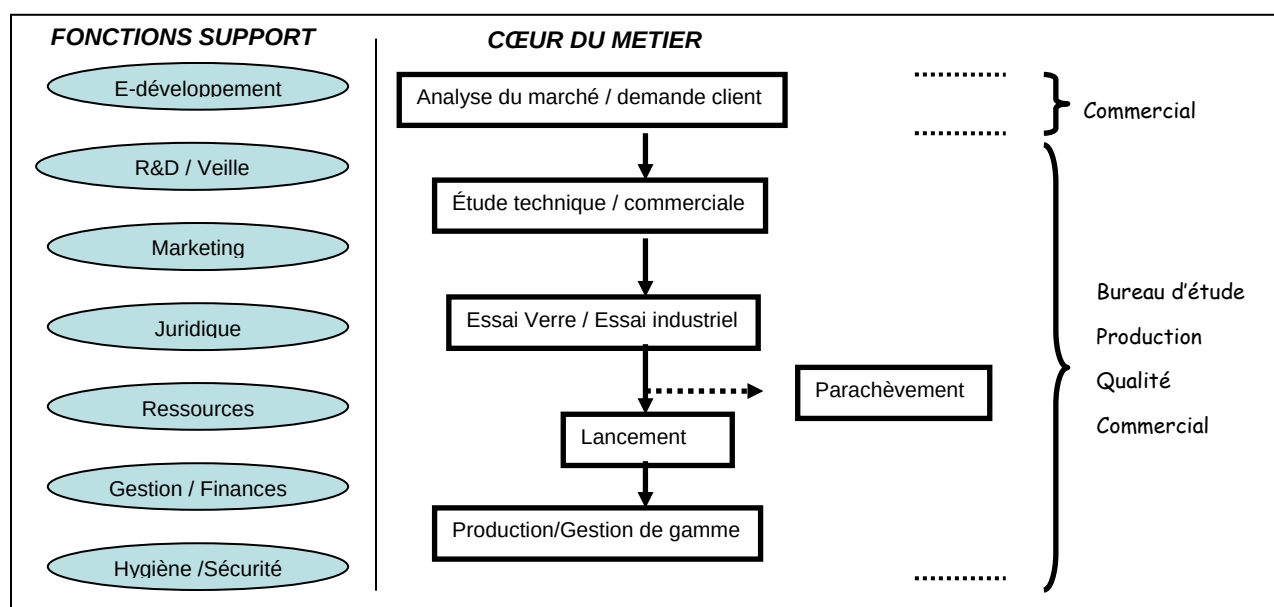


Figure 29 : Démarche de conception chez SGE

SGE crée entre 150 et 200 nouveaux emballages par an, les délais de réalisation sont de l'ordre de trois mois. La demande de création d'un emballage peut être initiée de deux façons : le service marketing veut ajouter un nouveau standard à la gamme de produits déjà proposés dans le catalogue de SGE⁴¹ ou un *client* s'adresse au service commercial de SGE avec une demande particulière, généralement en précisant l'ensemble des caractéristiques voulues de l'emballage. Le rôle de SGE sera de le fabriquer. Les emballages destinés à un *client* unique sont appelés des *spécialités* en opposition aux *standards*. Quelque soit l'origine de la demande de création, le processus de conception et ses produits intermédiaires sont à peu près les mêmes, ils sont présentés dans la Figure 30: Les produits ou représentations intermédiaires de l'emballage chez SGE se limitent au(x) dessin(s) effectué(s) par le(s) designer(s), le plan verre (voir annexe 2). Dans quelques cas un prototype est

⁴¹ La totalité de l'offre SGE est présente à l'adresse électronique suivante : <http://www.saint-gobain-emballage.fr/>

fabriqué, et il est possible virtuellement de placer l’emballage en cours de création dans un linéaire, comme on le voit dans la Figure 30, ci-après, pour évaluer son impact visuel par rapport aux produits concurrents.

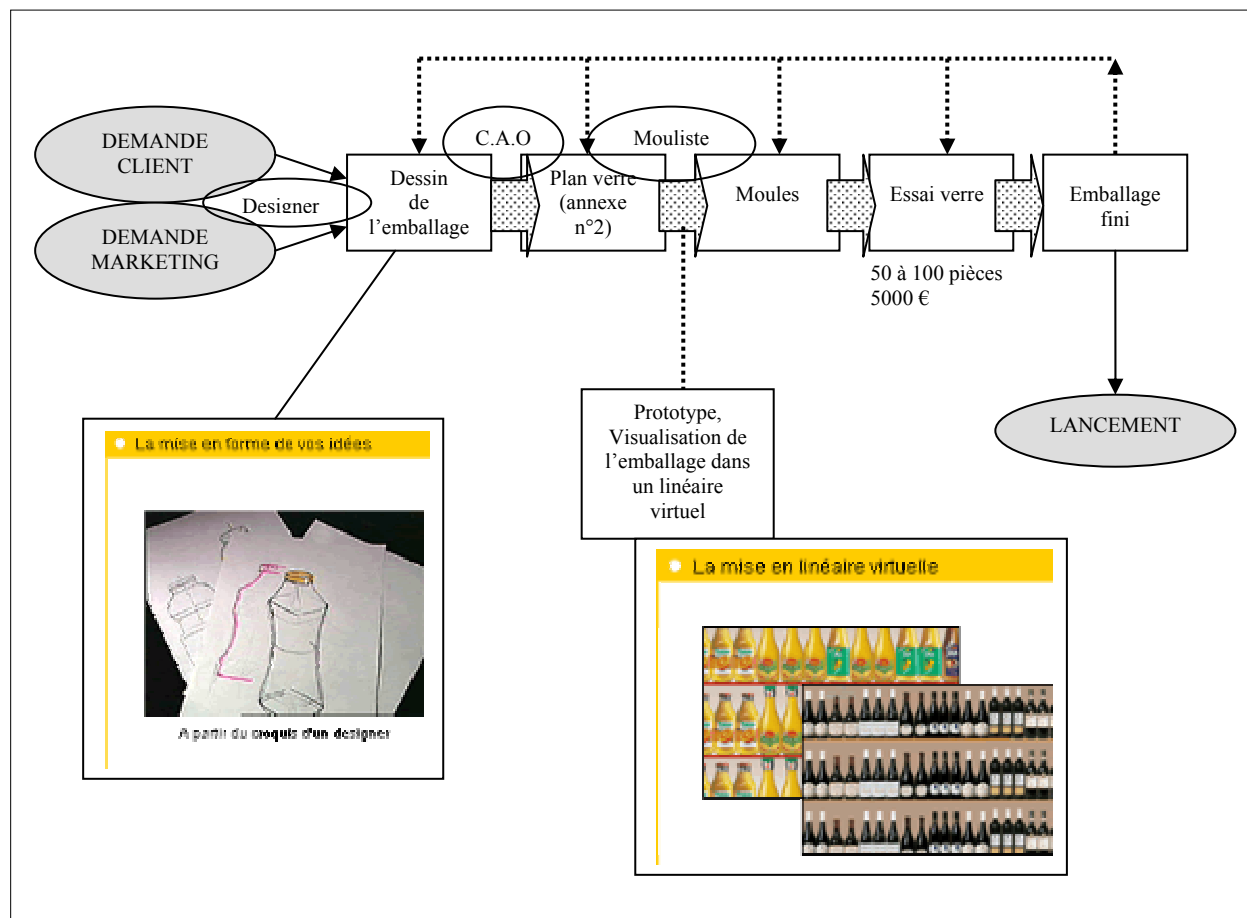


Figure 30 : Détail de la création d’un emballage chez SGE

Un aspect très important de la conception des emballages, notamment pour leur valorisation constitue les *parachèvements*. La valorisation et la différenciation des produits est une voie d’innovation extrêmement importante aujourd’hui (cf. § 2.1.2). L’industrie verrière possède une large palette de finitions ou *parachèvements* pour décorer et apporter de la valeur ajoutée aux emballages⁴² :

La sérigraphie : il s'agit de déposer de l’email sur le verre à travers un écran. Après cuisson, la fusion entre verre et décor est complète. Cette technique permet d'obtenir des effets de matière et d’épaisseur donnant un éclat et

⁴² Nous distinguerons les *parachèvements* pour les emballages verriers destinés à l’industrie agro-alimentaire comme les bouteilles de ceux destinés à l’industrie du parfum, les flacons. En effet, les flacons sont des emballages à très forte valeur ajoutée, produits en plus petite séries et dont la manutention n’est pas la même : le flaconnage utilise une très large palette de *parachèvements* non applicables aux bouteilles pour des raisons de coûts et de fragilité. C’est le cas par exemple des revêtements organiques tels que les laques (qui permettent de colorer le verre) qui ne résistent pas bien aux frottements subis sur les lignes de convoyage des bouteilles.

un toucher spécifique (Figure 31). Des sérigraphies jusqu'à 8 couleurs en un seul passage peuvent être réalisées, en quadrichromie, en tramés et en aplats, avec la possibilité également d'appliquer des métaux précieux (or, platine). Ce procédé peut s'appliquer à toute forme de bouteille et sur les surfaces non planes.



Figure 31 : Quelques exemples de bouteilles sérigraphiées par l'entreprise Saga Décor, filiale de SGE

Le dépolissage ou satinage : cet effet consiste à enlever la brillance de la surface des bouteilles pour obtenir un aspect visuel givré évoquant la fraîcheur et une sensation de douceur du toucher. Plusieurs procédés de dépolissage peuvent être mis en œuvre : satinage à l'acide, sablage, revêtement d'émail, laque spécifique. De plus, il est aussi possible d'obtenir qu'un dépolissage partiel de la bouteille, en protégeant localement la surface pendant le dépolissage. Ce procédé appelé *l'épargne* permet de combiner ainsi les aspects « dépoli » et « verre lisse ». Le dépolissage est fréquemment associé à un décor par sérigraphie, voir Figure 32 ci-dessous.



Le dépolissage à l'acide : les bouteilles sont trempées dans des bains d'acides, qui attaquent le verre en surface et lui donnent un aspect dépoli. Les effluents acides sont ensuite retraités par un procédé biologique.



Le saticcoat® : ce procédé breveté Saga Décor permet d'obtenir par une pulvérisation de poudre d'émail un effet satiné avec une exceptionnelle résistance à la rayure. Ce processus respectueux de l'environnement ne contient aucun effluent chimique.



L'épargne : combinaison entre l'aspect satiné et la transparence du verre, obtenue grâce à la création d'une fenêtre. Cette technique donne un effet de loupe, pouvant accompagner les décors plus travaillés. Elle est applicable à la fois sur le dépolissage et le Saticcoat®.

Figure 32 : Quelques exemples de bouteilles dépolies et sérigraphiées par l'entreprise Saga Décor

Le manchonnage ou sleeveage : ce procédé consiste à recouvrir le fût de la bouteille d'un manchon plastique préalablement imprimé. Ce procédé est souvent utilisé pour des produits dits « événementiels ou séries spéciales ».

Contrairement à la création des emballages décrite précédemment, les représentations intermédiaires des parachèvements sont très limitées voir inexistantes, surtout dans le cas des dépolissages. A part les produits déjà existants, il n'existe pas de moyens de représenter une finition ou même de la caractériser en éléments objectifs, comme on pourrait le faire sur le plan d'un emballage verre. Il existe un véritable manque à ce niveau là.

3.6 Les aspects sensoriels de l'emballage

Nous avons insisté jusqu'à présent sur l'importance des aspects perçus de l'emballage et de la nécessité évidente de la prendre en compte. Mais si on explore de plus près la littérature, on constate que finalement peu d'études ont été publiées sur le rôle du packaging dans la décision d'achat et sur ses qualités sensorielles.

Nous pouvons citer les travaux de thèse de Florence Dano, concernant l'application de la sémiotique au packaging. De la même façon que nous utilisons l'évaluation sensorielle pour la mesure des aspects sensoriels, elle a appliqué les techniques de la sémiotique pour mesurer et identifier le pouvoir évocateur des emballages [DANO 94]. D'autre part, le rôle des emballages a largement été étudié sous l'angle de la perception du danger

des produits qu'ils contiennent. Quelles formes ou quelles couleurs alertent le consommateur sur les dangers potentiels du contenant ? Actuellement le consommateur est surchargé d'informations sur le produit, il ne l'utilise quasiment pas pour situer le produit, il fait appel à des expériences antérieures, utilisant le contour comme repère pour évaluer le niveau de danger du contenu. En effet, les chercheurs Rhoades, Frantz et Miller montrent qu'il faudrait limiter l'information écrite sur les packaging au profit de design ou de forme évocatrice de l'usage du produit [RHO et al. 90]. De même, d'autres résultats indiquent que les variabilités de la bonne volonté à lire les indications peuvent être prédites en fonction du degré de la perception du danger et de la familiarité du produit [WOL et al. 97], [SER 00], [MEI 01]. Le rôle de la couleur dans l'augmentation de la perception du danger est aussi bien documenté : Chapanis [CHA 94], Braun et Silver [BRA et al. 95] ont établi un classement des couleurs en fonction de leur connotation du danger. Rouge est celle qui est le plus perçue comme dangereuse, suivi par le orange et jaune, puis noir, bleu, vert et enfin blanc. Il n'y a pas de différences significatives entre orange et jaune ou noir, bleu et vert.

Les premières études se rapprochant le plus du rôle de la perception sensorielle des emballages dans les décisions d'achat ont été réalisées par Christine Lange de l'Université de Bourgogne et par des chercheurs Irlandais J.M. Murray et C.M. Delahunty. Les travaux de Christine Lange concernent plus particulièrement les interactions entre le prix, le packaging et les caractéristiques sensorielles du produit. Elle montre que les consommateurs n'ont pas le même comportement d'achat et de décision dans les situations où la seule information disponible est le packaging et dans une situation où ils peuvent goûter le produit. Dans la première situation ils effectuent leurs choix plus rapidement. Elle montre aussi dans une étude sur les jus d'orange que l'impact des informations extérieures, c'est-à-dire le packaging, est aussi important que celui des caractéristiques sensorielles du produit. Pour des produits à haute valeur ajoutée tels que les vins rouges ou le champagne, l'impact des informations extérieures est parfois plus important que celui des caractéristiques intrinsèques et sensorielles [LAN et al. 99], [LAN 00], [LAN et al. 00], [LAN et al. 02].

Les chercheurs Murray et Delahunty ont eux réalisé une cartographie des préférences pour les attributs sensoriels et du packaging des fromages type cheddar. Ils ont montré, entre autres, qu'il n'y avait pas de relation clairement définie entre les préférences sensorielles des fromages et leur packaging. Ainsi, on voit toute l'importance du packaging lors de la décision d'achat où l'accès sensoriel au produit n'est pas encore possible [MUR et al. 00].

Ces exemples montrent à quel point l'étude de l'emballage dans sa globalité est difficile, chacun d'eux n'explorant finalement qu'une partie de son rôle en tant que vecteur de qualité et support de message. D'autre part, les applications de l'ES aux emballages sont très restreintes, nous ne pourrions citer que l'exemple d'Atofina qui a utilisé l'ES pour la modélisation des aspects sensoriels visuels et tactiles dans un souci de communication entre *client* et fournisseur. Or les aspects sensoriels des emballages peuvent être abordés à tout point de vue : gustatif, olfactif, auditif, tactile et visuel. Les deux premiers aspects sont en général abordés pour les problématiques de transfert de goût ou d'odeur du matériau d'emballage vers le produit contenant, ou à

propos du pouvoir de conservation de l'emballage sur la qualité du produit contenu. La sonorité de l'emballage, élément extrêmement important, souvent gage de qualité (« pop » indispensable à l'ouverture d'un petit pot pour bébé) et presque un élément culturel incontournable, on pensera bien sûr au bruit généré par le retrait du bouchon d'une bouteille de vin ou de champagne. Quant aux aspects visuels et tactiles, ils seront abordés dans le but de caractériser une surface.

Une des caractéristiques principales du verre d'emballage est son inertie chimique vis-à-vis du produit contenu. Pour cette raison, l'aspect sensoriel du verre ne sera pas abordé sous les angles gustatifs et olfactifs. Bien que les aspects sonores appellent à des recherches très intéressantes, il n'y avait pas de problématiques purement industrielles chez SGE liées à ces aspects. En revanche ce n'était pas le cas concernant les problèmes de caractérisation de surface, à l'origine de deux problématiques importantes : la comparaison visio-tactile du verre et du PET et la caractérisation des dépolissages (cf. § précédent). **C'est donc ces aspects visuels et tactiles qui feront l'objet de la suite de nos recherches. L'absence d'étude préexistante concernant ce sujet constituera une de nos problématiques.**

4 PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES

4.1 Bilan de l'état de l'art

La synthèse de l'état de l'art qui vient d'être réalisée dans la partie précédente peut être résumée sous la forme de quatre constats :

1^{er} constat : que se soient le marketing ou la conception de produit, il existe une réelle volonté d'intégrer les aspects perçus, comme les aspects sensoriels dans la définition et la fabrication des produits.

2^{ème} constat : l'ES, point d'entrée obligatoire de toute démarche sensorielle, constitue un instrument méthodologique suffisamment transversal pour l'identification et la mesure des aspects sensoriels.

3^{ème} constat : la conception des emballages verriers chez SGE manque de méthode de caractérisation des surfaces d'un point de vue tactile et visuel, qui permettrait, entre autre, une représentation intermédiaire du produit tenant compte de la perception du consommateur.

4^{ème} constat : il n'existe pas à ce jour, d'étude sur les aspects sensoriels des emballages publiée, présentant une méthodologie particulière ou des descripteurs appropriés.

Nous pouvons réunir ces constats sous deux formes : une demande industrielle et un manque méthodologique.

La caractérisation de surface semble être une voie d'utilisation de l'ES chez SGE. Pourtant, cette demande industrielle conduit au paradoxe suivant : est-ce que la caractérisation des surfaces constituera une démonstration suffisamment transversale pour envisager ensuite son intégration dans la conception des emballages chez SGE ? C'est l'objet de notre première problématique.

Quant au manque méthodologique, il concerne l'absence d'exemples d'applications de l'ES aux emballages. Ce constat est peut-être relié à la nature tridimensionnelle des emballages. En effet, si la caractérisation tactile et visuelle d'une surface plate ne pose pas de difficulté particulière, ce n'est pas forcément le cas des objets en trois dimensions. L'évaluation visuelle et surtout tactile des emballages est obligatoirement liée à leur utilisation conduisant au deuxième paradoxe : **Les techniques d'ES prennent-elles en compte la diversité gestuelle liée à l'utilisation et cette diversité gestuelle va –t-elle avoir une influence sur la mesure des sensations par le panel d'ES ? Ce sera l'objet de notre deuxième problématique.**

4.2 Problématique n°1 : intégration des aspects tactiles et visuels dans la conception chez SGE

4.2.1 Problème de l'intégration d'un nouveau domaine dans l'entreprise

L'intégration d'une nouvelle discipline, comme l'ES, est une tâche aussi passionnante que risquée car elle implique généralement une évolution des pratiques collectives. En effet, intégrer l'ES chez SGE, industrie lourde et historiquement très technique nécessite d'introduire de nouvelles valeurs directrices et de les étendre à l'ensemble de l'entreprise.

P.A. Millet et al., en s'intéressant à la problématique de l'intégration des systèmes d'informations dans les organisations industrielles, apportent des précisions intéressantes sur la notion d'intégration [MIL 05].

Citant Kosanke⁴³, ils définissent l'intégration comme « *un effort d'amélioration de l'efficacité du système global par mise en relation de ses éléments au moyen de systèmes de communication de manière à obtenir une réactivité et une efficience du système global supérieures à celles de l'ensemble des éléments pris isolément* ». En ce sens, l'intégration correspond donc à un changement d'état de l'organisation (un état avant et un état après).

P.A. Millet et al. précisent que l'intégration peut être réalisée de deux manières [MIL et al. 05] :

- L'intégration physique, qui consiste à regrouper les différentes parties en les fusionnant pour n'en faire qu'une seule (exemple : intégrer un sous-traitant). L'intégration a, dans ce cas, un sens de compactage physique, de réduction du nombre des éléments à gérer.
- L'intégration fonctionnelle, qui consiste à regrouper deux ou plusieurs parties en partageant des ressources communes informationnelles ou matérielles. Chaque élément garde son autonomie et l'intégration harmonise la collaboration ou l'enchaînement des tâches entre les différentes parties, dans le but d'atteindre des objectifs communs. Il s'agit alors de viser une coordination en reliant des parties pour les faire interagir de manière cohérente.

A l'image d'autres disciplines, comme l'éco-conception [LEP 05], l'intégration de l'ES rentre bien sûr dans le deuxième cas de figure.

Les problématiques d'intégration de nouvelles disciplines en entreprise ont très largement été étudiées par Flore Perrin lors de sa thèse au laboratoire CPI [PER 05]. Bien que la littérature offre peu de matière sur l'intégration de nouvelles méthodes en conception, Flore Perrin a réalisé une étude approfondie de documents

⁴³ Kosanke, K., (1995), « CIMOSA – Overview and Status », Computers in Industry, 27, 101 – 109.

traitant des conditions d'application d'une méthode et de ceux évoquant l'intégration, lui permettant de relever trois caractéristiques principales communes à ces références :

- il n'existe pas de structure organisationnelle du changement⁴⁴ pour intégrer une nouvelle méthode en conception,
- la promotion, l'information et la formation doivent accompagner l'introduction de la nouvelle méthode,
- la première application de la méthode doit convaincre et démontrer les enjeux de la méthode.

Ainsi Flore Perrin identifie et démontre dans le cadre de sa thèse les trois facteurs de succès de l'intégration d'une nouvelle méthode :

- **L'appropriation du changement** et de l'objet du changement, à travers (selon les approches et les domaines de recherche) l'adaptation de la nouvelle organisation aux préoccupations et tâches quotidiennes des futurs utilisateurs, et la participation des opérationnels au changement et à la conception de l'objet de ce changement.
- La **diffusion, l'harmonisation et l'homogénéisation du changement** et des nouvelles pratiques collectives sur l'ensemble de l'entreprise à travers la mise en œuvre de structures élaborées, le déploiement de campagne de communication et de formation.
- Et, dans le cas de l'intégration d'une nouvelle discipline et d'une nouvelle méthode, **la valorisation de cette discipline ou de la méthode par l'expérimentation.**

Ces trois points, reconsidérés sont représentés sous forme d'un tripôle, voir Figure 33 : Les trois pôles de l'intégration d'une nouvelle méthode de conception .

⁴⁴ Les démarches structurées du changement se résument à la nomination d'un responsable du projet et à la nécessaire implication de la Direction. L'intervention d'un consultant qui forme les individus et transforme les méthodes de travail, puis quitte l'entreprise par la suite.

- L'embauche d'un expert dans le but de développer et d'assurer l'animation et la pérennité de la méthode.
- Le détachement d'un ingénieur interne à mi-temps ou à plein temps (selon le besoin) connaissant cette méthode et capable de la développer dans l'entreprise.
- Détacher un ingénieur en interne, lui faire suivre un séminaire de formation pour qu'il soit en mesure, par la suite, d'effectuer l'intégration de la nouvelle méthode dans l'entreprise.
- Faire suivre à tous les ingénieurs une formation sans nommer de responsable de la méthode afin que, par la suite, chaque ingénieur applique la méthode sur ses propres projets.

L'expertise en conduite de changement n'est donc pas, ici, une nécessité. Toute la structure du changement repose sur l'expert de la méthode, lui-même parfois jugé comme support non-indispensable.

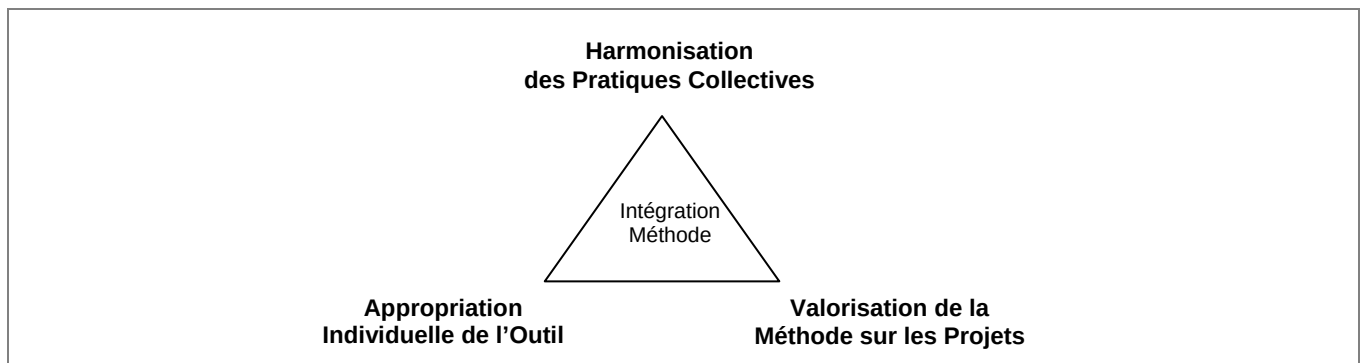


Figure 33 : Les trois pôles de l'intégration d'une nouvelle méthode de conception

Afin de compléter ce panorama des difficultés liées à l'intégration de nouvelles méthodes en conception, nous aborderons dans la partie suivante un exemple proche de notre contexte : l'intégration de l'ergonomie.

4.2.2 Exemple : intégration de l'ergonomie en entreprise

De nombreux exemples d'intégration de méthodes existent comme l'environnement [MIL 95], [JAC 02], [LEP 05] ou l'ergonomie [LEB 02], [MIN 03], mais celui de l'ergonomie reste le plus proche de notre contexte, Loïc Jacqueson en a réalisé un aperçu tout à fait pertinent dans sa thèse.

La première remarque qu'il a pu relever concernant l'intégration de l'ergonomie correspond à la nécessité de mettre en place des modes de coopération avec les autres acteurs de la conception (que ce soient les concepteurs directement, les opérateurs ou encore les responsables de projet). Certains auteurs font état de l'importance pour l'ergonome de savoir instaurer un contexte d'échanges avec les autres acteurs du projet, aussi bien pour comprendre, en tant que nouvel acteur, les méthodes de travail et les données manipulées par l'équipe projet, que pour adapter les données issues d'une analyse ergonomique et les mettre à disposition sous une forme compréhensible par tous.

Une deuxième remarque porte sur le fait que l'intégration de l'ergonomie se fera par une reconnaissance de la compétence, uniquement par l'action. Les ergonomes devront produire des résultats exploitables dans l'immédiat tout en agissant sur le long terme.

Enfin une difficulté importante a aussi été soulignée par rapport à la relation au temps lors :

- de la comparaison des délais nécessaires aux études ergonomiques en regard des délais de développement des produits,
- et également dans la projection dans le futur où les préconisations restent basées sur des hypothèses, ces dernières n'étant vérifiables que lorsque les utilisateurs utilisent réellement les produits.

On voit bien que les moyens d'interventions de l'ergonome ne doivent pas se réduire à d'uniques préconisations, mais que ces dernières doivent faire partie d'une démarche plus globale impliquant l'appropriation des nouvelles connaissances et des nouveaux outils par les acteurs de la conception.

Les remarques émises par Loïc Jacqueson dans sa thèse sont parfaitement cohérentes avec le constat de Flore Perrin. L'ergonomie pour être intégrée devra répondre aux 3 facteurs de l'intégration : appropriation, information et valorisation par l'expérimentation.

4.2.3 Le cas de SGE

Historiquement, l'ES était un outil très spécifique utilisé par les laboratoires de R&D alimentaires ou pour le contrôle qualité des aliments (cf. § 3.4.5.1), peu à peu ses applications se sont étendues à d'autres services et d'autres produits. En revanche, sa position dans l'entreprise n'a que très peu évolué, elle reste aujourd'hui plutôt intégrée dans les structures de R&D que ce soit dans le secteur alimentaire, cosmétique ou automobile.

Dans le cas de nos travaux de thèse, les résultats du processus d'intégration devront répondre aux trois critères : appropriation, information et valorisation par l'expérimentation.

Dans ce contexte particulier, l'intégration de l'ES par la démonstration et l'expérimentation fut un parti pris de départ, lié à la façon habituelle de procéder chez SGE. D'autant plus que cette entreprise n'échappe pas aux règles de l'intégration énoncée dans le § 4.2.1 : il n'existe pas réellement d'identité structurelle responsable de la conduite du changement⁴⁵. Les projets identifiés pour la démonstration et la valorisation de l'apport de l'ES ont concerné la caractérisation visuelle et tactile de surfaces d'emballages, notamment :

- la comparaison visuelle et tactile du verre et du PET, à la demande du service marketing dans le but d'identifier les différences de perception devant être prises en compte dans la conception d'emballages pour les marchés concernés.
- La caractérisation visuelle et tactile du dépolissage, avec un objectif de l'optimisation du procédé pour l'obtention d'un effet perçu cible.

La condition sine qua non de la mise en œuvre des projets précédents est l'acquisition ou tout du moins l'utilisation d'un *panel* d'experts sensoriels (nécessitant recrutement, entraînement et recherche de

⁴⁵ Prendre un étudiant en thèse CIFRE responsable de projet et sur qui repose l'expertise en ES était un compromis parfaitement adapté au contexte SGE. Toutefois, on peut noter que même si l'embauche de doctorants CIFRE est assez habituelle dans le groupe Saint-Gobain, notamment à Saint-Gobain Recherche, c'est la première fois que ce type de contrat était réalisé pour la branche Emballage. Ce fait marque la volonté de l'entreprise d'intégrer de nouvelles approches.

descripteurs..etc). Toujours dans cette logique de valorisation par la démonstration, la première partie du travail a été consacrée à la mise en place de deux panels d'experts sensoriels sur la vision et le toucher des emballages.

Or si on reprend le processus de conception de SGE décrit sur les Figure 29 et Figure 30, on voit que ces projets choisis ne font pas partie du « *cœur de métier* » proprement dit. **Est-ce que l'utilisation de l'ES pour la caractérisation sensorielle des surfaces des emballages pour les *parachèvements* ou dans un but de *benchmark*⁴⁶ marketing sera suffisamment démonstrative dans une perspective d'intégration chez SGE ?**

4.3 Hypothèse n°1 : l'ES, instrument méthodologique très évolutif

L'ES possède des caractéristiques multiples et des applications variées utilisables à différents stades de la conception. Elle permet surtout de produire une représentation intermédiaire explicite et compréhensible par les différents acteurs du projet, notamment par l'utilisation du profil sensoriel. Rappelons la définition du profil sensoriel : description des propriétés sensorielles d'un échantillon dans l'ordre de leur perception avec attribution d'une valeur d'intensité pour chaque propriété. Le but de ce type de méthode est de fournir une véritable carte d'identité sensorielle des objets et de déterminer la nature et dans la plupart des cas le degré de leurs différences. Ce type de représentations est idéal pour identifier et quantifier les aspects sensoriels du produit. De plus, cette méthode possède une forte capacité d'adaptation et d'évolution en fonction du type de produits.

La première hypothèse de notre travail sera : **L'évaluation sensorielle, instrument méthodologique permettant l'utilisation de représentations intermédiaires du produit comme le *profil sensoriel*, est suffisamment évolutive et adaptable à toutes les problématiques pour pouvoir être intégrée dans une entreprise, même par une application en marge du cœur du processus de conception.**

4.4 Problématique n°2 : l'évaluation tactile des emballages, prise en compte de la gestuelle

4.4.1 L'exploration haptique des objets

L'étude du sens tactile est absolument indissociable de l'étude des gestes. Le toucher se distingue de la vision et de l'audition⁴⁷ en ce qu'il est une modalité de contact dont les récepteurs sont répartis sur tous le corps. En raison de cette propriété le champ perceptif est limité à la zone de contact avec les objets. La plupart du temps, des mouvements volontaires, d'une amplitude variant en fonction de la taille de ce qu'il faut percevoir, doivent être produits pour compenser l'exiguïté du champ perceptif tactile et appréhender les objets

⁴⁶ Terme emprunté de l'anglais signifiant un standard de comparaison

⁴⁷ On ne parlera pas des sens gustatif et olfactifs qui sont des sens chimiques et non physiques comme le toucher, la vision et l'audition.

dans leur intégralité. La taille de ce champ varie alors en fonction des segments corporels mobilisés (un doigt, la main entière, les deux mains associées...etc.). Des perceptions kinesthésiques issues de ces mouvements sont nécessairement liées aux perceptions purement cutanées pour former un ensemble indissociable appelé perceptions tactilo-kinesthésiques ou « haptiques » (du terme anglais *haptic*, lui-même emprunté au grec et introduit en psychologie en 1950 par Revesz [REV 50]). Le caractère successif du toucher a frappé depuis longtemps les observateurs et a été opposé à la simultanéité de la vision. Il faut cependant nuancer cette opposition. S'il est exact que le champ perceptif visuel permet une appréhension globale et immédiate de beaucoup d'aspects du stimulus, les mouvements d'exploration y sont également nécessaires pour tirer les invariants spécifiant les propriétés spatiales de l'environnement. Cependant, l'amplitude des mouvements oculaires est sans commune mesure avec celle des mouvements manuels, surtout lorsque ceux-ci sont associés à ceux des bras. Il est donc justifié de considérer le toucher comme beaucoup plus séquentiel que la vision.

De plus, le toucher, tout en ayant un fonctionnement en grande partie séquentiel, est aussi une modalité spatiale, comme la vision, il peut revenir en arrière, explorer dans n'importe quelle direction, repasser plusieurs fois sur les mêmes parties du stimulus, de la même façon que l'œil explore une scène ou une image en grandes dimensions. Or la perception tactile dépend de la qualité des mouvements d'exploration effectués et de la qualité de la synthèse mentale faite à l'issue de l'exploration. Plus que dans les autres modalités sensorielles, perception et action sont indissociablement liées, c'est pourquoi les relations entre perception et action ont ici une importance particulière. L'originalité du système haptique vient du fait que les mains sont à la fois des organes perceptifs, capables d'exploration, et des organes moteurs qui exécutent les actions de la vie quotidienne. [HAT et al. 00]

Or des chercheurs, en psychologie ont montré une influence non négligeable des gestes sur la perception tactile : Davidson et Whitson ont observé que les adultes voyants ont des modes d'exploration moins performants que les aveugles précoces dans une tâche d'évaluation de la courbure d'une plaque métallique verticale. Les aveugles privilégient les procédures qui mobilisent la main entière alors que les voyants ne mobilisent qu'un ou deux doigts. Les voyants diminuent donc au maximum la taille de leur champ perceptif, alors que les aveugles élargissent ce champ en utilisant tous les doigts. Cette différence s'accompagne d'une efficacité inégale de la discrimination, puisque les aveugles sont plus précis que les voyants. Après apprentissage et en imposant aux voyants le mode d'exploration des aveugles, les deux groupes deviennent similaires, [DAV 72], [DAV et al. 74]. En 1997, l'équipe de Morton Heller, de l'Université de l'Illinois, a montré que les mouvements d'exploration tactile contribuent à la perception des illusions tactiles, en étant à l'origine des erreurs perceptives : une illusion est plus probable quand une gouttière n'autorise que les mouvements du bras entier que lorsque seuls les doigts sont mobiles, voir Figure 34. [GEN et al. 02]

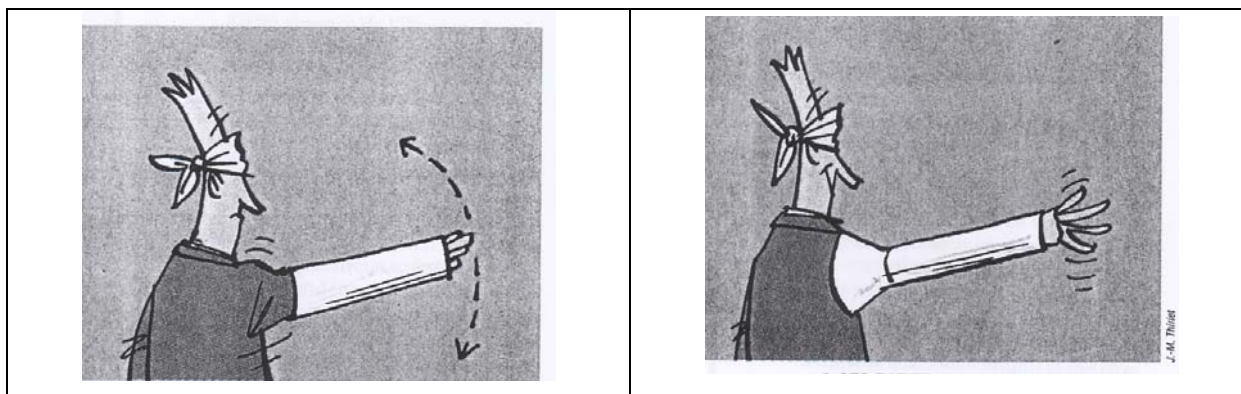


Figure 34 : Types de mouvements autorisés en fonction de la position d'une gouttière

Ainsi, l'emballage, objet en trois dimensions à part entière, suscite et nécessite des gestes d'exploration particuliers et des zones d'exploration particulières. Etant donnée l'importance des gestes d'explorations dans la perception tactile et haptique, il faudra répondre à la question suivante : **comment identifier et prendre en compte cette gestuelle pour l'évaluation tactile des emballages ?**

Nous avons vu dans la première partie, qu'un des secteurs industriels moteurs dans l'utilisation des techniques d'évaluation sensorielle est le textile, or nous allons voir que l'évaluation tactile des textiles est aussi confrontée à cette problématique de la gestuelle.

4.4.2 La main du textile, une problématique identique

Un des domaines industriels ayant des problématiques extrêmement proches de celle-ci est le textile. En effet ce secteur est probablement celui qui a la plus longue expérience d'évaluation du toucher car les sensations tactiles sont des éléments déterminants de la qualité perçue des étoffes. Dans la pratique, un grand nombre d'opérations commerciales, notamment dans le commerce des produits semi-finis, sont influencés par un jugement empirique très typique, effectué sur les étoffes par voie visuelle mais surtout tactile. L'acheteur se prononce sur la qualité de l'étoffe testée tant au point de vue tactile qu'au point de vue « confectionnabilité » c'est-à-dire sa capacité à être transformée en vêtement. Les experts du domaine textile emploient le terme « main » pour désigner à la fois le toucher de l'étoffe, son aptitude à la confection et son apparence finale [THO 02], [ISS et al. 04].

La « main » (« fabric hand » en anglais) est une notion très complexe englobant les propriétés mécaniques, de confort, d'aspects, d'usage et sensorielles des étoffes. Elle dépend de nombreux paramètres allant de la matière première aux techniques d'ennoblissement⁴⁸. Dans le secteur textile, il existe des experts

⁴⁸ Une fois tissés ou tricotés, les textiles subissent les opérations d'ennoblissement : on lui donne son aspect définitif : blanchiment, teinture, impression, apprêts...

produits capables d'évaluer les différents paramètres constituant la « main » de l'étoffe, ils sont entraînés⁴⁹ à juger la confectionnabilité. De ce fait leur contribution est décisive pour les achats des étoffes ou la modification de procédés d'ennoblissement...etc. Ces experts de la *main* du textile agissent au même titre que les œnologues pour le vin ou les « nez » pour l'industrie de la parfumerie. Ils jouent un rôle clé dans la conception des étoffes, de par leur transversalité au processus et leur capacité à identifier et à traduire les aspects sensoriels d'une étoffe et de ses traitements.

La dépendance évidente des entreprises du textile face à ces experts a poussé à la réalisation de nombreuses études pour mettre au point des systèmes reproduisant l'évaluation de ces personnes. Deux approches ont été développées : l'approche instrumentale et l'approche par l'évaluation sensorielle.

- **L'approche instrumentale** : développement de la méthode KES-F par le professeur Sueo Kawabata (1931-2001) au Japon. L'objectif était de définir un modèle numérique de la mesure de la main des étoffes à partir des propriétés mécaniques de ces dernières en regard de l'usage auquel elles sont destinées. Ces méthodes ont fourni des mesures instrumentales fiables notamment pour le contrôle qualité précis des propriétés haptiques des étoffes. Mais elles n'ont pas permis de prendre en compte la complexité des processus perceptifs et du caractère multidimensionnel de la « main » [KAW 80], [CAL 03].
- **L'approche « évaluation sensorielle »** : la littérature abonde en études menées sur la constitution de panels d'évaluation sensorielle visant à remplacer les experts de la main en utilisant leur gestuelle et leur descripteurs, la plupart montrent qu'il est tout à fait possible de remplacer ces experts par des panels entraînés aux différents paramètres de la main [GIB et al. 01], [SOU et al. 04], [PHI et al.02], [CAR et al.03]. La mise au point de tels panels est d'abord passé par l'observation des experts pour pouvoir reproduire leurs gestes, puis par le recueil des descripteurs (chacun ayant une gestuelle particulière associée).

Ainsi le textile a très tôt et bien avant l'emballage identifié la nécessité de prendre en compte dans sa globalité les différents aspects sensoriels des produits semi-finis pour pouvoir prédire de leur bonne utilisation et acceptation par les consommateurs. Or il n'existe pas d'équivalent de tels experts dans l'industrie de l'emballage, desquels nous pourrions nous inspirer pour effectuer la mesure des aspects sensoriels des emballages, aussi bien pour les descripteurs que pour les gestes.

Nous pouvons ainsi formuler notre deuxième problématique : **comment prendre en compte la diversité gestuelle liée à l'utilisation d'un emballage pour réaliser une mesure sensorielle tactile par un panel expert ?**

⁴⁹ On entend ici par « entraînés », une habitude, ce n'est pas un entraînement au sens de l'évaluation sensorielle.

4.5 Hypothèse n°2 : le problème de la gestuelle, apport de l'ergonomie

Nous avons vu au travers les exemples précédents l'importance des aspects utilisation et gestuelle lors de l'exploration tactile des emballages. Or dans la méthodologie classique de l'ES, orientée sur les sens gustatifs et olfactifs, peu ou pas d'éléments figurent sur les gestes.

Nous ne possédons pas l'équivalent de la main du textile et de ses experts en ce qui concerne les emballages. Il n'existe pas de banques de données répertoriant les différents gestes effectués communément soit par les experts de l'emballage, soit par les consommateurs. Citons cependant les travaux des chercheurs Lederman et Klatzky qui ont identifié, chez les adultes devant classer des objets en fonction d'un critère donné, des « procédures exploratoires », c'est-à-dire des ensembles spécifiques de mouvements (voir Figure 35) qui se caractérisent par la quantité d'information qu'ils peuvent apporter et donc par l'éventail des propriétés auxquelles ils sont adaptés. Ainsi le frottement latéral est adapté seulement à la texture, le soulèvement au poids, la pression à la dureté du matériau. Le contact statique informe principalement sur la température et, plus approximativement, sur la forme, la taille, la texture et la dureté. L'enveloppement donne aussi des informations globales sur ces propriétés, tandis que le suivi des contours donne une connaissance précise de la forme et de la taille et une connaissance plus floue de la texture et de la dureté [LED et al. 87], [LED et al. 93].

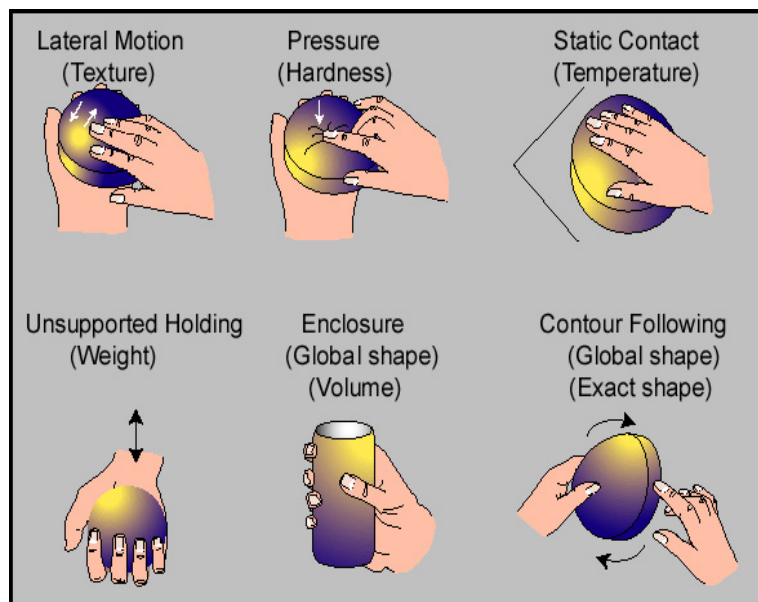


Figure 35 : Les six principales procédures exploratoires décrites par Lederman et Klatzky. Le terme entre parenthèse indique la propriété perçue par chaque procédure

Ces travaux sont tout à fait pertinents et nous avons pu nous en inspirer en partie pour la première partie de l'expérimentation. Dans notre cas, il était nécessaire de les compléter par des données plus spécifiques aux emballages.

Il nous reste donc à savoir quel discipline ou domaine va pouvoir apporter des données sur la gestuelle liée à l'utilisation des emballages. Nous avons donc émis une dernière hypothèse concernant l'apport indispensable de l'ergonomie pour la prise en compte de la gestuelle. En effet, l'ergonomie, décrite dans le § 3.2.3.2, permet dans sa méthodologie générale l'observation et l'identification d'aptitudes ou de gestes utilisés par des sujets dans une situation dite de travail, en l'occurrence l'utilisation ou l'exploration tactile des emballages. Par exemple, les observations vidéo donnent à l'analyste la possibilité d'utiliser le ralenti et de revoir la séquence, autorisant une évaluation détaillée et reproductible [SPI et al. 01]. Les résultats issus des méthodes d'observation sont obtenus à partir d'interprétations des observateurs, expérimentés pour observer les individus au travail. **Nous avons donc fait intervenir un chercheur en ergonomie du laboratoire d'Anthropologie Appliquée de Paris V.** Nous pourrions comparer nos résultats à ceux d'une étude menée pour les textiles automobiles, les auteurs ont observé (en les filmant) les gestes effectués par les experts du textile [GIB 01].

Nous pouvons formuler ainsi notre deuxième hypothèse : **l'introduction de l'ergonomie pour l'ES des emballages est indispensable pour prendre en compte la diversité gestuelle et rendre fiable la mesure.**

4.6 Récapitulatif des problématiques et hypothèses

Chaque hypothèse émise précédemment sera validée ou au contraire abandonnée au travers d'expérimentations qui sont l'objet des chapitres suivants. La Figure 36 résume l'ensemble des problématiques, hypothèses et futures expérimentations.

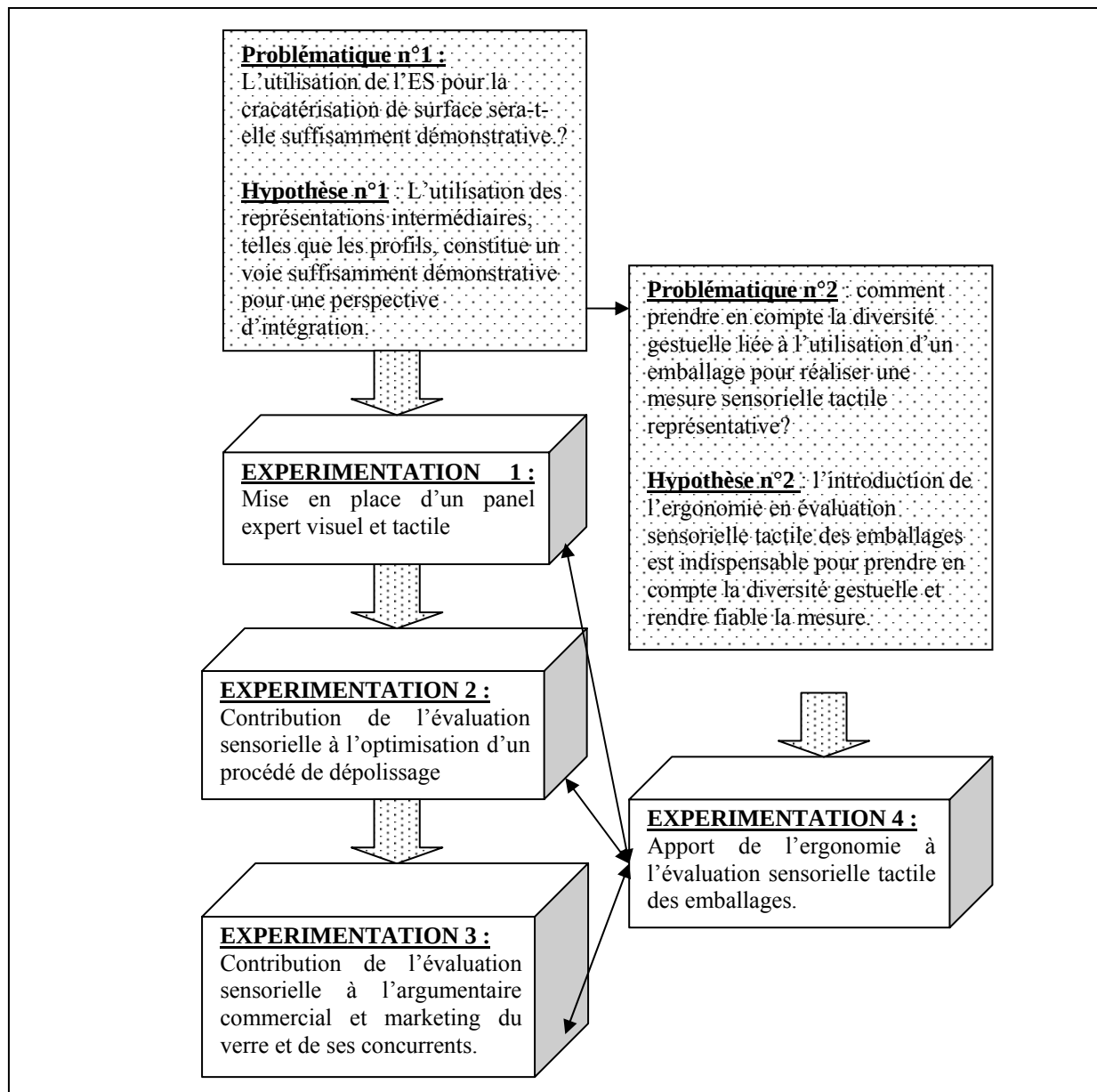


Figure 36 : Récapitulatif des problématiques et hypothèses et plan d'expérimentation.

5 EXPERIMENTATION

5.1 Plan de l'expérimentation

Nous avons utilisé le formalisme SADT⁵⁰ pour structurer les expérimentations (Figure 37 et Figure 38).

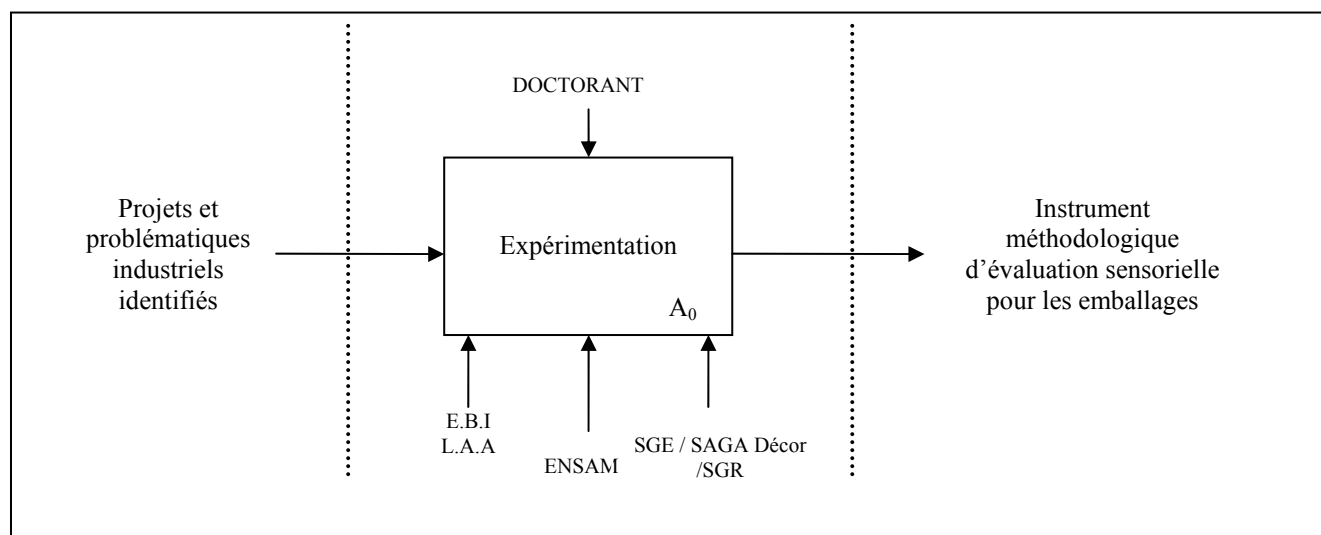


Figure 37 : Niveau A_0 de l'expérimentation

Rappelons que le but de l'expérimentation est de répondre aux problématiques en démontrant si les hypothèses formulées sont valides ou non et de pouvoir, dans notre cas, construire et fournir à SGE un instrument méthodologique de mesure des aspects sensoriels des emballages, à partir des techniques d'ES.

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, l'expérimentation comporte principalement quatre volets exposés sur la Figure 38. D'autres expérimentations ont été réalisées dans le cadre de cette thèse et ont, elles aussi, contribué à la démonstration et à la construction de notre instrument méthodologique d'ES des emballages, mais dans une moindre mesure que celles qui sont présentées ici.

⁵⁰ Le formalisme SADT permet de structurer un projet en le modélisant comme un diagramme permettant de transformer les inputs (flèches entrant sur la gauche) en outputs (flèches sortant sur la droite) à l'aide de mécanismes ou ressources (flèches entrant en bas), le tout piloté par des éléments de contrôle (flèches entrant en haut). Le contenu de la case constitue l'action qui permettra la transformation des inputs en outputs. Le principe de décomposition en diagrammes « père » (A_i) et diagramme « fils » ($A_{i,j}$) permet ainsi une meilleure compréhension du projet.

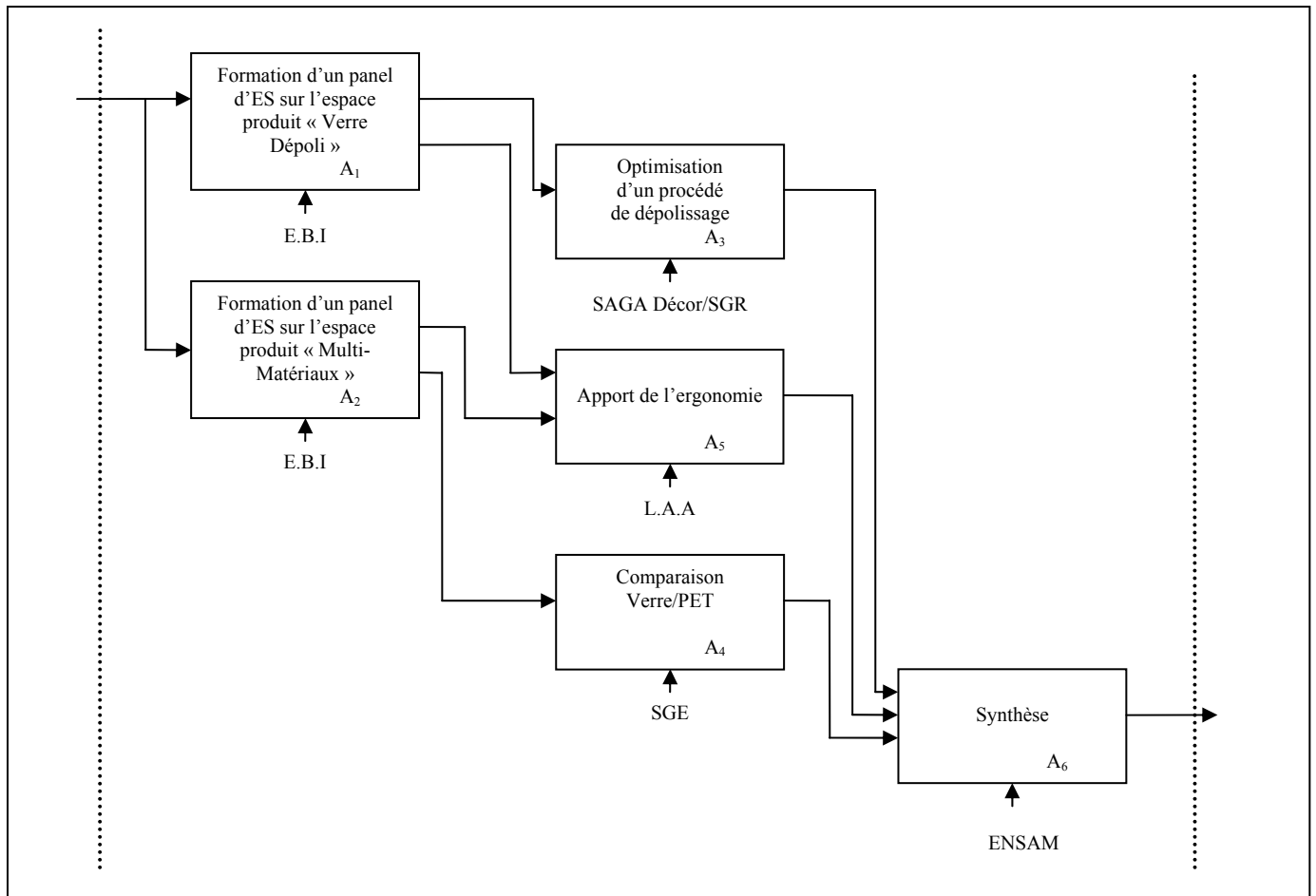


Figure 38 : Plan de l'expérimentation sous le format SADT, détail de l'étape A₀

5.2 Constitution d'un panel d'évaluation sensorielle

Il existe plusieurs façons de recruter et former un *panel* d'ES, dans un contexte industriel, on distinguera :

- **Les *panels* internes**, constitués par des membres du personnel d'une entreprise. Ce type de panel, permet une grande confidentialité des projets, de former rapidement des experts spécialisés, en revanche, le personnel prenant sur son temps de travail, la gestion de ce type de panel est peu pérenne et nécessite un véritable investissement humain et financier de la part de l'entreprise.
- **Les *panels* externes**, constitués par des personnes extérieures à l'entreprise, ils peuvent être recrutés soit par l'entreprise elle-même, ou, comme très souvent, par le biais d'une société de service. Ces sociétés de service s'occupent, en général, du recrutement du panel, de son entraînement et de sa gestion. Ce sont de véritables prestataires de services en ES. Les panels externes offrent une plus grande liberté aux entreprise pour le recrutement et la gestion du panel, en revanche ces panels sont assez uniformes d'un point de vue socioprofessionnel (souvent composés de femmes au foyer et de personnes à la recherche d'un emploi)

- **Les *panels mixtes***, qui sont à la fois composés de membres du personnel de l'entreprise et de personnes extérieures.

Dans le cadre de nos travaux de recherche, nous avons besoin de mettre en place un *panel* d'ES pour deux *espaces produits* : le verre dépoli et les différents matériaux d'emballage. La mise en place d'un *panel* interne à l'entreprise a été écartée car les besoins de l'expérimentation demandaient une disponibilité du personnel concerné, difficilement compatible avec leur charge de travail à ce stade de l'approche. Le *panel* externe s'imposait donc.

Nous avons donc fait appel à l'Ecole de Biologie Industrielle⁵¹, école formant des ingénieurs spécialisés dans l'industrie des biotechnologies, agro-alimentaire, pharmacie et cosmétique. L'EBI pratique l'ES depuis plus de dix ans, elle possède un laboratoire d'ES équipé, ainsi qu'un logiciel de traitement statistique spécialisé en ES, TASTEL. D'autre part, l'EBI a une expertise particulière dans l'ES tactile des tissus et des produits cosmétiques. Nous avons estimé notre besoin d'un *panel* de dix-huit à vingt-quatre mois. La première partie de ce temps sera consacrée à l'élaboration d'une liste de descripteurs, à la recherche des bornes et à l'entraînement du *panel*. Cette durée peut sembler étendue, mais elle tient compte du fait, que pour un *panel* bénévole, le nombre de séances ne pourra excéder une séance par semaine et la disponibilité des panélistes sera très réduite pendant les vacances scolaires.

Vingt-quatre étudiants (qui ont entre vingt et vingt-deux ans) en première année du cycle ingénieur ont été recrutés pour participer à notre projet. Tous étaient volontaires, et se sont engagés en ayant été très sensibilisés à l'importance de leur présence indispensable pendant deux ans. Le temps d'entraînement étant d'environ d'un an. **Les vingt-quatre étudiants ont été séparés en deux groupes de douze : un a travaillé exclusivement sur l'espace produit « verre dépoli » et l'autre sur l'espace produit « multi-matériaux ».** Le planning détaillé est décrit sur la Figure 39, ci-dessous. Pour l'organisation des séances et la mise en place des tests, deux assistantes ont été recrutées.

⁵¹ L'EBI se situe à Cergy-Pontoise (95).

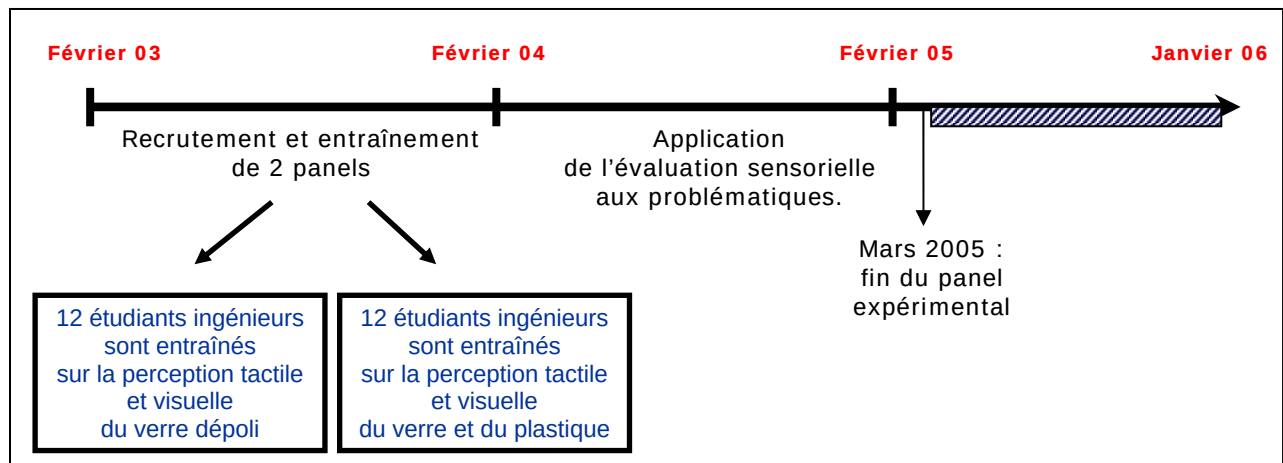


Figure 39 : Planning détaillé de la mise en place du panel

Les étapes pour former un panel sont résumées sous le formalisme SADT, sur la Figure 40, ci-dessous

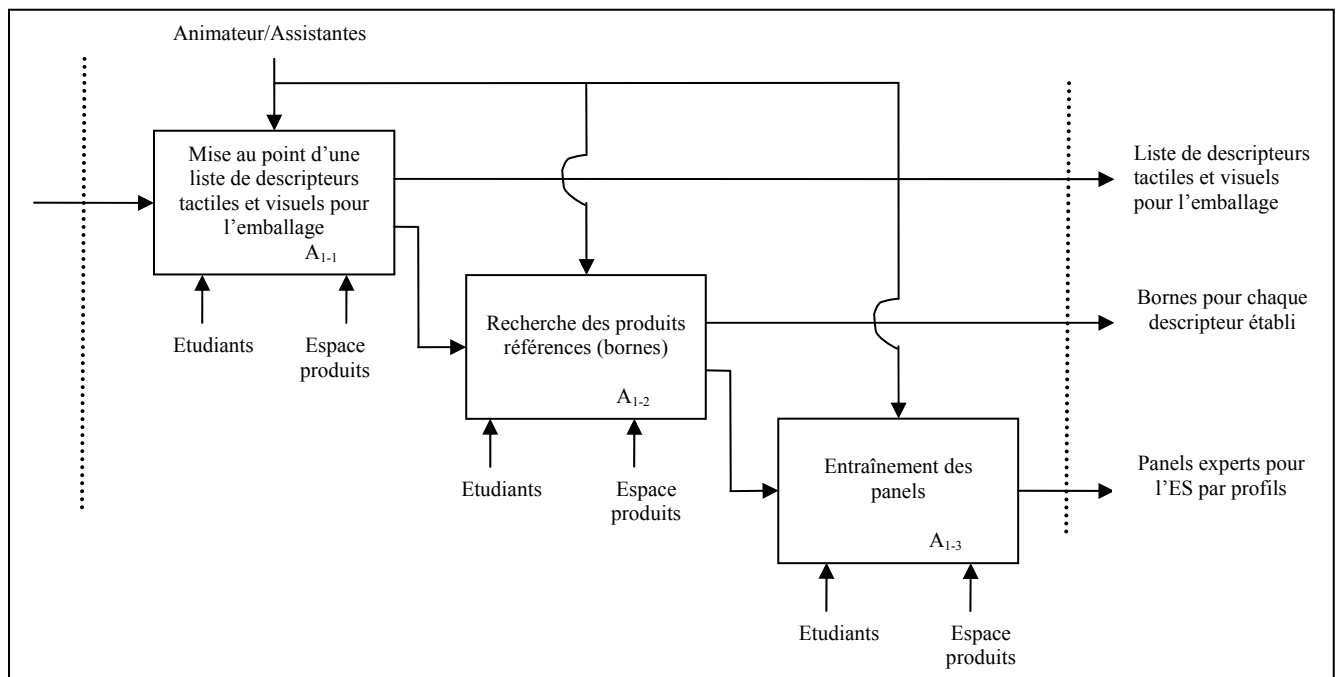


Figure 40 : Plan de l'expérimentation sous le format SADT, détail de l'étape A₁₋₁ et A₁₋₂

5.2.1 Recherche de descripteurs

Lorsque l'on s'intéresse à une qualité sensorielle complexe ou multi-dimensionnelle, on utilise préférentiellement une méthode qui permet une « description des propriétés sensorielles d'un échantillon dans l'ordre de leur perception avec attribution d'une valeur d'intensité pour chaque propriété. » [ISO 13299, 95]. Le but de ce type de méthode est de fournir une véritable carte d'identité sensorielle des objets et de déterminer la nature et dans la plupart des cas le degré de leurs différences.

On met alors au point une liste de *descripteurs*, c'est-à-dire de termes aptes à décrire la perception des produits que l'on souhaite étudier. Cette démarche analytique implique, pour les sujets, de décomposer une perception et d'en analyser les différents éléments (cf. Figure 21, § 3.4.5.2). Ce mécanisme n'est pas naturel : le fractionnement de la perception en composants sensoriels est en général très difficile. Les travaux des psychologues gestaltistes (cf. § 3.1.2.2) ont montré que les sujets ne sont pas analytiques dans leur perception [GAR 30] ; ils tentent plutôt de synthétiser ou d'intégrer de nombreux patterns de stimulation en une seule figure. En outre, certaines modalités sont plus difficiles à analyser ou à décrire que d'autres, il existe très peu, par exemple, de terme désignant les odeurs dans les langues indo-européennes [DUB et al. 97]. Ainsi une des difficultés inhérentes à la description quantifiée réside dans la mise en place d'une liste de termes permettant de décrire les perceptions sensorielles d'un ensemble d'individus.

De nombreux auteurs ont souligné l'importance de cette phase. Quelle que soit la méthode de description ou de quantification des produits adoptée (profil classique, profil comparatif, profil libre choix ou autre méthode), le choix des descripteurs est une étape cruciale dont dépend notamment la qualité de la description des produits. Aussi, pour être efficaces, les descripteurs doivent être *pertinents*⁵², *précis*⁵³, *discriminants*⁵⁴ et *exhaustifs*⁵⁵.

On peut établir une liste de descripteurs selon deux modalités : soit on utilise une liste préétablie et on l'adapte aux produits à étudier, soit on demande à un ensemble de *sujets* de mettre au point une liste de descripteurs.

En ce qui concerne les listes pré-établies, il en existe seulement dans les domaines des odeurs, de l'agro-alimentaire et du textile. Dans notre application précise au packaging, nous n'avons pas à disposition de telles listes⁵⁶, d'autant plus que le Sensotact® a été rendu public après le début de nos expérimentations.

Une autre façon de procéder consiste à faire développer un vocabulaire familier à un groupe de sujets. On leur demande de faire ce travail individuellement, ce qui aboutit à une multitude de termes⁵⁷. Il faut ensuite réduire cette liste, trois démarches peuvent être envisagées :

- soit chaque sujet constitue sa propre liste, liste qui ne sera pas mise en commun avec celle des autres membres du groupe et dont il se servira pour évaluer les produits (cas du profil libre choix (cf. Tableau 3)
- soit c'est par discussion de groupe (puis en général, par décision de l'animateur) que la liste est réduite

⁵² C'est-à-dire que le terme décrive la perception ; le terme « acide » n'est pas pertinent pour décrire la texture du produit.

⁵³ Par exemple le descripteur « doux » est un terme peu précis, car il fait référence à la fois à la texture d'un produit ou à sa saveur.

⁵⁴ Il s'agit de la capacité d'un descripteur à mettre en évidence des différences entre les produits.

⁵⁵ Il faut que les descripteurs décrivent toutes les facettes sensorielles du produit.

⁵⁶ Sensotact® a été rendu public après le début de nos expérimentations

⁵⁷ On ne peut pas parler à ce stade de descripteurs proprement dits, car ces termes ne répondent pas aux critères de pertinence, précision, discrimination et d'exhaustivité.

- soit on utilise la production du groupe et des techniques statistiques pour constituer la liste des *descripteurs* [ISO 11035, 95], [ISO 13299, 95].

Les avantages et limites de chacune de ces méthodes sont résumés dans le Tableau 3, ci-dessous :

Tableau 3 : Récapitulatifs sur les méthodes de recherche de liste de descripteurs [URD et al. 01]

OPTIONS	AVANTAGES	LIMITES	REMARQUES
Profil libre choix	Réduit la durée de formation des sujets Permet le recours à des sujets non entraînés	Mieux approprié à une démarche qualitative préliminaire que descriptive Les profils obtenus ne sont valables que pour le groupe de sujets considérés risque que les descripteurs utilisés ne soient ni exhaustifs ni discriminants Interprétation sémantique parfois laborieuse et complexe pour l'expérimentateur	le profil libre choix peut être envisagé dans une phase préalable de recherche et de sélection de descripteurs
Liste préétablie	Réduit la durée de formation des sujets.	Risque de mauvaise compréhension des descripteurs par les sujets Risque d'interprétation différente des descripteurs suivant les sujets	il est possible dans un premier temps d'établir la liste par consensus, puis dans un second temps de comparer cette liste avec une liste préétablie afin de proposer des descripteurs non évoqués par le panel
liste par consensus	Bonne compréhension des termes par l'ensemble des sujets participation active des membres du panel	Allongement de la phase de formation	

Les méthodes précédemment citées établissent le cadre général d'études descriptives à partir duquel diverses variantes ont été développées. Il appartient en effet à l'expérimentateur d'opter pour la démarche la plus appropriée au type de produit étudié et aux objectifs de l'étude. **Pour notre application, nous avons utilisé une autre méthode dite « par décision de groupe ».** Elle intègre les apports de la psychologie sociale et cognitive en ce qui concerne les effets de groupe, de mémorisation. Elle a été développée par Isabel Urdapilleta, maître de conférence à l'Université de Saint-Denis en région parisienne. En effet, dans le cadre d'une recherche-action nous avons besoin d'une implication totale des sujets et une parfaite compréhension des descripteurs de leur part. De plus, la durée de l'étude (trois ans) nous a permis de prévoir une phase de formation du panel suffisamment importante pour y consacrer la recherche d'une liste de *descripteurs*.

Cette méthode se déroule en cinq étapes principales :

- la prise de contact avec le groupe,
- la première élaboration d'une liste de *descripteurs* par sous-groupe,
- la mise en commun des listes de *descripteurs* élaborées par chaque sous-groupe,
- la réduction de la liste commune de *descripteurs*,
- la construction d'une définition pour chaque terme retenu et la normalisation des échelles de cotation en relation avec chaque intensité.

Pour des raisons d'organisation (les sujets étaient des étudiants que l'on pouvait réunir une seule fois par semaine, et une seule salle de réunion était à disposition) la première génération de termes ne s'est pas faite en sous-groupes, mais par le groupe entier. Cette particularité fait que les deuxième et troisième étapes sont regroupées sous une seule étape : génération de *descripteurs*. De plus nous avons utilisé quelques directives des normes AFNOR pour la réduction de la liste de *descripteurs*, basée sur le calcul de la fréquence de citation [ISO 11035, 95], [ISO 13299, 95]. La méthode a été résumée sous le formalisme SADT présenté sur la Figure 41, ci-dessous, cette méthode a été appliquée exactement de la même manière pour les deux groupes de panels :

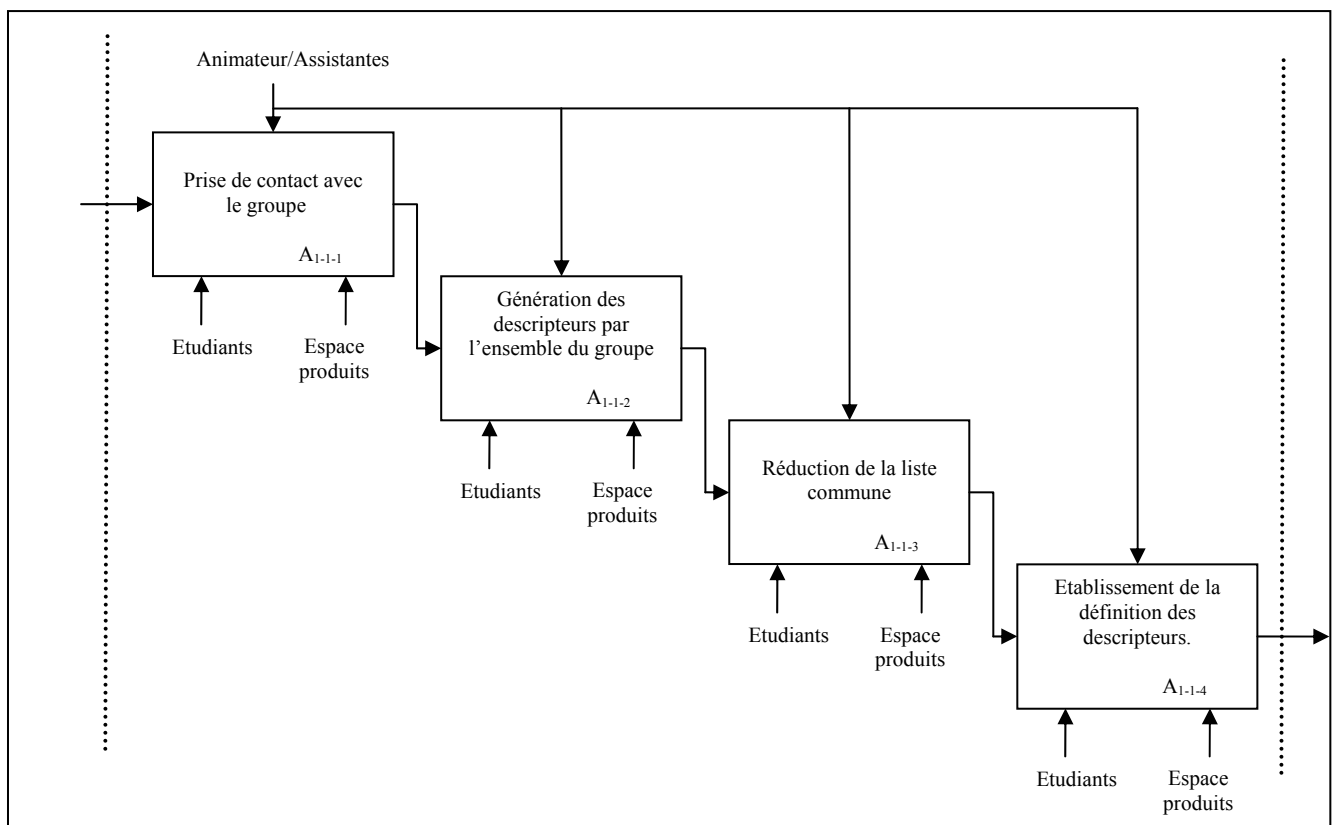


Figure 41 : Protocole de recherche de descripteurs mis sous le formalisme SADT, détail de l'étape A₁₋₁

La recherche de descripteurs s'est déroulée en sept séances, qui avaient lieu une fois par semaine et duraient une heure. Cette étape a pris environ deux mois et demi. Le programme de ces séances était le suivant :

Séance n°1 : prise de contact avec le groupe

Séance n°2 : génération de descripteurs en groupe

Séance n°3 : première réduction de la liste commune

Séance n°4 : séance individuelle d'évaluation d'échantillons en vue de la deuxième réduction de la liste commune

Séances n°5, 6 et 7 : fin de la réduction, liste définitive et définitions de chaque descripteur

Du point de vue des conditions d'expérimentation, toutes ces séances se sont déroulées dans une salle de réunion, munie d'un tableau.

5.2.1.1 Prise de contact avec le groupe

Cette première séance a succédé à la phase de recrutement, elle a permis de faire connaissance avec les panélistes, de leur communiquer les objectifs pour les deux années à venir. De plus, nous avons demandé à chacun des panélistes de remplir un petit questionnaire permettant de connaître leurs habitudes alimentaires, le milieu social et leur connaissance en matière d'emballage. Le questionnaire est présenté en annexe n°3. Les principaux éléments révélés par ce questionnaire étaient :

- Les panélistes avaient entre 20 et 23 ans.
- La plupart vivait en colocation ou seuls.
- Les quatre pôles de leurs dépenses étaient : les CD, les sorties, les vêtements et les produits cosmétiques.
- Les principales boissons consommées dans l'ordre décroissant : l'eau, le lait, les jus de fruit (principalement le jus d'orange), le Coca-Cola et la bière.

Cette première séance avait pour objectif de définir le fonctionnement du groupe, l'enjeu de la formation, le planning et le rythme des séances. Etant donné que le *panel* était constitué d'étudiants bénévoles, nous avons beaucoup insisté sur l'importance de la participation et l'assiduité de chacun. Nous avons valorisé dès le début et tout au long de la formation l'importance du groupe et leur devoir de construire eux-mêmes leur outil d'évaluation avec leurs *descripteurs*, l'animateur n'ayant un rôle que de coordination et d'orientation.

5.2.1.2 Génération des descripteurs

La génération de *descripteurs* par les *sujets* a pour objectif de permettre à chacun d'apporter sa perception sensorielle en utilisant ses propres termes. La méthode employée pour la génération des termes était la suivante :

« Tous les sujets étaient réunis autour d'une table sur laquelle étaient disposés les espaces produits construits. Chaque sujet a été muni d'un marqueur et d'un carnet de post-it. Ils ont été invités à observer et manipuler les éléments de l'espace produits qu'ils souhaitaient et noter tous les termes qui leur venaient à

l'esprit. L'animateur récupérait au fur et à mesure les post-it ainsi remplis et les collait sur un tableau. La règle était qu'on ne pouvait pas émettre deux fois le même terme. Chaque terme apporté au tableau était nouveau. Le tableau était visible par tous et permettait de voir l'ensemble des termes déjà cités. La recherche des termes cesse lorsque les sujets ont épuisé leur vocabulaire. »

Les sujets avaient à disposition une trentaine d'emballages différents : verre, plastique, de bouteilles d'eau, de shampoing, de jus de fruit. Chaque sujet pouvait regarder et manipuler l'emballage qui lui plaisait.

Pour essayer de limiter les effets de leadership, nous avons veillé à ce que chacun participe. Certains panélistes parlent et s'extériorisent naturellement, d'autres sont plus en retrait. Nous avons pris soin de donner la parole à ces derniers, qui ainsi sollicités donnaient sans réticence leurs termes. De plus il est important que l'animateur adopte une attitude non-directive pour faciliter le travail des sujets, son rôle doit être d'interpréter, synthétiser ou de reformuler. En effet les recherches en psychologie sociale ont montré que lorsque le leader ou animateur favorise la participation des membres du groupe, ils sont plus créatifs, plus productifs. Un leader qui n'impose pas son opinion, n'invoque pas d'argument d'autorité, ne prend pas parti a un effet sur la qualité des solutions choisies, car il rehausse le niveau de participation et valorise les discussions [URD et al. 01].

A la fin de cette séance, le groupe « dépoli » a généré soixante quinze termes et le groupe « multi-matériaux » quatre-vingt sept termes.

5.2.1.3 Réduction de la liste commune

La méthode employée pour réduire la liste commune a été basée à la fois sur le consensus du groupe et par l'évaluation individuelle de produits par les sujets (utilisation de la moyenne géométrique, comme préconisée par la norme ISO 11035).

5.2.1.3.1 *Tri préliminaire des descripteurs en groupe (Séances 3 et 4) :*

Ce *tri* est réalisé par l'animateur lors des discussions avec le groupe, et en présence des espaces produits concernés qui ont servi à la génération des termes de la séance n°2. Sont écartés au fur et à mesure des discussions :

- Les termes hédoniques tels que : agréable, bien, doux...etc
- Les termes quantitatifs tels que : trop, peu, fort, faible...etc.
- Les termes décrivant le produit par lui-même, par exemple *carton*, pour un emballage en carton.
- Les termes non *pertinents*.

L'animateur explique aux *sujets* la raison pour laquelle ces termes sont estimés inadéquats par rapport au but recherché qui est d'identifier et de décrire la nature des perceptions afin de cerner l'ensemble des différences entre les produits. Ensuite, les termes retenus ont été classés suivant des catégories :

- Le groupe « dépoli » a retenu trois catégories : tactile, visuel et sonore. Les termes ainsi classés sont présentés en annexe n°4.
- Le groupe « multi-matériaux » a retenu quatre catégories : tactile, visuel, forme et utilisation. Les termes ainsi classés sont présentés en annexe n°5.

De plus certains termes ont suscité de nombreuses discussions en raison de leur richesse :

Pour le groupe « multi-matériaux » :

Plasticité (ressemblance d'un matériau au verre), *laqué* et *opale*, qui désignent des états de surfaces, mais qui englobent des descripteurs plus précis. Le panel a décidé qu'il serait mieux de les garder pour le jugement global d'une surface ou pour nommer un type d'échantillon.

Elastique, déformable, dureté, rigide, marquable, mou car ils décrivent le caractère déformable de la matière mais certains sont synonymes d'autres doivent être précisés. Un panéliste a soulevé la dimension temps dans le retour à sa forme initiale du matériau, cette dimension devra être prise en compte dans les futures définitions et protocoles de mesures de cet aspect.

Pour le groupe « dépoli » :

Le groupe de termes suivant : *transparent, opaque, mat, absorbant, réfléchissant, brillant, effet miroir, déformant*, car ils décrivent des dimensions visuelles importantes qui devront être redéfinies et précisées.

D'autre part, pour les termes qui font appel aux textiles comme *velours, mousseline, peau de pêche*, les panélistes ont eu du mal à décider dans quelle classe mettre ces termes.

Aussi, les attributs thermiques tels que *froid* et *chaud* ont d'abord été considérés comme hédoniques, puis après discussion et orientation de l'animateur ont finalement été classés comme attributs non-hédoniques.

Comme nous l'avons indiqué au début de notre recherche, nous nous sommes essentiellement fixés sur les aspects tactiles et visuels des emballages, **nous n'avons donc conservé pour la suite de la réduction que les termes non hédoniques tactiles et visuels.**

5.2.1.3.2 *Première réduction du nombre de descripteurs (séance 4)*

Les descripteurs issus du tri préliminaire sont encore, trop nombreux ; on va donc devoir éliminer les termes qui vont paraître comme mal adaptés pour décrire ou différencier les produits du point de vue sensoriel. Afin de réaliser ce premier tri, une feuille d'évaluation a été élaborée, voir annexe n°6. Chaque panéliste devait évaluer 1 à 2 produits qu'il choisit librement dans l'espace produit proposé. Il doit ensuite choisir cinq descripteurs pour décrire ce produit et noter le produit, suivant chacun de ces descripteurs, en lui attribuant une note sur une échelle allant de 0 à 5 et en leur précisant que le zéro (0) équivaut à une absence de perception pour la propriété considérée.

On calcule ensuite la moyenne géométrique, M qui est la racine carrée du produit de la fréquence de citation, F , par l'intensité relative, I , de chaque descripteur.

$$\text{On a donc } M = \sqrt{F \times I}^{58}$$

Ce mode de calcul permet de prendre en compte de la même façon les descripteurs peu cités mais dont l'importance est grande par l'intensité perçue et les descripteurs dont l'intensité perçue est faible, mais qui sont souvent cités. Ce classement permet d'éliminer un certain nombre de descripteurs dont les moyennes géométriques sont relativement faibles. Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux en annexe n°7 ;

Cependant dans le manuel méthodologique d'analyse sensorielle, J.Barthélémy indique que le classement des descripteurs peut se faire sur la base :

- soit de la somme des fréquences de citations des descripteurs,
- soit de la somme des intensités cumulées attribuées aux descripteurs,
- soit de la moyenne géométrique des 2 critères précédents.

5.2.1.4 Liste définitive et définitions

Pour le second tri ou troisième réduction, la norme préconise une réduction par analyse multidimensionnelle et analyse de la variance, nous avons choisi arbitrairement une réduction par discussion consensuelle du panel sans utiliser ce tri statistique.

A partir des résultats précédents, le panel a discuté de façon consensuelle pendant 3 séances afin de déterminer quels descripteurs seraient les plus adaptés au produit et quelle serait leur définition. Nous ne repasserons pas en revue les discussions pour chaque descripteur, nous citerons que les plus pertinentes. De

⁵⁸ F est le nombre de citations du descripteur rapporté au nombre total de citations possibles pour le descripteur, et exprimé en pourcentage

I est le rapport de la somme des intensités données par l'exemple du jury pour un descripteur à la somme des intensités maximales possibles pour ce descripteur, exprimé en pourcentage.

plus, lors de ces trois séances, une définition précise et un protocole d'évaluation ont été définis pour chaque descripteur retenu, mais pour des raisons de confidentialité ils ne seront pas explicités dans ce mémoire.

5.2.1.4.1 Groupe « multi-matériaux »

Pour le toucher :

Marquable, déformable, résiste à la pression, dureté du plastique, plasticité, souple, rigide, mou, élastique : ces termes désignent une famille de sensations assez proches ; le panel a eu certaines difficultés à bien décomposer cette famille et ne garder que les descripteurs pertinents : l'attribut *déformable* a été éliminé en raison de son caractère multidimensionnel, en effet le panel est arrivé au consensus suivant, la déformabilité d'un emballage comprend :

- La facilité avec laquelle on peut le déformer.
- Sa capacité à reprendre sa forme initiale avec une notion de vitesse.
- La possibilité de laisser une marque ou une trace de la déformation, même si l'emballage a retrouvé sa forme initiale, c'est par exemple le cas d'un papier froissé, ou des traces blanches laissées sur un emballage plastique après déformation.

Ainsi ont été regroupés les termes *résiste à la pression, dureté du plastique, plasticité, souple, rigide, mou* comme synonymes et antonymes. *Mou, plasticité* ont été éliminés en raison de leur caractère un peu hédonique, en effet, mou est un terme péjoratif désignant une certaine *souplesse*. Le panel a préféré garder le terme *souplesse* comme descripteur désignant la facilité de déformabilité d'une surface ou d'un emballage. Et assez naturellement les termes *élastique* et *marquable* ont été retenus comme descripteurs respectifs des deux dernières notions citées ci-dessus.

L'ensemble des descripteurs tactiles retenus a été classés en trois catégories inspirées par les procédures exploratoires décrites par Lederman et Klatsky (cf. 4.5). Ce classement est fait en fonction du type de gestes utilisés⁵⁹. Seul le descripteur *adhérent* pourrait être classé dans une quatrième catégorie, le mouvement d'englobement.(Figure 42)

⁵⁹ Mouvement tangentiel pour l'évaluation de la texture : les doigts se déplacent rapidement de part et d'autre de la surface. Mouvement orthogonal pour l'évaluation de la pression, de la dureté : les doigts appliquent une pression sur une partie de l'objet, alors qu'une autre partie de l'objet est maintenue. Mouvement statique pour l'évaluation de la température : la main se pose sur une partie de l'objet sans mouvement particulier. Mouvement d'englobement pour évaluer la forme globale et le volume : la main maintient le maximum de contact avec l'objet.

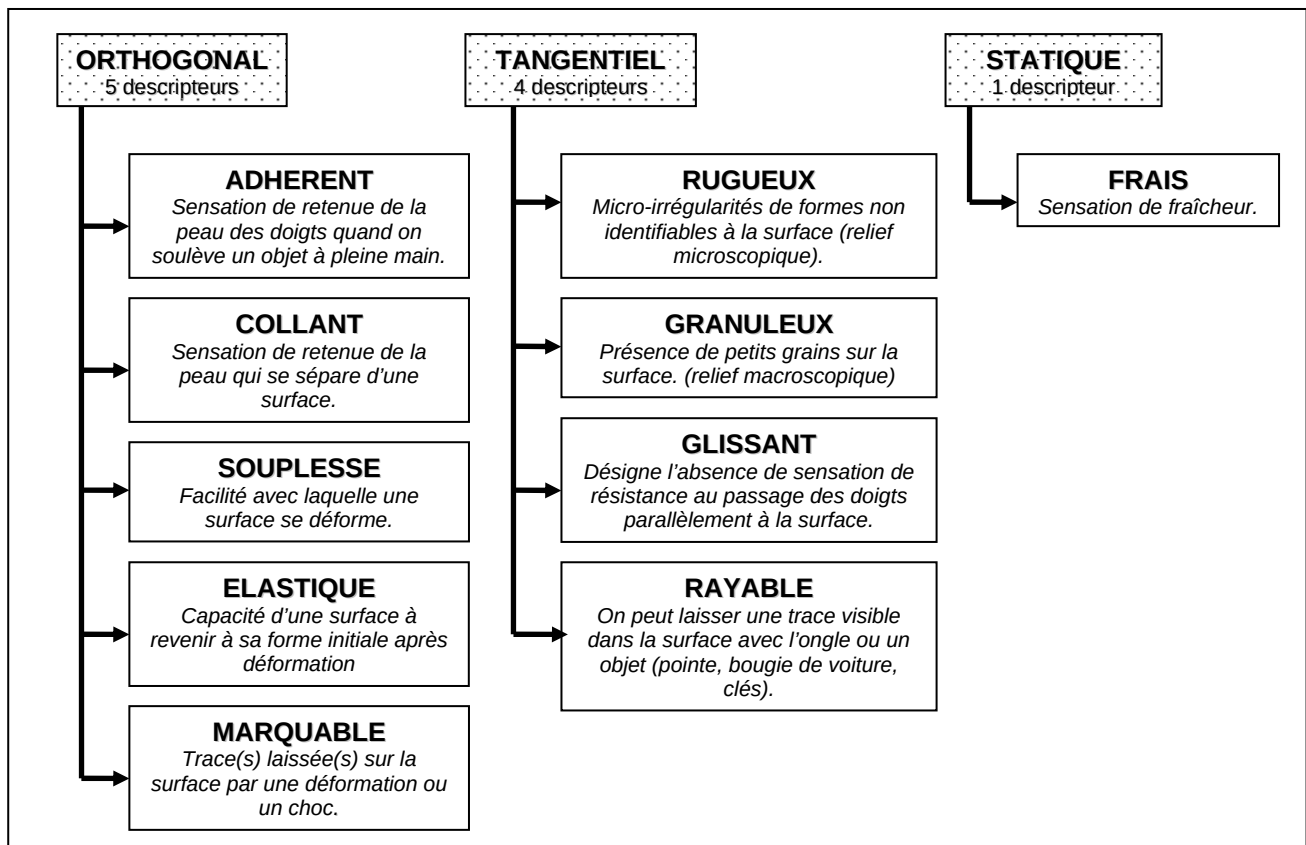


Figure 42 : Liste définitive des descripteurs tactiles pour le groupe « multi-matériaux ».

Pour la vision :

Transparent, reflet, translucide, brillant, mat et opaque : le panel a eu quelques difficultés à décomposer sensoriellement la perception du flux lumineux de la lumière au travers d'un emballage. Il a finalement bien distingué trois notions essentielles :

- la possibilité de voir au travers de l'emballage,
- la faculté d'un emballage à renvoyer la lumière,
- la possibilité de voir le reflet d'un objet dans la surface de l'emballage.

Pour la première notion, le terme *transparent* a été retenu comme descripteur, translucide avait pour le panel une légère connotation hédonique. Pour la notion de pouvoir voir le reflet d'un objet de l'emballage, les panélistes ont jugé le terme *reflet* comme inadéquat, après discussion il ont généré *effet miroir* comme descripteur pour cette sensation visuelle. *Brillant* sera retenu pour décrire l'intensité lumineuse réfléchi par la surface de l'emballage.

La liste des descripteurs visuels retenus est présentée dans la Figure 43, en tout quatorze termes, mais quelques uns ont très peu été utilisés par le panel et sont présentés en gris. Ils pourront sûrement être repris dans des études ultérieures, mais nécessiteront d’être retravaillés.

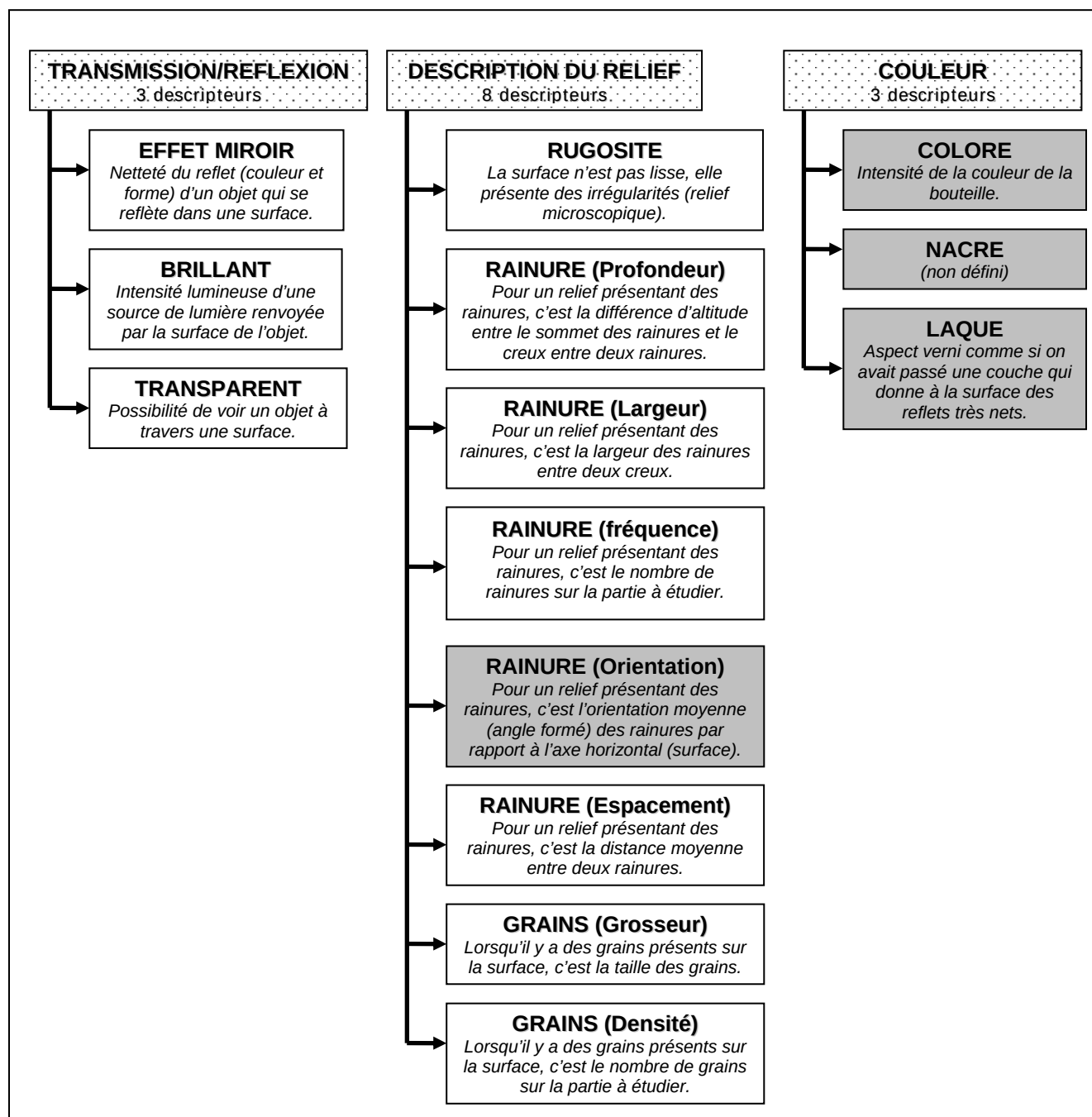


Figure 43 : Liste définitive des descripteurs visuels pour le groupe « multi-matériaux »

5.2.1.4.2 Groupe « dépoli »

Pour le toucher :

A part pour les attributs *froid*, *glissant*, *hétérogènes*, *lisse*, *moite* (*moite / humide*), on constate que les fréquences de citations et les intensités sont assez uniformes pour l'ensemble des autres attributs. On voit dans ce cas précis la limite de l'apport d'une analyse quantitative qui ne met pas en relief les descripteurs pertinents. C'est la discussion en groupe qui a permis d'identifier les descripteurs définitifs.

Lisse / relief / granuleux / rugueux : au départ le panel a commencé à définir le terme de *lisse* comme « *surface sans aspérité* », puis s'est ensuite rendu compte que ce descripteur était nominal (cf. § 3.3.3.3) et donc difficilement utilisable pour comparer des produits entre eux. Le panel a préféré définir un terme opposé à *lisse*, qui peut présenter plusieurs degrés de variation et dont *lisse* sera la borne négative. Le choix s'est porté dans un premier temps sur *relief*, mais reste assez vague du fait qu'il existe énormément de type de relief : granuleux, bosselé...etc. Ainsi *granuleux* a été retenu pour décrire le relief de l'aspect dépoli, défini comme « *présence de grains* ». *Rugueux* a suscité énormément de discussion, d'abord considéré comme redondant avec *granuleux*, puis associé à une note hédonique (sensation désagréable, voir douloureuse de râpeux, de rêche). Il a finalement été retenu, car cette sensation de râpeux, *papier de verre* fait partie de la palette du toucher.

Chaud / froid : ces descripteurs thermiques faisant pourtant partie intégrante du toucher, ils ont été jugés par le panel comme difficile à évaluer. Lors des discussions du premier tri des termes, le panel était partisan de classer ces termes comme hédoniques. Or lorsqu'on regarde les résultats des moyennes géométriques du descripteur *froid*, on constate qu'elle est importante. Par consensus, les descripteurs chaud et froid seront retenus pour la liste définitive.

Gras / absorbant : le panel est arrivé à la génération de ces termes en discutant sur les sensations d'humidité, de moiteur. La sensation de *gras* leur est apparue plus adaptée avec la définition suivante : présence d'un film entre le doigt et la surface.

Sur vingt-quatre termes, seuls sept ont été retenus. La liste définitive est présente sur la Figure 44, ci-dessous :

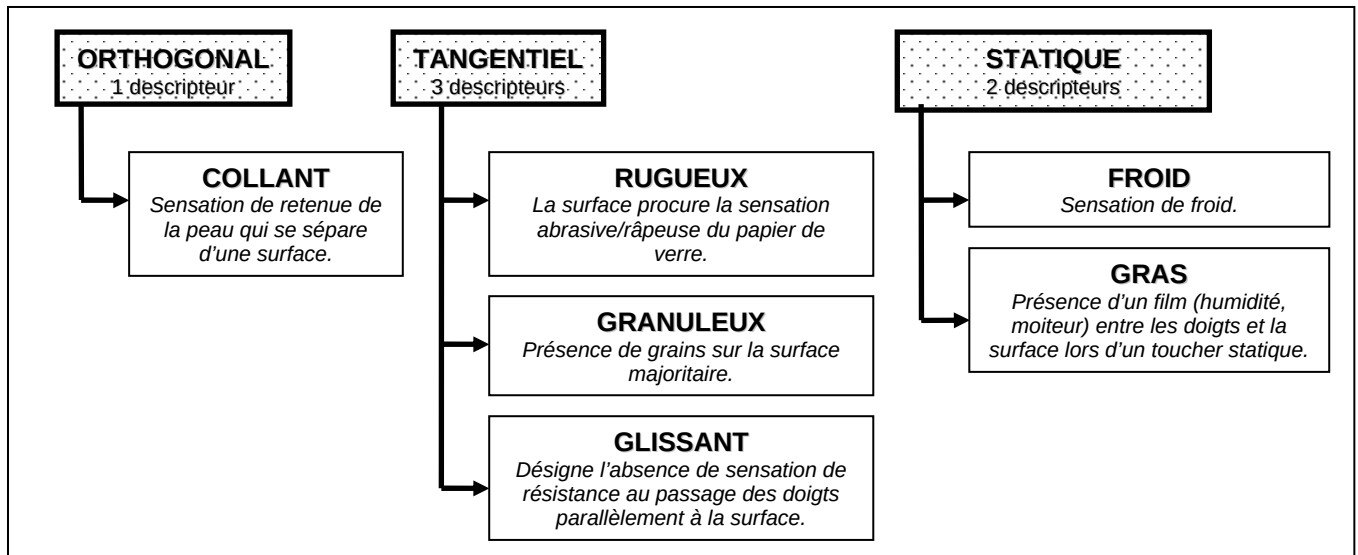


Figure 44 : Liste définitive des descripteurs tactiles pour le groupe « dépoli »

Pour la vision :

Effet miroir, brillant, empreintes qui restent, coloré, mat, opaque possèdent les plus grandes moyennes géométriques et sont donc retenus dans un premier temps pour la liste définitive. En revanche trois autres attributs ont été retenus notamment pour leur intensité notée : *transparent* et *absorbant*.

Effet miroir / réfléchissant : ce descripteur désigne la netteté du reflet d'un objet dans la surface. On peut se trouver dans le cas où il n'y a aucun reflet, on ne mesurera ce descripteur que dans le cas où il y a un reflet. Dans le cas positif, l'échelle qui sera utilisée ira de net vers flou. Le terme *réfléchissant* a été abandonné car il n'était pas assez précis.

Déformant : ce descripteur désigne la capacité d'un objet ou d'une surface à modifier l'image d'un objet à travers ce dernier ou cette dernière. Après de longues discussions entre membres du panel deux dimensions sensorielles liées à la déformation très importantes sont apparues : la netteté des contours de l'image de l'objet et la déformation de la forme. Le panel a donc généré deux nouveaux descripteurs : *déformant forme* et *déformant contour*.

Empreintes qui restent : ce groupe de termes désigne bien sûr la possibilité de laisser des traces de doigts sur la surface à évaluer, bien que sa mesure passe par le toucher de la bouteille, son évaluation reste visuelle. Il dépend entièrement de la moiteur des doigts du panéliste, le protocole de mesure devra prendre en compte au maximum cette variation interindividuelle, notamment par un lavage des mains et de leur imprégnation par de l'acide palmitique (qui reproduit la moiteur au bout des doigts).

La liste des descripteurs visuels pour le groupe « dépoli » choisis sont présentés sur la Figure 45, ci-dessous.

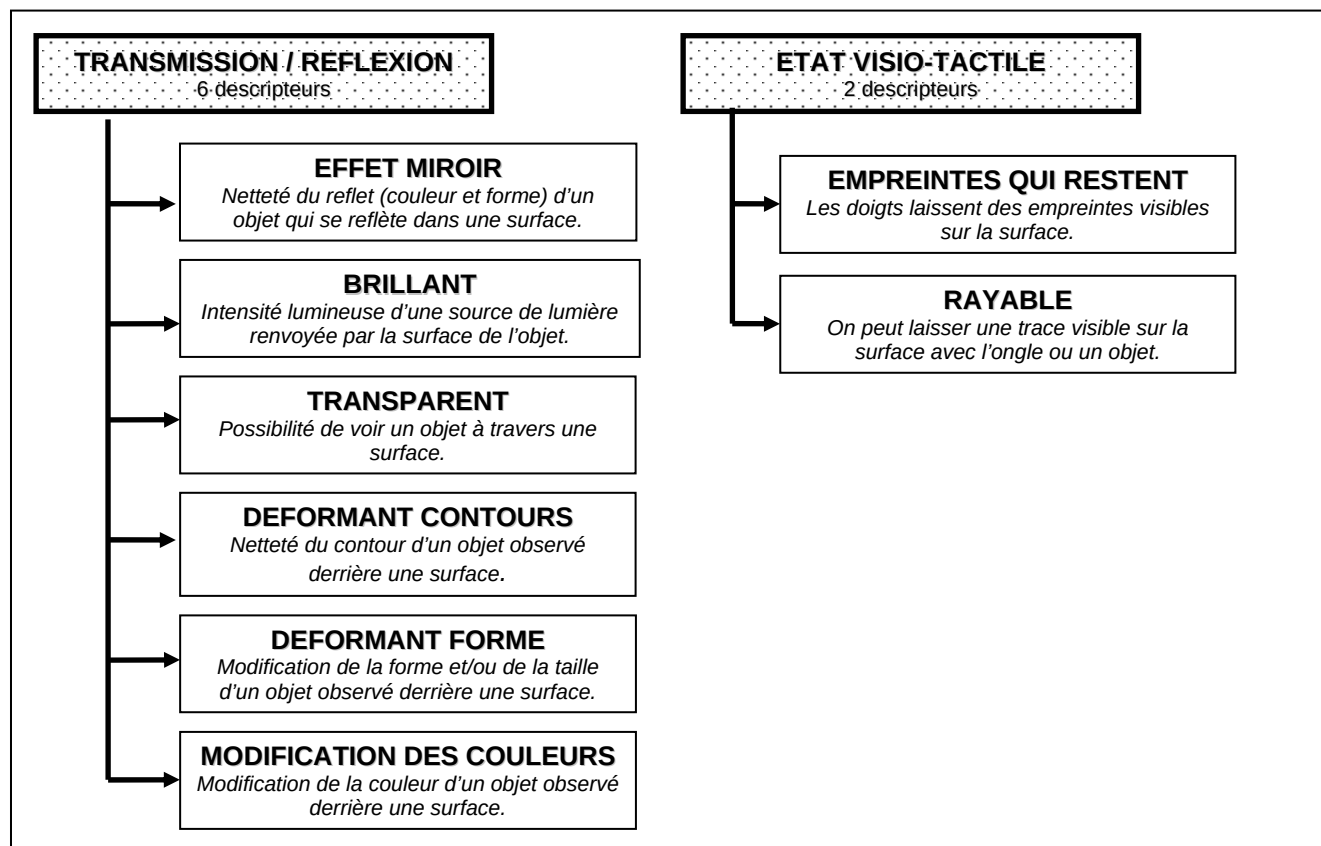


Figure 45 : liste définitive des descripteurs visuels pour le groupe « dépoli »

Une remarque générale concernant les descripteurs visuels et tactiles des deux groupes : **lorsque le panel a du choisir entre des termes antonymes qui décrivent une même sensation, le terme positif a toujours été choisi.** Par exemple pour *opaque* et *transparent*, le panel a choisi *transparent*, ou pour *souplesse / rigide*, *souplesse* a été retenu. **Seul les attributs thermiques représentant la borne négatives ont été choisis : *froid* pour *chaud/froid* et *frais* pour *frais/chaud*.**

D'autre part, les descripteurs et définitions présentés ci-dessus résultent bien sûr en très grande partie du travail de génération en consensus du panel, mais ils ont été pour la plupart affinés ou redéfinis lors de leur utilisation. En effet, certaines définitions au départ évidentes pour le panel, l'étaient beaucoup moins face à un emballage dans une cabine d'évaluation sensorielle ! Une liste de descripteurs s'établit, quelque soit la méthode tout au long du travail d'entraînement du panel.

Lorsque le nombre de descripteurs est réduit, il faut donner une définition précise de chaque descripteur, comprise par tous, qui sera conservée comme aide-mémoire. On associe également à chacun de ces descripteurs un produit de référence stable et approprié.

Il est important de retenir des produits de référence stables ou reproductibles dans le temps. Le choix de ces références peut-être difficile car il s'agit de concilier pertinence et facilité d'emploi. Pour ce faire, les deux groupes de panel ont choisi des références dans l'ensemble de l'espace produit, si aucun produit ne pouvait correspondre à une borne, l'espace produit a été élargi, notamment à d'autres types de matériaux, comme de bois ou le polystyrène pour la borne positive du descripteur thermique *froid*. Cependant nous avons autant que possible pris des références dans les emballages. Pour des raisons de confidentialité, nous ne pourrions pas préciser la nature des bornes choisies. D'autre part la recherche, indispensable, de ces produits, n'a pas eu lieu dans la continuité de l'établissement de la liste définitive, mais au cours de l'entraînement et en particulier après que le panel ait utilisé des échelles. Cette approche peut susciter quelques interrogations : pourquoi entraîner un panel sur des échelles alors qu'il ne dispose pas de bornes ? Le parti a en fait été que pour que le panel choisisse les bornes les plus adéquates, il devait d'abord apprendre à se servir des échelles et prendre bien connaissance de l'espace produit.

5.2.2 Entraînement du panel

5.2.2.1 Méthodologie générale et déroulement

Le principe de l'entraînement est de fournir aux sujets des connaissances rudimentaires sur les techniques utilisées en analyse sensorielle et développer leur aptitude à détecter, reconnaître et décrire des stimuli sensoriels. Ils devront pouvoir utiliser ces connaissances pour devenir compétents dans l'application de telles techniques à des produits particuliers. Dans le cadre de nos travaux de recherche, les deux panels sont entraînés dans le but ultime de faire des profils tactiles et visuels.

L'entraînement se fait sur les types de produits dont il faut réaliser le profil ou sur les éléments qui le composent (identification des composés et évaluation des intensités perçues). **Toutes les séances de mise en place du profil concourent à l'entraînement des sujets. Lorsque cet entraînement est terminé, on vérifie la capacité de chaque sujet à se répéter.**

Tous les entraînements doivent être réalisés dans un environnement approprié : salle d'analyse sensorielle, équipée de cabines individuelles, la température, la lumière et l'hygrométrie doivent être rigoureusement contrôlées pour permettre aux panélistes une concentration optimale d'une part et d'autre part de pouvoir reproduire les conditions expérimentales sur plusieurs tests (cf. § 3.4.5.3). Il est utile également de former les sujets en leur donnant des connaissances de base concernant les produits qu'ils évaluent, par exemple en leur décrivant les procédés de fabrication ou en leur faisant visiter des usines.

Les résultats doivent être commentés et l'on doit fournir aux sujets la possibilité de réexaminer les échantillons et de vérifier leurs résultats là où il y a désaccord.

Le déroulement général de l'entraînement est présenté dans le Tableau 4 ci-dessous, chaque séance durait environ une heure. La méthodologie d'entraînement utilisée pour les deux panels a été strictement la même.

Tableau 4 : Détail des séances d'entraînement

Nombre de séances	Objectifs de la séance	Conditions expérimentales
1 séance	Rappel des objectifs de l'entraînement et point théorique sur la méthodologie de l'analyse sensorielle.	Panel entier réuni dans une salle de réunion.
1 séance	Epreuve de classement tactile de produit suivant chacun des descripteurs tactiles.. Test triangulaire visuel (procédé de dépolissage de verre plat).	Epreuve individuelle en cabine d'analyse sensorielle (conditions de lumière, température et hygrométrie contrôlées)
1 séance	Discussion sur les résultats de la séance précédente Epreuve de classement de produits suivant chacun des descripteurs visuels. Test triangulaire tactile (procédé de dépolissage de verre plat)	"
1 séance	Discussion sur les résultats de la séance précédente Utilisation de l'échelle continue structurée pour les descripteurs tactiles	"
1 séance	Discussion sur les résultats de la séance précédente Utilisation de l'échelle continue non structurée pour les descripteurs visuels	"
1 séance	Discussion sur les résultats de la séance précédente Utilisation de l'échelle proportionnelle	"
2 séances	Bilan sur l'utilisation des différentes échelles, point théorique sur les échelles et choix du panel sur le type d'échelle qu'il préfère utiliser en fonction des résultats qu'il a obtenus.	Panel entier réuni dans une salle de réunion.
2 séances	Recherche des bornes ou emballage de référence pour chacun des descripteurs en consensus	Panel entier réuni dans une salle de réunion.
2 séances	Validation des bornes choisies par une épreuve de classement Point théorique sur l'établissement et l'utilisation du profil sensoriel.	Epreuve individuelle en cabine d'analyse sensorielle (conditions de lumière, température et hygrométrie contrôlées)

Pour chacune des épreuves individuelles le mode de présentation était simultané, c'est-à-dire que le sujet évalue les produits en les comparant simultanément⁶⁰.

⁶⁰ Ce mode de présentation peut s'opposer au mode monadique, où les produits sont présentés séparément. Selon le mode de présentation choisi, la mémoire des *sujets* sera sollicitée de manière différente : en comparatif le jugement fait moins appel à la mémoire à long terme, car il se forme au moment où les *sujets* perçoivent les informations ; le jugement en monadique fait appel à la mémorisation des références et produits présentés au préalable pendant l'entraînement. Dans ce

Il est important que les sujets suivent de façon régulière les séances d'analyse sensorielle dans un but d'entraînement. L'assiduité aux séances permet notamment de se rendre compte de la motivation des personnes. Notre expérience a montré que l'ensemble des panélistes a été très assidu tout au long du travail de thèse. Pour cela, ils étaient régulièrement informés après les tests de leurs objectifs, de leurs résultats. Deux visites d'usines ont été organisées pour faire découvrir aux panélistes le métier de SGE et nous les avons remercié de leur assiduité par des cadeaux tels que bouteilles de vins, flacons de parfums ou chèques cadeaux !

Rappelons que la motivation est un facteur important dans la réalisation d'une tâche dont le contenu cognitif est important. Elle peut l'être également pour la réalisation de tâches sensorielles. L'objectif est de maintenir l'intérêt du sujet pour la tâche. Catherine Dacremont montre notamment l'importance de l'influence de la motivation sur les performances des sujets lors d'un test triangulaire, où un groupe de sujets informés sur ses réponses a augmenté ses performances [DAC et al. 98]. D'autre part, les auteurs Meilgaard, Civille et Carr insistent sur le fait qu'un panel motivé est un panel plus performant. La motivation sera meilleure lorsque le panel comprend et est tenu informé des tests qu'ils réalisent, ainsi que des résultats obtenus [MEI et al.99].

5.2.2.2 Le contrôle des performances

Il est important de contrôler l'efficacité de l'entraînement en vérifiant :

- que les sujets ont acquis le vocabulaire spécifique, c'est-à-dire les *descripteurs*
- que les réponses quantitatives sont *répétables*⁶¹.

Le contrôle des performances des sujets impliqués dans une analyse descriptive doit avoir trois objectifs :

- évaluer le pouvoir discriminant des sujets,
- vérifier leur répétabilité,
- évaluer leur degré d'accord.

La plupart des auteurs s'accordent pour recommander l'utilisation de l'ANOVA⁶² à un ou plusieurs facteurs.

cas, il se construit à partir de la récupération des informations stockées en mémoire à long terme qui est alors très sollicitée. Les différentes études menées dans le but de comparer ces modes de présentation concluent unanimement à un meilleur pouvoir discriminant des sujets en évaluation comparative. Cependant d'un point de vue pratique l'évaluation en comparatif offre moins de souplesse dans le protocole expérimental, dans la mesure où la comparaison entre différentes études espacées dans le temps n'est envisageable que si la référence utilisée est la même. L'emballage étant un produit qui n'évolue que très peu dans le temps a permis de conserver les références pendant les deux années de l'expérimentation et même au-delà.[URD et al. 01]

⁶¹ Au sens de la métrologie la répétabilité est « l'étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande effectués avec l'application de la totalité des conditions suivantes : même méthode de mesure, même observateur, même instrument de mesure, même lieu, mêmes conditions d'utilisation, répétition sur une courte période de temps. La répétabilité peut s'exprimer quantitativement par une caractéristique de dispersion des résultats.

En fin d'entraînement, la répétabilité des deux panels a été évaluée sur chacun des descripteurs par deux tests parfaitement identiques en terme de conditions à quinze jours d'intervalle. Les résultats sont présentés en annexe n°8. Les courbes montrent un panel répétable, à part pour le descripteur *modification des couleurs*, en revanche nous n'avons pas vérifié à ce moment là le degré d'accord des panélistes par l'ANOVA, nous avons essentiellement considéré la valeur des écarts-types (supérieurs à 2,5, les descripteurs devaient être retravaillés).

Or le cours de l'expérimentation et les applications a fait qu'il a fallu privilégier très rapidement certains aspects sensoriels, plus que d'autres. En effet, bien que l'entraînement se soit fait sur l'ensemble des descripteurs tactiles et visuels, **les problématiques et les travaux se sont focalisés sur les aspects tactiles. C'est à ce moment là qu'un nouveau contrôle des performances a été réalisé sur les aspects tactiles des deux groupes : un même test a été répété à trois reprises.**

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous (Tableau 5, Tableau 6, Figure 46, Tableau 7, Tableau 8 et Figure 47).

Tableau 5 : Valeur des moyennes et écarts-types obtenus pour trois échantillons lors d'un test de répétabilité pour le groupe « dépoli »

	GRANULEUX	GLISSANT	COLLANT	RUGUEUX	GRAS
sablage test 1	3,35	5,72	3,39	3,33	3,43
sablage test 2 + 2 semaines	2,57	6,99	4,27	3,35	4,06
sablage test 3 + 3 mois	4,2	5,28	3,8	4,23	4,15
écart-type test 1	0,675	1,99	1,64	2,07	1,81
écart-type test 2	1,77	1,31	2,4	1,71	1,83
écart-type test 3	1,98	2,33	1,78	2,34	2,33
acide55 test 1	1,76	6,43	6,61	2,29	7,01
acide55 test 2 + 2 semaines	2,04	7,14	5,92	2,5	6,28
acide55 test 3+ 3 mois	1,8	6,37	5,31	1,71	5,72
écart-type test 1	1,62	3,1	1,29	1,86	1,8
écart-type test 2	1,36	2,45	1,52	2,12	1,3
écart-type test 3	1,63	2,94	2,49	1,25	1,67
émaillage test 1	6	5,84	4,32	6,6	3,29
émaillage test 2 + 2 semaines	6,08	5,26	4,55	5,93	3,89
émaillage 2mars05	5,64	5,35	3,95	5,36	2,8
écart-type test 1	1,29	1,54	1,67	1,92	2,11
écart-type test 2	2,17	2,12	2,28	2,05	2,43
écart-type test 3	2,63	2,59	1,52	2,26	1,86

Tableau 6 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « dépoli »

	Produit	Juge	Date	Produit×Juge	Produit×Date	Juge×Date
GRANULEUX	♦	ns	ns	ns	ns	ns
GLISSANT	ns	♦	ns	ns	ns	ns
COLLANT	♦	ns	ns	ns	ns	ns
RUGUEUX	♦	ns	ns	ns	ns	ns
GRAS	♦	ns	ns	ns	ns	ns

♦: niveau 5%; ns: non significatif

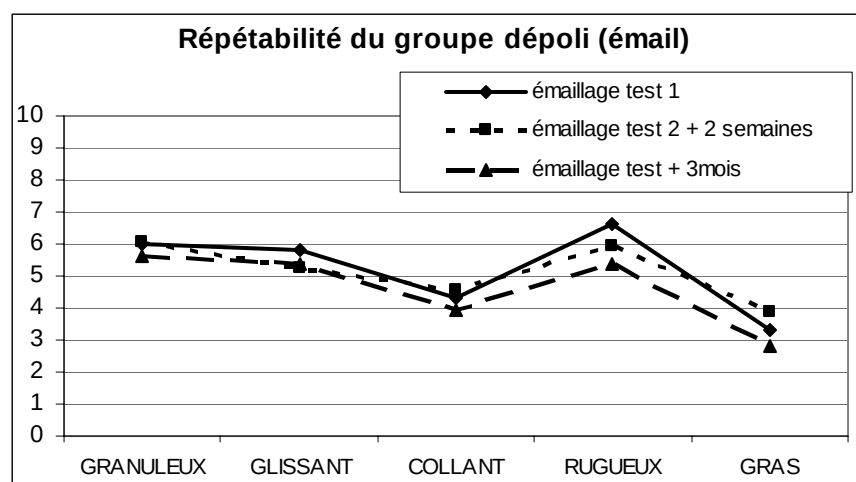


Figure 46 : Exemple de répétabilité tactile du groupe « dépoli »

Tableau 7 : Valeur des moyennes et écarts-types obtenus pour trois échantillons lors d'un test de répétabilité pour le groupe « multi-matériaux »

	FRAIS	GRANULEUX	COLLANT	ADHERENCE	GLISSANT	RAYABLE
PET test 1	2,57	0,808	4,16	5,56	5,41	2,77
PET test 2 + 3 semaines	2,44	0,666	5,72	5,16	5,27	2,25
PET test 3 + 1 mois	2,29	0,64	4,3	4,4	5,65	3,9
écart-type test 1	2,12	1,11	2,29	1,56	2,8	1,84
écart-type test 2	1,13	1,65	3,3	1,9	1,98	1,08
écart-type test 3	1,05	0,74	2,35	2,17	1,87	2,07
ALUMINIUM test 1	6,19	1,04	5,29	5,18	6,25	3,16
ALUMINIUM test 2 + 3 semaines	6,88	1,14	5	5,05	7,33	5,5
ALUMINIUM test 3 + 1 mois	7,3	1,92	5,27	4,32	6,58	4,59
écart-type test 1	1,97	1,23	1,98	1,52	1,76	3,06
écart-type test 2	1,16	1,26	1,71	1,62	1,58	2,82
écart-type test 3	1,56	1,64	2,2	1,81	2,07	3,21
VERRE test 1	4,83	2,04	3,83	4,29	4,75	0,041
VERRE test 2 + 3 semaines	5,55	1,22	6,44	6,77	4,08	0,125
VERRE test 3 + 1 mois	6,4	1,95	5,4	6,19	4,36	0,15
écart-type test 1	2,02	1,43	1,89	1,78	2,17	0,144
écart-type test 2	1,87	0,833	1,81	2,06	2,71	0,33
écart-type test 3	1,79	1,38	2,58	1,87	1,9	0,47

Tableau 8 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « multi-matériaux »

	Produit	Juge	Date	Produit×Juge	Produit×Date	Juge×Date
FRAIS	♦	ns	ns	ns	ns	ns
GRANULEUX	♦	♦	ns	ns	ns	ns
COLLANT	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ADHERENCE	ns	♦	ns	ns	ns	ns
GLISSANT	♦	ns	ns	ns	ns	ns
RAYABLE	♦	♦	ns	ns	ns	ns

♦: niveau 5%; ns: non significatif

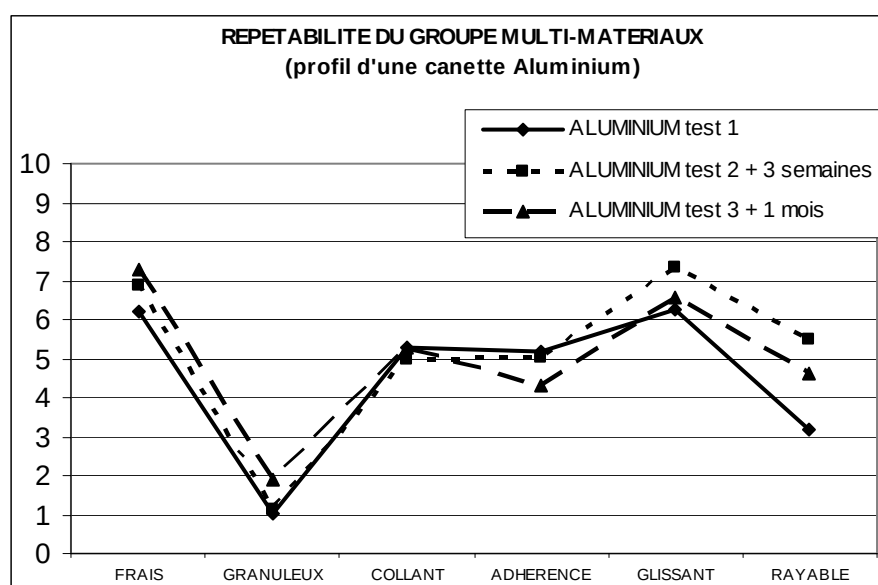


Figure 47 : Exemple de répétabilité tactile du groupe « multi-matériaux »

Les résultats précédents nous confirment que les deux groupes de panels sont répétables sur les descripteurs testés. **Ces résultats permettent, dans une certaine mesure, de montrer à quel point un panel peut-être considéré comme un instrument de mesure à part entière.**

Lors des tests présentés ci-dessus, la répétabilité intra-individuelle⁶³ a été évaluée. Pour cela nous avons employé la méthode recommandée par Sieffermann [SIE 95]. Cette méthode utilise le croisement de la moyenne et des écart-types de tous les couples « descripteurs-produits ». Une bonne répétabilité se traduit par des points proches de l'axe des abscisses. Cette représentation permet aussi d'appréhender la façon dont les sujets utilisent l'échelle.

⁶³ Capacité d'un panéliste à donner la même mesure à plusieurs dates différentes dans les mêmes conditions expérimentales.

Des exemples de répétabilités sont présentés sur les figures ci-dessous. L'axe des abscisses représente l'échelle continue structurée de 0 à 10 utilisées par les panélistes. Une bonne répétabilité correspond à des points proches de l'axe des abscisses. Ce type de représentation permet aussi d'appréhender la façon d'utiliser l'échelle des panélistes.

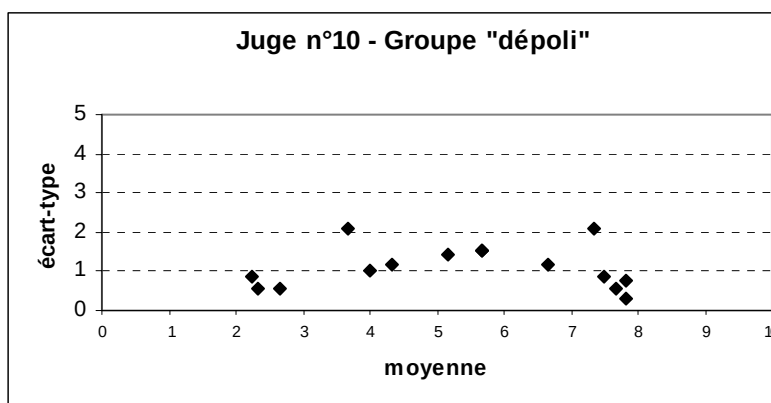


Figure 48 : Exemple de bonne répétabilité intra-individuelle d'un juge du groupe « dépoli »

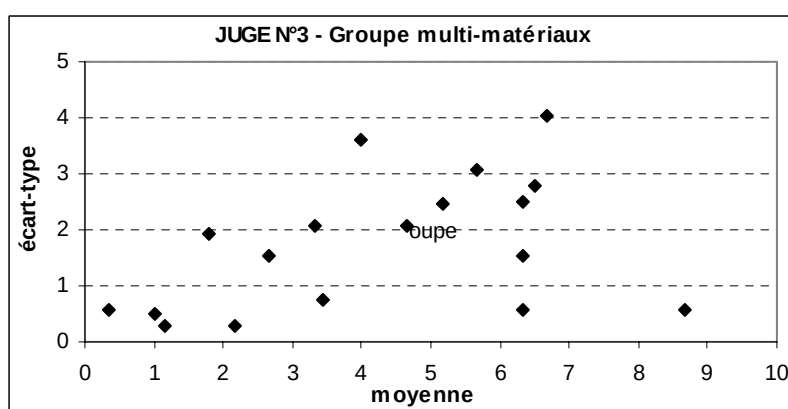


Figure 49 : Exemple de non-répétabilité intra-individuelle d'un juge du groupe « multi-matériaux »

Dans les deux panels, les résultats ont montré la présence de juges très répétables, utilisant bien l'échelle, ou au contraire des panélistes très peu répétables, n'utilisant qu'une partie de l'échelle. Malgré ces constatations, aucun panéliste n'a été amené à quitter le groupe. Seul le bon degré d'accord entre les panélistes et la répétabilité du groupe a compté pour l'interprétation des résultats.

La première année de thèse a été consacrée à la mise en place du panel d'évaluation sensorielle : recherche des descripteurs visuels et tactiles sur les espaces produits « verre dépoli » et « multimatériaux » et entraînement des panélistes. Une fois cette première étape terminée, nous avons pu débiter l'expérimentation concernant l'application de la méthodologie à deux problématiques industrielles :

l'optimisation d'un procédé de dépolissage des bouteilles de verre et la mise en évidence des différences sensorielles entre le verre et son principal concurrent le PET.

5.3 Contribution à l'optimisation d'un procédé de dépolissage des bouteilles

5.3.1 Problématique industrielle

5.3.1.1 Le satinage acide et le procédé Saticcoat®

La société SAGA *Décor*, filiale de Saint-Gobain, est spécialisée dans le décor sur verre. Aujourd'hui un des décors les plus demandés est le dépolissage du verre. Pour cela SAGA *Décor* utilise une technique ancienne très performante et très bien maîtrisée : **le dépolissage par des solutions acides**. Le procédé est le suivant :

- Décapage par bain d'acide fluorhydrique (HF) et d'acide chlorhydrique (HCl) qui permet d'éliminer la couche de protection d'oxyde d'étain⁶⁴. La concentration de la solution et la durée de baignage sont fonction de l'épaisseur de cette couche. Des tests sont effectués pour chaque nouveau lot de bouteilles.
- Rinçage à l'eau pour limiter les taches dues aux impuretés et diminuer la pollution du bain de satinage.
- Satinage : Bain d'acide chlorhydrique (HCl), de bi fluorure d'ammonium (NH_4HF_2) et d'un composé confidentiel : L. Le bi fluorure et L laissent une empreinte sur le verre, l'acide ronge autour de ces empreintes, ce qui forme des pyramides microscopiques à la surface du verre. Macroscopiquement on obtient un aspect dépoli très doux au toucher.
- Série de rinçages par pulvérisation d'eau recyclée sous pression, puis dernier bain d'eau claire afin d'éliminer les grains de bi fluorure d'ammonium et d'éliminer les traces d'acide (ce qui serait dangereux pour les manipulations de la bouteille).
- Traitement de surface à froid pour augmenter la glisse des bouteilles et améliorer leur résistance au rodage⁶⁵.

Cet procédé permet d'obtenir un toucher très soyeux et très prisé des *clients*. Cependant, cette méthode pose un problème écologique : les solutions acides utilisées sont très polluantes, leur recyclage est très coûteux.

⁶⁴ Après leur *formage* les bouteilles reçoivent généralement un double traitement de surface : (1) traitement de surface dit « à chaud », d'un très mince revêtement d'oxyde d'étain (ou d'oxyde de titane) qui sert de couche d'accrochage pour (2) le traitement de surface dit à « froid », de revêtement avec un produit lubrifiant à base de cire de polyéthylène ou une cire d'ester. Ce double traitement permet de rendre la surface des bouteilles résistante aux frottements, en particulier entre elles pendant le transport et la manutention et ainsi conserver leur résistance aux sollicitations mécaniques. L'oxyde d'étain est chimiquement relativement inerte et doit être retiré préalablement par un mélange particulier d'acides afin de permettre un traitement uniforme de dépolissage acide.

⁶⁵ Le rodage est le terme utilisé pour décrire les marques blanchâtres qui résultent du frottement répété des bouteilles entre elles pendant leur manutention et transport, surtout en l'absence de traitement à chaud et à froid. Ils sont à l'origine de problèmes de qualité.

Il y a dix ans, SAGA *Décor* a lancé un plan de recherche pour trouver un autre moyen de dépolissage du verre, non polluant, et devant donner aux bouteilles les mêmes caractéristiques d'aspect que le satinage acide. En 1997, Saga Décor dépose le brevet d'un nouveau procédé : **le Saticcoat®** [ROQ 97].

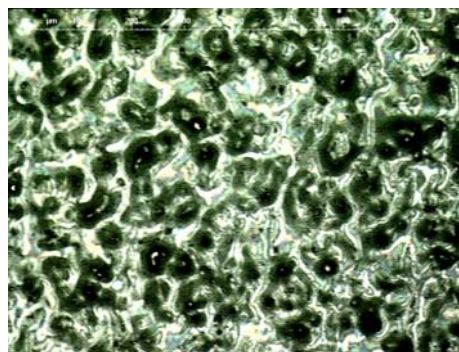
Le procédé consiste en une pulvérisation d'une fritte⁶⁶ d'émail de verre sur la surface totale de la bouteille⁶⁷, l'émail se fixe par phénomène électrostatique : un pistolet à débit réglable vient aspirer la poudre fluidisée (par un jet d'air), la charge négativement et l'envoie sur la bouteille qui est à la masse, grâce à une électrode. La différence de charge permet la fixation de la poudre. La bouteille ainsi recouverte passe dans une arche de cuisson pour que la poudre d'émail fonde (à environ 630°C) et donne à la bouteille un aspect dépoli. A la sortie de l'arche de cuisson, la bouteille subit une pulvérisation de traitement de surface à froid.

L'aspect de surface des bouteilles obtenu par ce nouveau procédé n'est pas le même que celui obtenu par dépolissage acide : les bouteilles « saticcoatées » sont moins lisses et moins régulières, moins appréciées des clients, alors que ce procédé cumule les deux avantages suivants : il n'utilise pas de résidus nocifs et est très résistant au *rodage*.

Les surfaces microscopiques du satinage acide et du Saticcoat® sont aussi extrêmement différentes : l'attaque acide est caractérisée par la présence de pyramides régulières (5 à 20nm de hauteur) à la surface du verre, alors que le Saticcoat® présente un relief « vallonné » où les collines sont les grains d'émail partiellement fondus. Les pyramides obtenues par attaque acide sont aussi plus régulières et environ 2 fois plus petites que les « collines » du Saticcoat® (20 à 40nm), voir Figure 50.



Photos prises au microscope Nomarski
(×50) d'un satinage acide



Photos prises au microscope Nomarski
(×10) d'un Saticcoat®

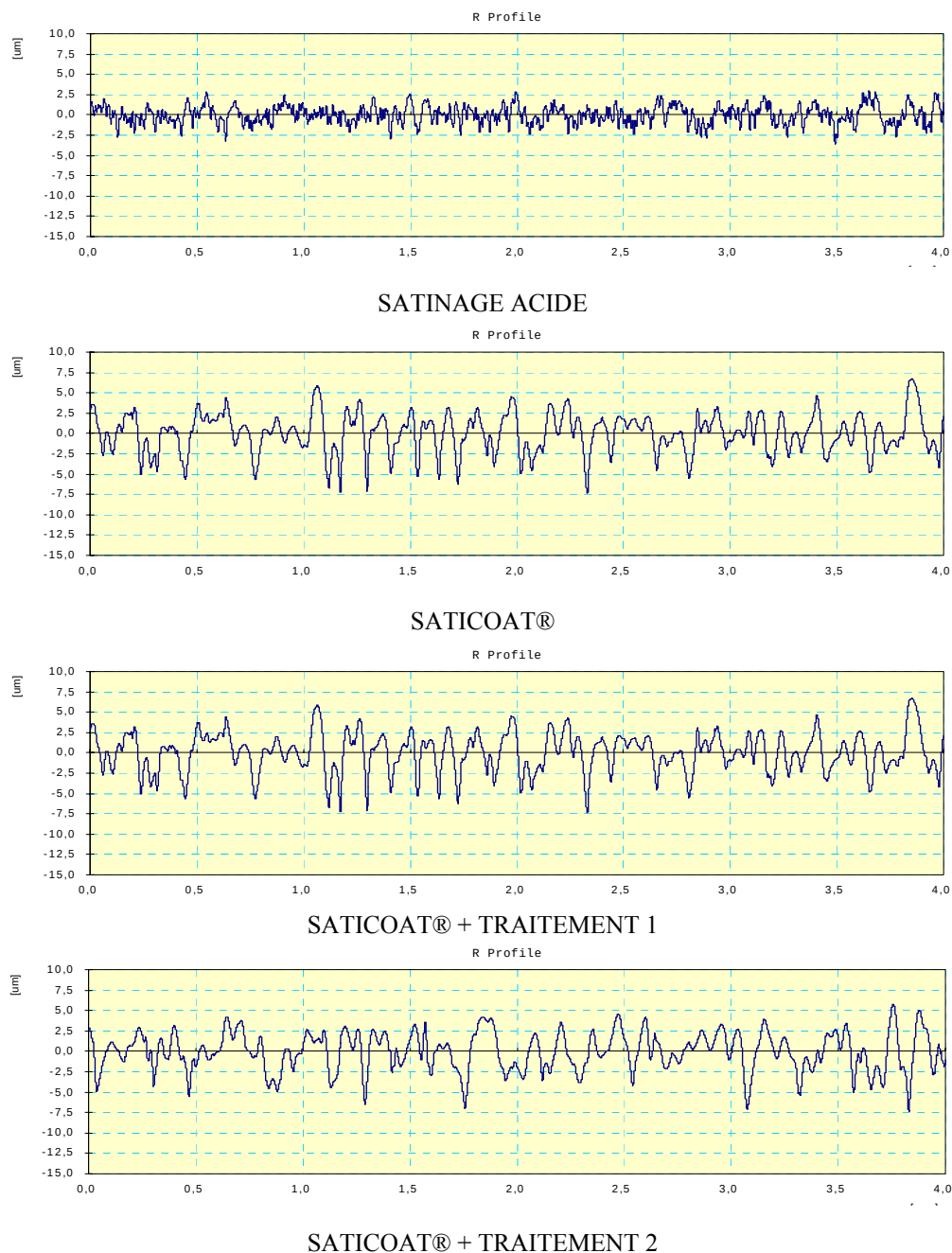
Figure 50 : Vues microscopiques d'un satinage acide et d'un Saticcoat®

Saga Décor a donc cherché un moyen d'améliorer le toucher du Saticcoat®, trois voies ont été retenues dans un premier temps. La nature de ces traitements est maintenue confidentielle, nous pouvons tout de même

⁶⁶ La granulométrie est d'environ 8 à 10µm, la fritte d'émail contient un agent matant qui permet d'obtenir l'aspect dépoli. De plus elle est enrobée de silicone qui permet de la charger facilement,

⁶⁷ Excepté le fond.

préciser qu'ils ont été appliqués après cuisson et refroidissement du Saticcoat®. Le toucher du Saticcoat® obtenu par ces procédés a été subjectivement évalué comme meilleur que le toucher initial. Or l'évaluation subjective par quelques ingénieurs ou techniciens ne peut être suffisante pour des tels choix industriels, les ingénieurs de Saga Décor ont d'abord employé le seul moyen de mesure objectif dont ils disposaient : **la mesure de la rugosité. Le profil de rugosité de chaque échantillon a été réalisé** par un rugosimètre (marque Mitutoyo de type "Surftest SJ-402", le rayon de courbure de la pointe est de 2 microns) présent à Saint-Gobain Recherche, les résultats sont les suivants Figure 51 :



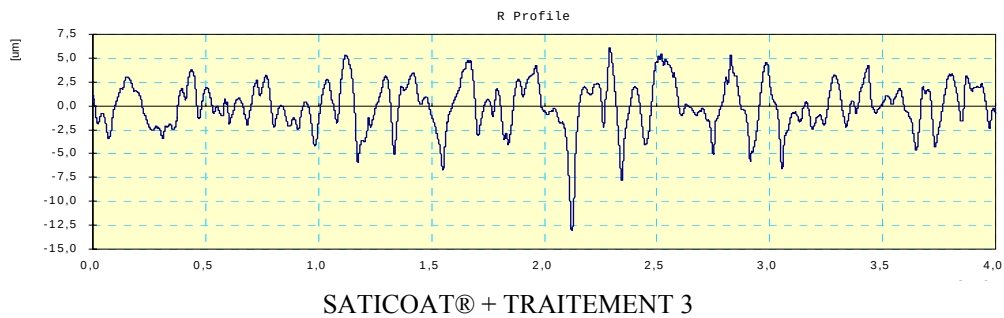


Figure 51 : Profils de rugosité des différents traitements

De même nous avons mesuré le R_z ⁶⁸ de chaque échantillon, Figure 52 :

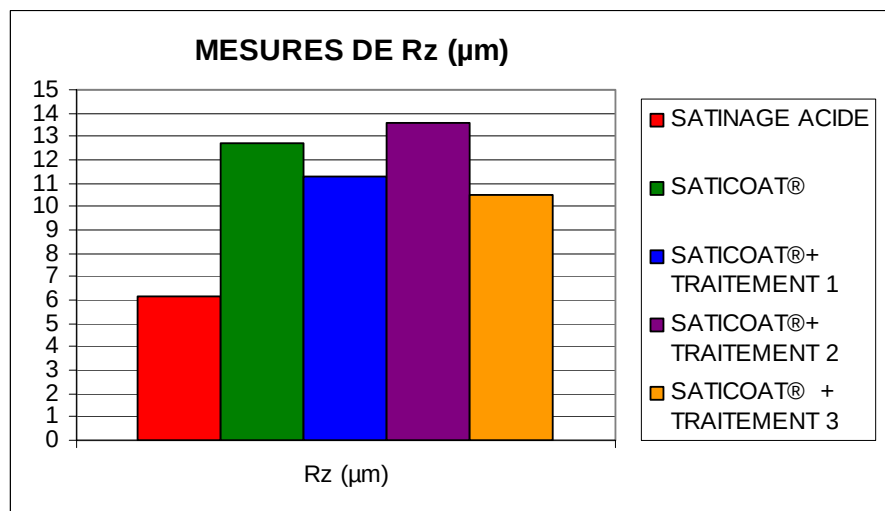


Figure 52 : Mesures de Rz des différents échantillons

On voit sur les profils de rugosité une différence nette entre le satinage acide et les différents Saticcoat®. En revanche, il est difficile de faire une différence entre les différents Saticcoat®. Ces profils ne peuvent pas renseigner sur l'amélioration de l'aspect tactile du Saticcoat® après les différents traitements. De même, la mesure de R_z montre une légère baisse de la rugosité du Saticcoat® + le traitement n°3 par rapport au satinage, mais nous allons voir par la suite que cette seule mesure ne peut rendre compte de la complexité du toucher.

Nous sommes alors confrontés à deux problèmes pour répondre à une seule question : **comment optimiser le procédé Saticcoat® pour que l'aspect des bouteilles soit aussi apprécié par les clients que celui du satinage acide ?**

- (1) Il n'existe pas de moyens instrumentaux de mesures pour caractériser la surface en rendant compte du caractère sensoriel
- (2) Quel traitement permettrait-il d'obtenir un meilleur aspect ?

⁶⁸ R_z est la moyenne des pics de rugosité, elle permet entre autres d'avoir une indication sur la fréquence et hauteur des pics de surface.

5.3.2 Protocole expérimental

Devant le manque d'information donné par les mesures et les profils de rugosité, nous avons soumis les échantillons précédents au panel d'experts sensoriels entraînés sur l'espace produit « dépoli ». La liste des échantillons est rappelée dans le Tableau 9, ci-dessous :

Tableau 9 : Dénomination des échantillons évalués

Echantillon n°1	Satinage Acide
Echantillon n°2	Saticoat®
Echantillon n°3	Saticoat® + traitement 1
Echantillon n°4	Saticoat® + traitement 2
Echantillon n°5	Saticoat® + traitement 3

Bien que Saga Décor focalisait ses efforts d'amélioration sur le toucher, l'aspect visuel a aussi été étudié. Si nous reprenons la démarche de l'ES explicitée sur la Figure 22, § 3.4.5.3. Nous sommes dans le cas où nous savons qu'il existe des différences sensorielles entre les produits, mais nous ne savons pas exactement de quelle nature, ni de quelle intensité elles sont. **La première approche a donc consisté en l'établissement des profils tactiles et visuels des échantillons.**

Chronologiquement, nous n'avons pas eu tous les échantillons au même moment, à part les deux références qui sont le satinage acide et le Saticoat®, nous avons d'abord eu les bouteilles avec les traitements n°1 et 2 puis quelques semaines plus tard les bouteilles avec le traitement n°3. Le protocole peut être schématisé de la façon suivante, Figure 53 :

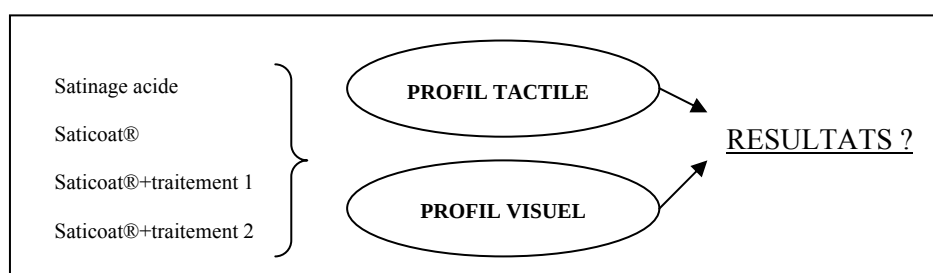


Figure 53 : Protocole n°1 d'ES des premières bouteilles Saga

Or les résultats des profils⁶⁹ ont fourni la mesure suivante :

- Aucune différence significative (résultats des tests de l'analyse variance) n'a été mise en évidence par le profil visuel.

⁶⁹ Pour chaque profil, nous avons réalisé une analyse de la variance pour évaluer sur les produit étaient identifié comme différents par le panel, et que les notes données par le panel ne présentent une dispersion trop importante pour être interprétées.

- Tactilement, seul le traitement 1 apporte une amélioration significative (toucher plus proche du satinage acide) sur le descripteur *rugueux*.

Bien que les produits étaient proches sensoriellement, des différences étaient perceptibles, deux hypothèses ont été émises à ce stade :

- L'utilisation d'échelle continue structurée de 0 à 10, offrant une large plage de choix aux panélistes, n'est pas adaptée dans le cadre d'une mesure de petites différences sensorielles. C'est-à-dire qu'un panéliste ne percevant que de petites différences, n'etalera pas de lui même les notes sur l'échelle.
- Une autre hypothèse concerne les bornes qui correspondent peut-être mal aux produits présentés dans cette étude.

Nous avons alors décidé de recommencer l'évaluation sensorielle, mais en utilisant des tests de classement, ce qui permettra de mettre mieux en évidence les différences perçues.

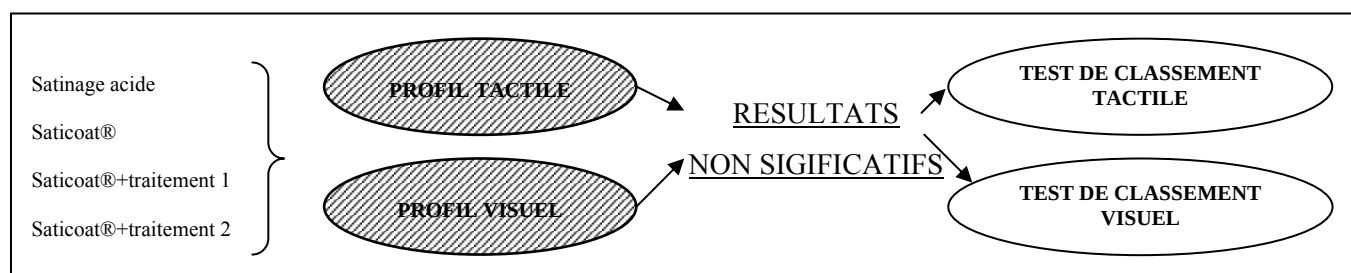


Figure 54 : Protocole n°2 d'ES des premières bouteilles Saga

Dans un test de classement, il est demandé aux experts de classer les produits par ordre croissant suivant chaque descripteur. Dans le cas de notre étude, il est possible de classer plusieurs produits au même rang. Les notes moyennes s'échelonnent donc entre 1 et 4 pour un test de classement à 4 produits et de 1 à 3 pour un test à 3 produits. Les descripteurs utilisés pour l'évaluation de ces produits sont : *froid, granuleux, collant, glissant, gras et rugueux*.

5.3.3 Résultats

Un premier test de classement a été réalisé avec les 4 produits : satinage acide, Saticcoat®, Saticcoat®+traitement1, Saticcoat®+traitement 2. Les résultats sont présentés sur la Figure 55, et les résultats des tests de classement dans le Tableau 10.

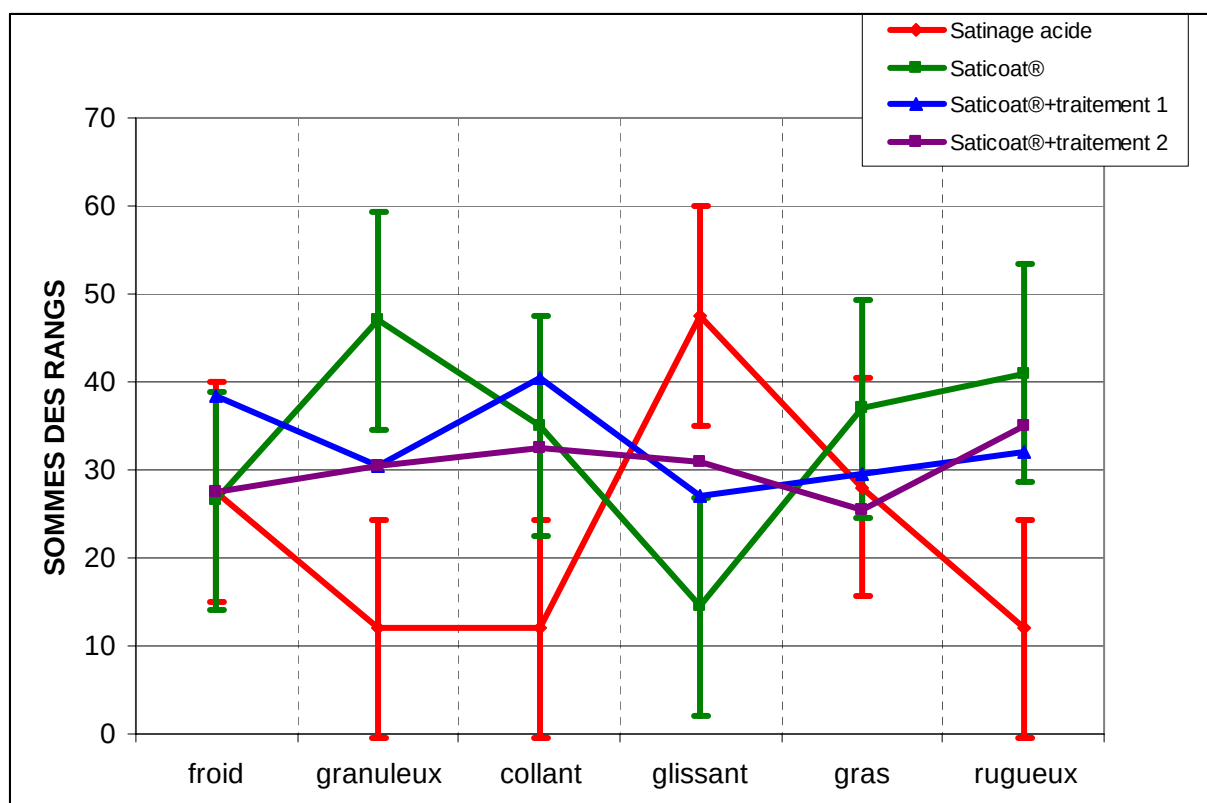


Figure 55 : Premier test de classement tactile

Tableau 10 : Somme des rang de chaque échantillons suivant chaque descripteur⁷⁰

	Satinage acide	Saticcoat®	Saticcoat® + traitement 1	Saticcoat® + traitement 2	Signif. à 5%	PPDS ⁷¹
froid	27,5	26,5	38,5	27,5	.	12,4
granuleux	12	47	30,5	30,5	S	12,4
collant	12	35	40,5	32,5	S	12,4
glissant	47,5	14,5	27	31	S	12,4
gras	28	37	29,5	25,5	.	12,4
rugueux	12	41	32	35	S	12,4

Plusieurs éléments peuvent être interprétés sur le graphique précédent (les barres représentent les plus petites différences significatives entre les points) :

- Il n'y a pas de différences perçues entre les quatre dépolissages pour les descripteurs froid, et gras. Le résultat concernant l'impression thermique de froid peut aisément se comprendre puisque les bouteilles sont en verre et de même épaisseur.
- Les traitements 1 et 2 n'apportent pas de différences significatives sur les descripteurs collant et rugueux.

⁷⁰ Le traitement statistique appliqué est celui de Friedman.

⁷¹ Plus petite différence significative, si la différence entre la somme de deux rangs.

- Quelque soit le descripteur, les deux Saticcoat® traités ne sont pas perçus comme différents.
- Le traitement du Saticcoat® améliore le toucher du Saticcoat® initial sur l'aspect *glissant* et *granuleux*, sans pour autant atteindre la cible, le satinage acide.

La conclusion partielle que l'on pourrait émettre à la vue de ces résultats est qu'on améliore sensiblement le toucher du Saticcoat® au moins sur 2 descripteurs, mais sans arriver au niveau du satinage acide.

Après réception du Saticcoat® ayant subi le traitement n°3, un deuxième test de classement a été réalisé, mais uniquement en comparant les Saticcoat® traités. Les résultats sont présentés sur la Figure 56 et dans le Tableau 11. La courbe rouge en pointillée a été reprise des résultats du test précédent, dans le but de rappeler la mesure du toucher du satinage acide qui reste la cible à atteindre.

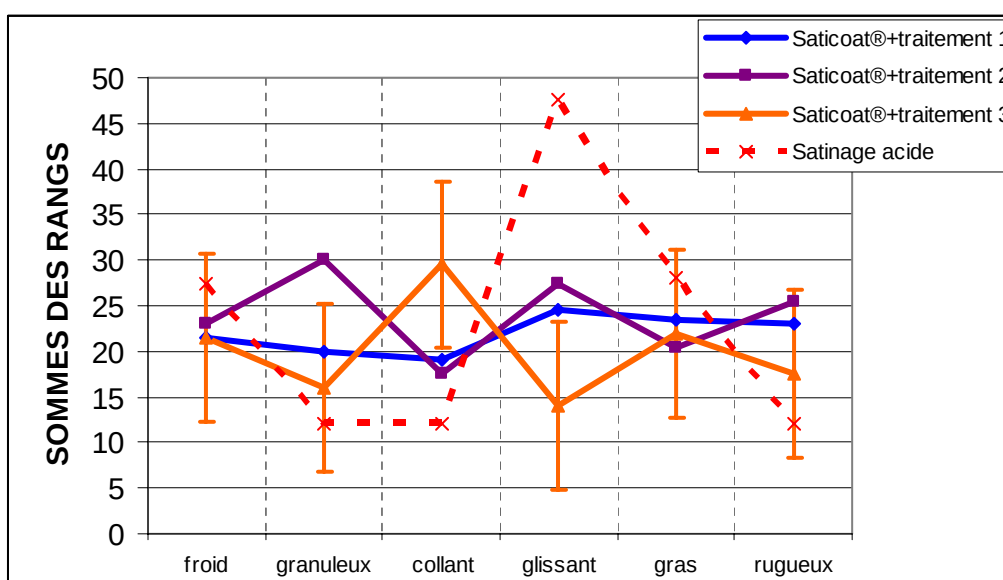


Figure 56 : Deuxième test de classement tactile

Tableau 11 : Somme des rang de chaque échantillons suivant chaque descripteur

	Saticcoat® + traitement 1	Saticcoat® + traitement 2	Saticcoat® + traitement 3	Signif. à 5%	PPDS
froid	21,5	23	21,5	.	9,19
granuleux	20	30	16	S	9,19
collant	19	17,5	29,5	S	9,19
glissant	24,5	27,5	14	S	9,19
gras	23,5	20,5	22	.	9,19
rugueux	23	25,5	17,5	.	9,19

Ce graphique met en évidence que le traitement n°3 n'améliore pas significativement les descripteurs granuleux et rugueux par rapport à la cible. En revanche, il dégrade significativement les

descripteurs collant et glissant, ces deux derniers caractères étant supposés importants pour la perception de la douceur.

Rappelons que les mesures de rugosité présentées sur la Figure 52, auraient pu laisser croire que le toucher de ce Saticoat n°3 soit le plus proche du satinage acide, de par sa mesure de R_z faible. Or la réponse du panel et la décomposition du toucher en ses dimensions respectives a permis de montrer que malgré une rugosité diminuée, deux descripteurs allaient dans le sens contraire de la cible. Ce dernier traitement a donc été écarté par l'entreprise Saga Décor.

Aujourd'hui, le traitement n°1 a été retenu comme solution industrielle satisfaisante et viable, il a donné naissance au Saticoat® Soft, en voie d'industrialisation.

5.4 Une application marketing : la comparaison verre/PET

5.4.1 Problématique industrielle

Le verre est une matière de référence traditionnelle, comme le cuir, le bois, la pierre ou le marbre. Ces matériaux, directement issus de la nature, sont transformés par l'Homme pour obtenir des matières dites « nobles ». Cependant leur production est souvent limitée par les ressources naturelles et les procédés industriels pas toujours évidents à régler sur les hautes cadences. Pour ces raisons, les industries modernes se sont mises à produire d'autres matériaux plus rentables. C'est le cas des revêtements de tableaux de bord pour l'automobile qui ont laissé place au plastique imitation cuir, contre le vrai cuir, trop fragile et trop cher. Toutefois, ce plastique offrant de nombreux avantages financiers et techniques, ne présente pas forcément les mêmes aspects que le matériau d'origine. L'imitation constitue un enjeu important, aussi bien pour le « matériau imitant », que le « matériau imité » qui se voit remplacé.

En ce qui concerne l'emballage, le plastique gagne des parts de marché, en particulier sur celui des jus de fruits. Là où les jus de fruits étaient conditionnés principalement dans des bouteilles de verre ou en briques, on voit l'apparition des PEHD⁷², et surtout du PET. Or le secteur des jus de fruits est en pleine croissance en Europe, cette augmentation provient des goûts de la population, qui recherche des produits sains et naturels avec une plus grande variété de saveurs, et se doit aussi au changement des attitudes sociales. Dans ce secteur, on constate notamment une forte augmentation des jus de fruits réfrigérés. Cette tendance représente un enjeu pour SGE, qui voit ses parts de marché augmenter, mais qui se doit de garder sa place de leader.

Mise à part l'offre variée de couleurs et de formes que peut apporter le plastique, certains d'entre eux semblent aussi avoir la vocation d'imiter le verre à la perfection, le verre étant encore considéré comme un matériau sain et plus esthétique. Le PET en est l'exemple le plus frappant, il n'est pas rare de confondre

⁷² Polyéthylène Haute Densité

visuellement ce matériau avec du verre et ne se rendre compte que c'est du plastique qu'au moment où on prend l'emballage entre les mains.

Face à ce constat, SGE a souhaité avoir une approche objective concernant les aspects visuels et tactiles du verre et du PET. Les objectifs de cette demande étaient de deux ordres :

- **Dans quelle mesure peut-on réellement considérer que le PET possède les mêmes caractéristiques visuelles que le verre ?**
- **Quels aspects sensoriels, visuels ou tactiles différencient spécifiquement le verre et le PET ? Lesquels peuvent faire partie pour SGE d'un argumentaire défensif ou offensif par rapport au PET ?**

5.4.2 Protocole expérimental

Cette expérimentation s'est déroulée en deux parties : la comparaison visuelle entre une bouteille de verre et une bouteille de PET, la comparaison tactile entre une bouteille de verre, une de PET et une canette en aluminium. Avant le début de la mise en place des tests d'ES, quelques questions concernant les conditions expérimentales ont dû être éclairées :

- **Les emballages doivent-ils être présentés avec leurs habillages, c'est-à-dire leurs étiquettes et leurs bouchons ?**
- **Les tests doivent-ils se faire sur emballages vides ou emballages pleins ?**

Il est certain que le fait de laisser une identité de marque aux échantillons lors de tests d'ES peut être à l'origine de nombreux biais. C'est une difficulté importante concernant l'ES des emballages, on ne peut pas rendre totalement anonyme un produit, surtout quand celui-ci vient de la grande consommation. La plupart des emballages possèdent une identité visuelle très facilement reconnaissable, même s'ils sont dépouillés de leurs étiquettes. Dans le cas de l'ES tactile, le panel a pu travailler derrière un rideau (excepté pour le descripteur *rayable* qui nécessite la vue dans le protocole), en revanche concernant le visuel, l'emballage a forcément été reconnu. Pour minimiser cet effet possible de biais dû à la marque, nous avons choisi des emballages de jus d'orange de la marque Pampryl. En effet, cette marque utilise des emballages en PET pour la grande consommation et en verre pour la restauration hors foyer, qui ont la particularité d'avoir la même forme en verre⁷³ et en PET. La canette utilisée pour l'évaluation tactile était de la marque Minute Maid. Pour les bouteilles, les étiquettes ont été enlevées, dans un souci de limiter les sources de perturbations pour les panélistes et leur laisser une surface d'exploration suffisamment importante pour l'évaluation tactile.

⁷³ Cette bouteille est une spécialité SGE.

En ce qui concerne la réflexion sur le fait de pouvoir faire des tests sur bouteilles pleines ou bouteilles vides, il n'y a pas eu de parti pris, les deux possibilités ont été testées et comparées.

Le protocole expérimental est présenté sur les Figure 57, Figure 58 et Figure 59 ci-dessous :

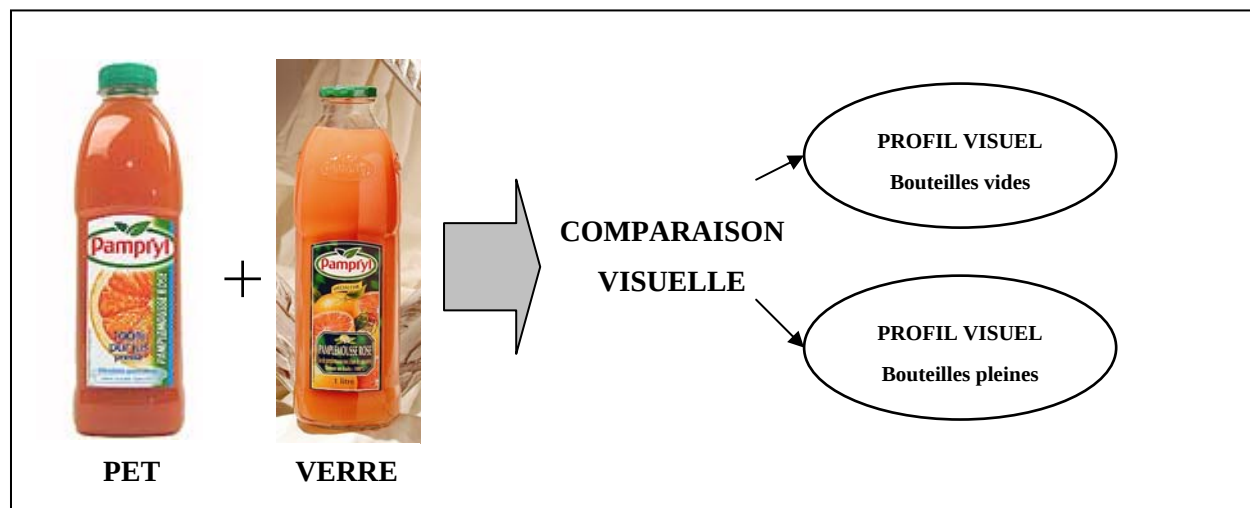


Figure 57 : Première expérimentation : comparaison visuelle du verre et du PET

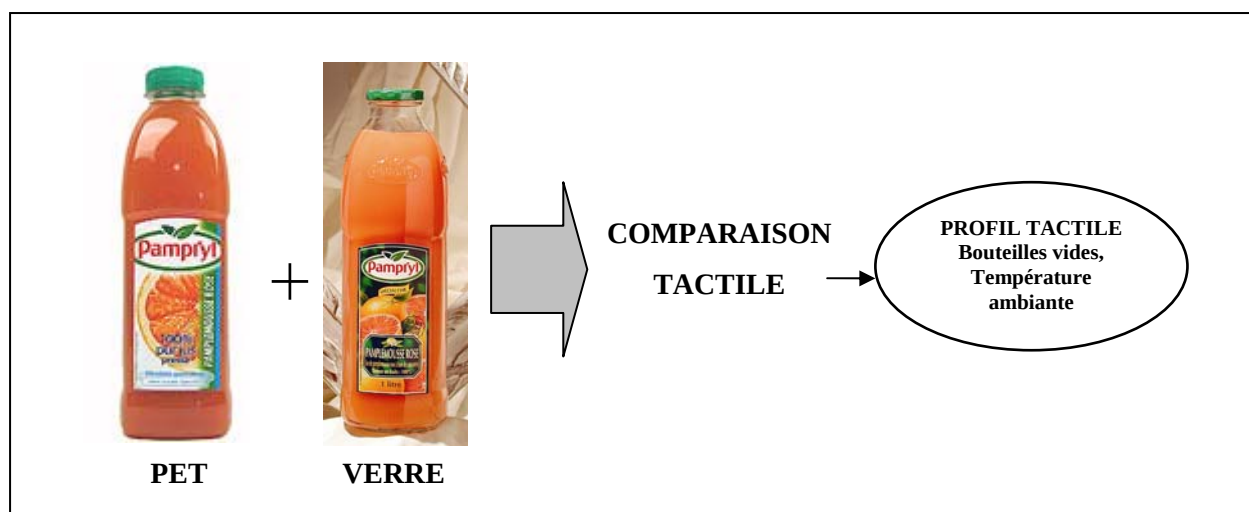


Figure 58 : Deuxième expérimentation : comparaison tactile du verre et du PET, sur bouteille vide

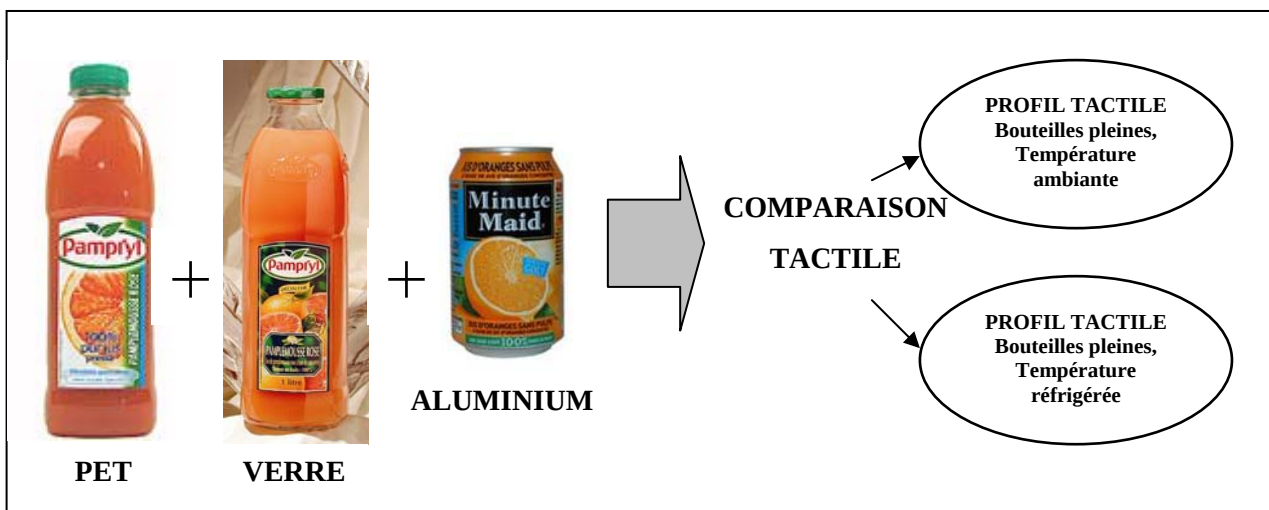


Figure 59 : Troisième expérimentation : comparaison tactile du verre, de l'aluminium et du PET, sur bouteilles pleines à température ambiante et réfrigérée

Chacune de ces expérimentations a eu lieu en salle d'analyse sensorielle, chaque panéliste a travaillé en cabine individuelle. Pour minimiser les biais dus à la présence de la marque et des intermodalités sensorielles. Chaque test visuel s'est effectué avec des gants, et pour les tests en aveugle, chaque cabine était munie d'un rideau derrière lequel se situaient les emballages, le code des échantillons était toujours différent. Pour les raisons exposées dans le § 5.2.2.1, chaque test s'est effectué en comparatif. Lorsqu'on parle de bouteilles pleines, le liquide utilisé était de l'eau.

5.4.3 Résultats

5.4.3.1 Comparaison visuelle du verre et du PET, bouteilles vides et pleines

Le profil visuel des bouteilles Pampryl verre et PET a été réalisé. L'ensemble des descripteurs n'a pas été retenu pour l'ES, en effet à la vue des bouteilles de surface lisse, il n'était pas pertinent de tous les utiliser. Ce choix a été fait par l'expérimentateur et non par l'ensemble des panélistes. Les résultats sont présentés sur les Figure 60, Figure 61 :

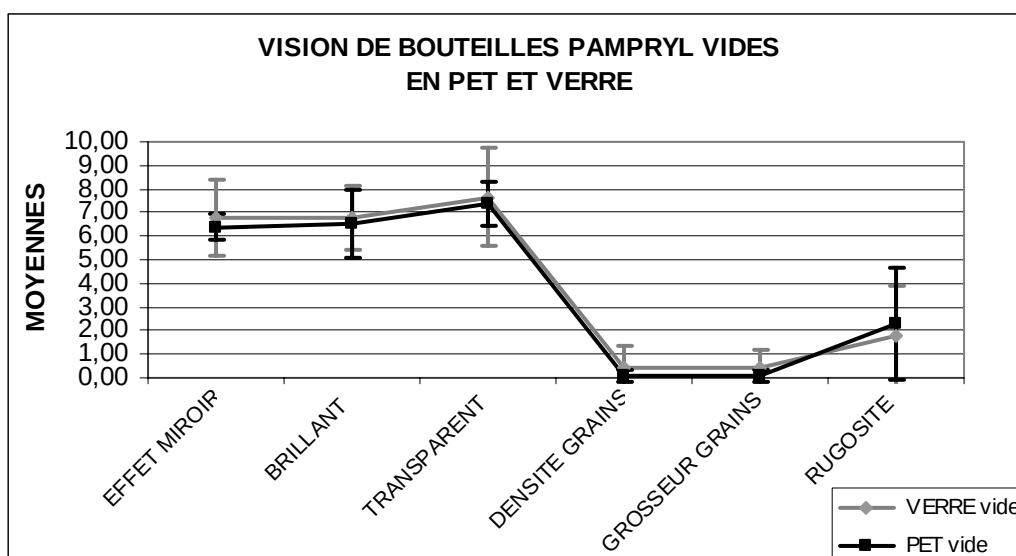


Figure 60 : Profil visuel de bouteilles vides en verre et en PET

Les résultats⁷⁴ de l'analyse de la variance ont montré une absence de différences significatives entre ces deux produits, ainsi que l'absence d'interaction entre le facteur produit et le facteur juge. **Ce qui confirme que les experts sensoriels ne perçoivent pas à priori de différence visuellement entre une bouteille vide en verre et en PET.**

Si on renouvelle cette première expérience dans les mêmes conditions, mais avec des bouteilles pleines, le résultat est le suivant, Figure 61 :

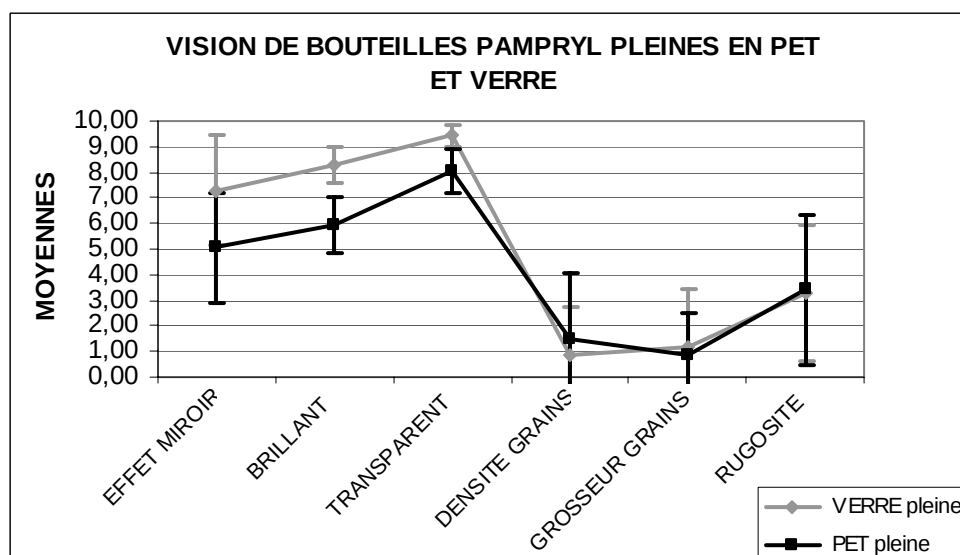


Figure 61 : Profil visuel de bouteilles pleines en verre et en PET

⁷⁴ Les barres verticales représentent les écarts-types.

Les résultats de l'analyse de la variance⁷⁵ et des comparaisons de moyennes sont exposés dans le Tableau 12 ci-dessous :

Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la variance du profil visuel bouteille PET et Verre

	Effet Produit	Effet Juges	Interaction Produits×Juges	T _{calculé} (t _{théorique} : 2,10)
Effet Miroir	♦	ns	ns	2,34
Brillant	♦	ns	ns	5,48
Transparent	♦	ns	ns	4,67
Grains densité	ns	♦	ns	-
Grains grosseur	ns	♦	ns	-
Rugosité	ns	ns	ns	-

Ces résultats montrent deux choses :

- **Les matériaux verre et PET possèdent les mêmes caractéristiques visuelles lorsque les bouteilles sont vides.**
- **Le fait d'introduire de l'eau dans la bouteille change certainement les propriétés optiques des matériaux, et confère ainsi au verre une plus grande transparence, un plus fort *effet miroir* et *brillant* que le PET. Cependant, il faut noter que ces différences, bien que significatives, ne soient pas très grandes.**

Si le PET a la vocation d'imiter le verre, on ne peut pas considérer aujourd'hui que son aspect visuel est exactement le même que celui du verre, sur bouteille pleine.

5.4.3.2 Comparaison tactile du verre et du PET, bouteilles vides

Dans la continuité de l'expérience précédente, le profil tactile des mêmes bouteilles a été réalisé. La température fixée pour ces tests était de 25°C. De la même façon que précédemment, l'ensemble des descripteurs tactiles concernant *l'espace produit* « multi-matériaux » n'a pas été utilisé. En effet les descripteurs concernant la déformabilité du matériau comme *élastique*, ou *souplesse* n'ont pas été jugés comme pertinents pour comparer du verre et du PET, le verre étant la borne négative de ces deux descripteurs.

⁷⁵ Risque de 5%

Tableau 13 : Résultats de l'analyse de la variance du profil tactile bouteille PET et Verre

	Effet Produit	Effet Juges	Interaction Produits×Juges	T _{calculé} (t _{théorique} : 2,07)
Frais	♦	♦	ns	6,50
Rugueux	ns	♦	ns	-
Granuleux	ns	ns	ns	-
Adhérent	ns	ns	ns	-
Collant	♦	♦	ns	1,65
Glissant	ns	♦	ns	-
Rayable	♦	ns	ns	4,57

♦: niveau 5%; ns: non significatif

On constate que seuls les descripteurs « *frais et rayable* » sont discriminants pour différencier tactilement l'état de surface du verre et du PET.

A la suite de ces résultats une question a alors été soulevée : la vocation d'un emballage est de contenir un liquide, il serait donc important de refaire cette évaluation tactile avec des bouteilles pleines. D'autre part la température est supposée être un facteur non négligeable de changement de la perception tactile. A la demande du service marketing, des tests d'ES supplémentaires ont été réalisés.

5.4.3.3 Comparaison tactile du verre, du PET et de l'aluminium bouteilles pleines, deux températures

Les panélistes ont dû comparer les trois emballages suivants : une bouteille Pampryl en verre et en PET et une canette en aluminium. Dans un souci de comparaison, les mêmes descripteurs ont été utilisés pour l'établissement de ces profils (Figure 62, Figure 63 et Tableau 14, Tableau 15). Nous avons effectué deux tests dans les mêmes conditions : en comparatif, à six semaines d'écart, seule la température des bouteilles a changé : pour le premier test la température de conservation des bouteilles était celle de la pièce (environ 20°C) et dans le deuxième test, les bouteilles étaient conservées dans un frigo (environ 4°C).

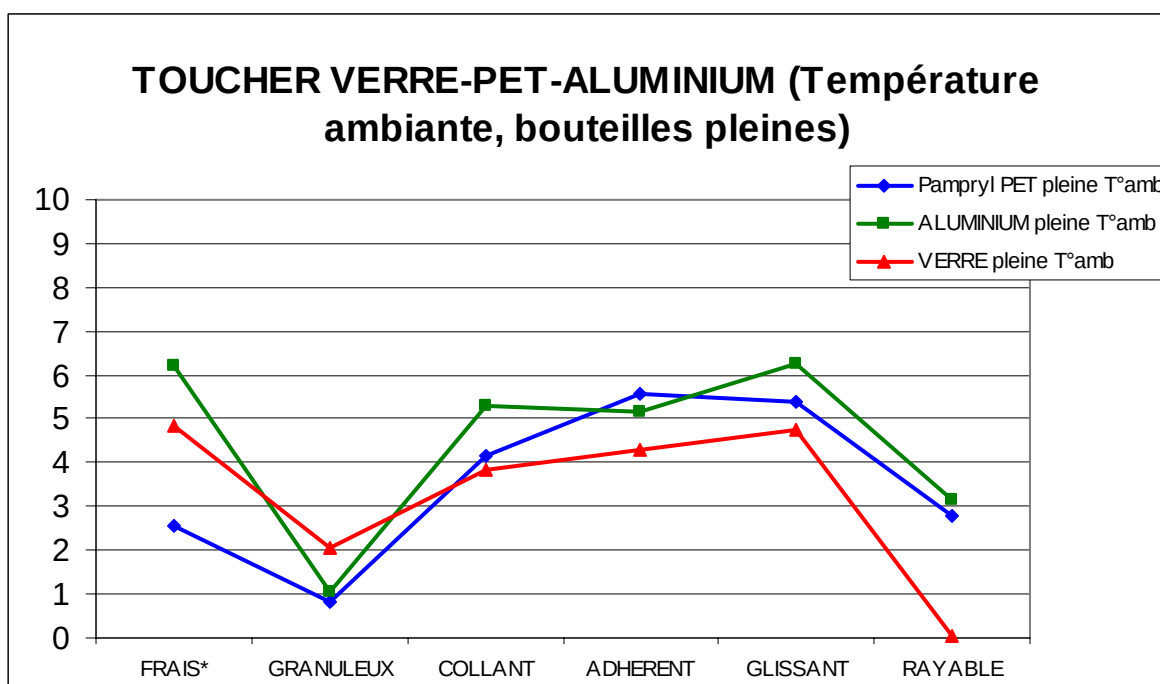


Figure 62 : Profil tactile de bouteilles PET, Verre et canette Aluminium, pleines, à température ambiante

Tableau 14 : Résultats analyse de la variance du profil tactile, température ambiante

	Effet Produit	Effet Juges	Interaction Produits×Juges	Différence perçue entre
Frais	♦	ns	ns	Aluminium/PET Verre/PET
Rugueux	ns	ns	ns	-
Granuleux	ns	ns	ns	-
Adhérent	ns	ns	ns	-
Collant	ns	ns	ns	-
Glissant	ns	ns	ns	-
Rayable	♦	ns	ns	Aluminium/Verre PET/Verre

♦: niveau 5%; ns: non significatif

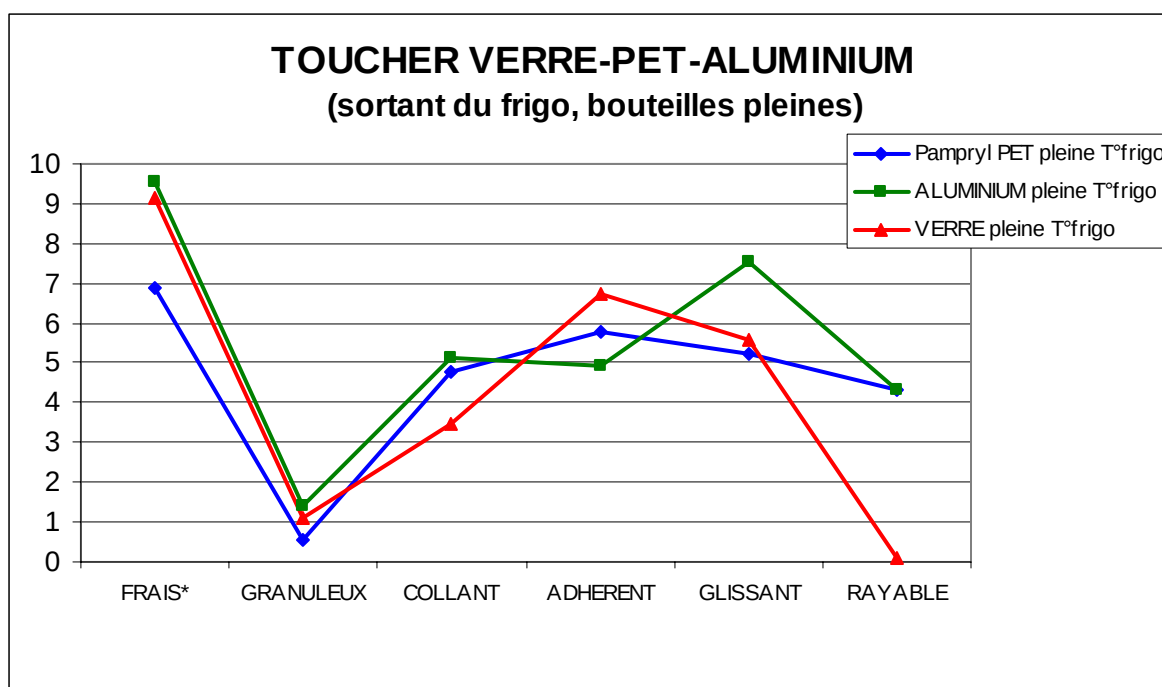


Figure 63 : Profil tactile de bouteilles PET, Verre et canette Aluminium, pleines, sortant du frigo

Tableau 15 : Résultats analyse de la variance du profil tactile, température réfrigérée

	Effet Produit	Effet Juges	Interaction Produits×Juges	Différence perçue entre
Frais	♦	♦	ns	Aluminium/PET Verre/PET
Rugueux	ns	♦	ns	-
Granuleux	ns	ns	ns	-
Adhérence	ns	ns	ns	-
Collant	♦	♦	ns	-
Glissant	ns	♦	ns	Aluminium/PET ⁷⁶
Rayable	♦	ns	ns	Aluminium/Verre PET/Verre

♦: niveau 5%; ns: non significatif

Afin de pouvoir comparer le toucher de ces emballages, nous avons regroupé les résultats obtenus par matériaux. Les graphiques suivants présentent ces regroupements (Figure 64, Figure 65, Figure 66):

⁷⁶ A noter que le verre et l'aluminium ne sont pas perçus comme différent sur ce descripteur, le $t_{calculé}$ est de 2,08, alors que le $t_{théorique}$ est de 2,09. Ceci laisse supposer qu'ils sont peut-être perçus comme différent sur ce descripteur.

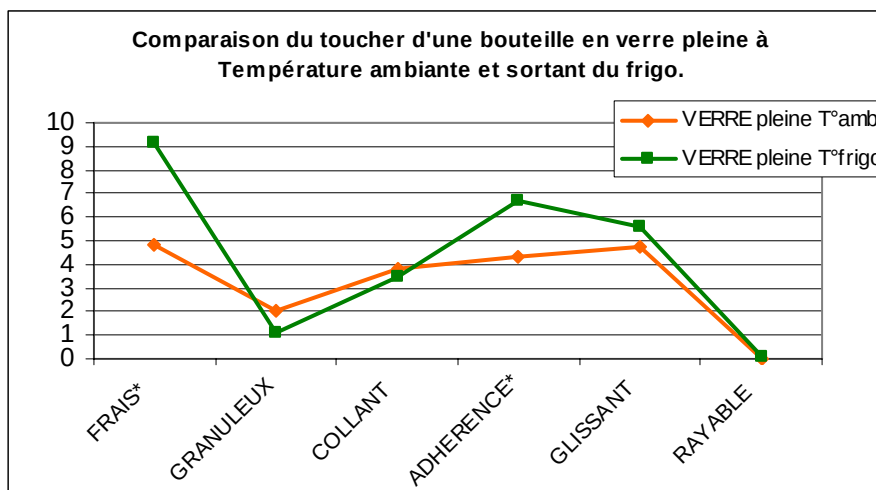


Figure 64 : Comparaison du toucher du verre à température ambiante et réfrigérée

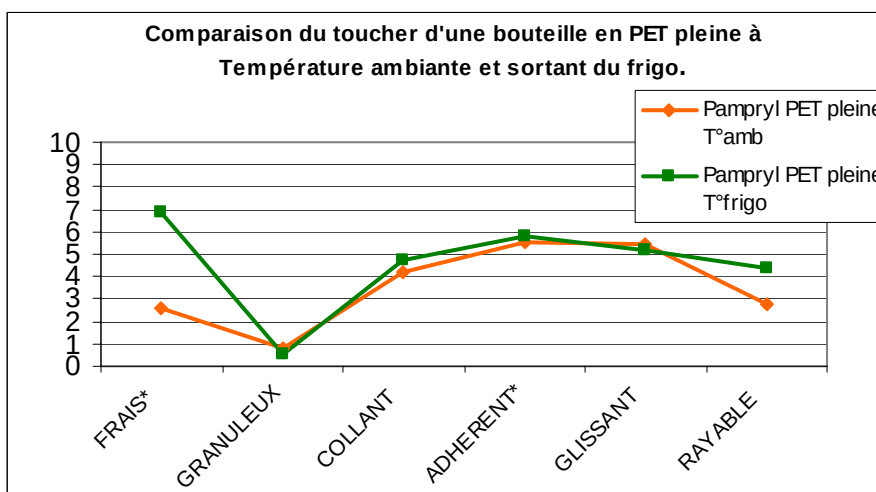


Figure 65 : Comparaison du toucher du PET à température ambiante et réfrigérée

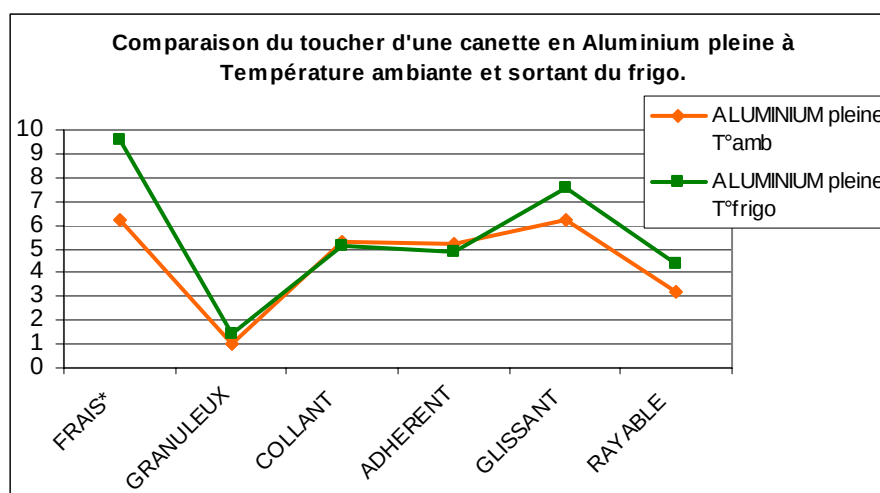


Figure 66 : Comparaison du toucher d'une canette en aluminium à température ambiante et réfrigérée

Ces résultats montrent que la température agit sur les descripteurs *frais*, *glissant*, et *adhérent* :

- **A température ambiante, l'aluminium est perçu comme plus frais que le verre et le PET**, ce dernier étant perçu comme le moins frais. Le fait de porter ces trois emballages à **température réfrigérée** ne change pas ce premier classement, à la différence près que l'aluminium et **le verre sont alors perçus comme identique, seul le PET reste tactilement le moins « *frais* »**.
- A température ambiante, il n'y a pas de différence perçue entre les trois emballages pour le caractère *glissant*, à température réfrigérée, le caractère « *glissant* » augmente de manière significative. Ces résultats sont peut-être dus à des effets de condensation sur l'aluminium. Malheureusement, lors des tests, nous n'avons pas noté la présence ou non de condensation sur les emballages.
- Pour le verre, la bouteille sortant du frigo montre une *adhérence* plus forte que celle à température ambiante, de la même manière que précédemment, les effets de surface tels que l'énergie de surface, les coefficients de frottement n'ont pas été mesurés, ils pourraient nous indiquer les raisons de cette évolution.

Nous n'avons pas pu comparer le toucher d'une bouteille vide et d'une bouteille pleine en verre et PET, car les profils réalisés ci-dessus ne se sont pas réalisés exactement dans les mêmes conditions, puisque dans le deuxième cas nous avons intégré une canette en aluminium. En revanche, les résultats précédents nous laissent penser que sur les descripteurs étudiés le fait que la bouteille soit remplie ne modifie pas la perception tactile. En revanche, il serait alors important d'introduire les descripteurs de déformabilité pour mesurer leur évolution par rapport au verre lorsque la bouteille est remplie.

Nous verrons dans le § 6.1.2 dans quelle mesure ces résultats ont pu être réutilisés et employés par le marketing.

5.5 Application méthodologique : prise en compte des gestes

Pour des raisons d'organisation, la mise en pratique d'une analyse ergonomique pour la résolution de la problématique de l'influence des gestes n'a pu être réalisée qu'en deuxième partie de l'expérimentation. Ainsi le panel était déjà entraîné avant de fournir des résultats industriels.

5.5.1 Problématique méthodologique

Cette expérimentation a été mise en place pour répondre à la deuxième problématique liée à la méthodologie de l'ES appliquée aux emballages : **comment prendre en compte la diversité gestuelle liée à l'utilisation d'un emballage pour réaliser une mesure sensorielle tactile représentative par un panel expert ?**

Lors du projet de DEA, qui avait précédé le projet de thèse, cette problématique avait déjà été abordée sous l'angle suivant : quelles sont les parties de la bouteille tactilement sollicitées et de quelle(s) manière(s) lors de leur utilisation par un consommateur ? Nous souhaitons acquérir cette connaissance dans le but de préciser certains protocoles d'ES tactile : quelles parties de la bouteille sont principalement sollicitées et quel(s) types de gestes étaient utilisés ? Des observations gestuelles ont été réalisées sur quatorze sujets qui étaient invités à se servir un verre de treize bouteilles de whisky de forme très variées (Figure 67) [LEF 01].



Figure 67 : Présentation du protocole d'ergonomie

Les résultats ont montré qu'**il n'y a pas vraiment de prise en main caractéristique d'une bouteille**. Les gestes de saisie et de transport sont très variables à tout point de vue : partie saisie, main saisissante, à pleine main ou juste par les doigts. **Seuls les gestes de versement, d'ouverture et de fermeture offrent une certaine constance : prise à pleine main au niveau du fût** (Figure 68). Les apports de ces observations ont permis d'ouvrir ce volet important concernant les gestes utilisés pour les protocoles d'ES, en revanche, la diversité gestuelle à laquelle nous sommes confrontée a laissé présager que nous ne pourrions pas reproduire exactement les gestes d'utilisation des emballages lors des tests d'ES.

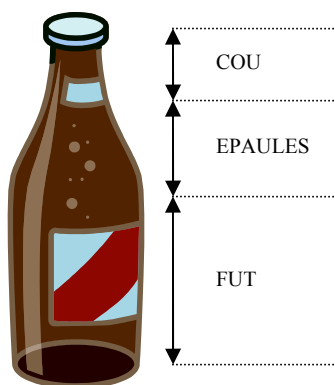


Figure 68 : Les différentes parties de la bouteille

Ces résultats ont été confirmés par une autre expérimentation menée lors d'un projet de DEA d'ergonomie avec le laboratoire d'Anthropologie Appliquée de l'Université Paris V, montrant une véritable diversité gestuelle dans l'utilisation, mais une constante au niveau de la prise à pleine main au niveau du fût de la bouteille.

Ce premier constat concernant l'impossibilité de reproduire en laboratoire l'ensemble des gestes utilisés lors de la manipulation des emballages a conduit à aborder cette problématique sous un autre angle : les gestes influencent-ils la perception tactile ? Une partie de la réponse a déjà été formulée dans le § 4.4.1, des études ont montré que les gestes utilisés influençaient la perception tactile pour des sujets *naïfs*, en revanche en est-il de même pour des experts sensoriels ? **Le type de geste et ses variations (amplitude, pression, doigts mobilisés...) ont-ils une influence sur la réponse sensorielle d'un *panel expert* ?**

5.5.2 Protocole expérimental

Pour démontrer l'influence des gestes sur la réponse tactile d'un *panel*, il fallait d'abord identifier quels types de gestes allait-on utiliser et comment allait-on les faire varier ? La démarche a été la suivante :

- (1) Observations filmées des experts des deux panels lors d'un test tactile en cabine individuelle. Chacun des deux panels devait effectuer la mesure du toucher de trois emballages suivant quatre

descripteur (*granuleux, glissant, collant et rugueux* pour le groupe « dépoli » et *frais, collant, glissant et souplesse* pour le groupe « multi-matériaux »).

- (2) Chaque film a été observé puis analysé suivant une grille d’observation, cette grille a été remplie pour chaque couple descripteur×panéliste et pour chaque main⁷⁷ (Tableau 16). Ces observations ont été faites par un chercheur ergonomiste⁷⁸, extérieur au projet.
- (3) À partir résultats de cette grille, un protocole standardisé a été mis au point pour que chaque panéliste utilise exactement les mêmes gestes avec les mêmes variations. Ce protocole a été appliqué deux fois.

Les trois tests se sont déroulés exactement dans les mêmes conditions (température ambiante, les emballages testés étaient les mêmes pour les trois séances⁷⁹ (Tableau 17) pour chacun des deux groupes. Chaque test était espacé d’environ deux semaines, cependant pour éviter les effets mémoires, les tests étaient réalisés en aveugle, et les codes des produits étaient systématiquement changés. Les profils sensoriels obtenus à chaque séances ont été comparés par une analyse de la variance à trois facteurs afin de vérifier si la réponse du panel entre chaque test est la même ou non.

Tableau 16 : Grille d’observation ergonomique

Aire explorée				Nombre de sollicitations par bouteille				Doigts utilisés					Temps total	Commentaires
cou	épaules	fût	totalité	bouteille 1	bouteille 2	bouteille 3	pleine main	pouce	index	majeur	annulaire	petit doigt		

Tableau 17 : Echantillons utilisés pour les tests

Groupe “dépoli”	Groupe “multi-matériaux”
Dépoli acide, (bouteille en verre, type long neck, 33 cl) Saticcoat® 1 (bouteille en verre, type long neck, 33 cl) Saticcoat® 2 (bouteille en verre, type long neck, 33 cl)	PET (bouteille de 1L) verre (bouteille de 1L) Aluminium (canette)

Le protocole expérimental est résumé sur la Figure 69, ci-dessous :

⁷⁷ Tous les panélistes étaient droitiers, mais l’observation a été faite pour la main droite et la main gauche.

⁷⁸ L’ergonome qui a réalisé ces observations était celui qui avait réalisé le projet de DEA, Cyril Rivère, cité dans le paragraphe précédent.

⁷⁹ Pour le groupe « multi-matériaux » les bouteilles étaient remplies, en revanche elles étaient vides pour le groupe « dépoli »

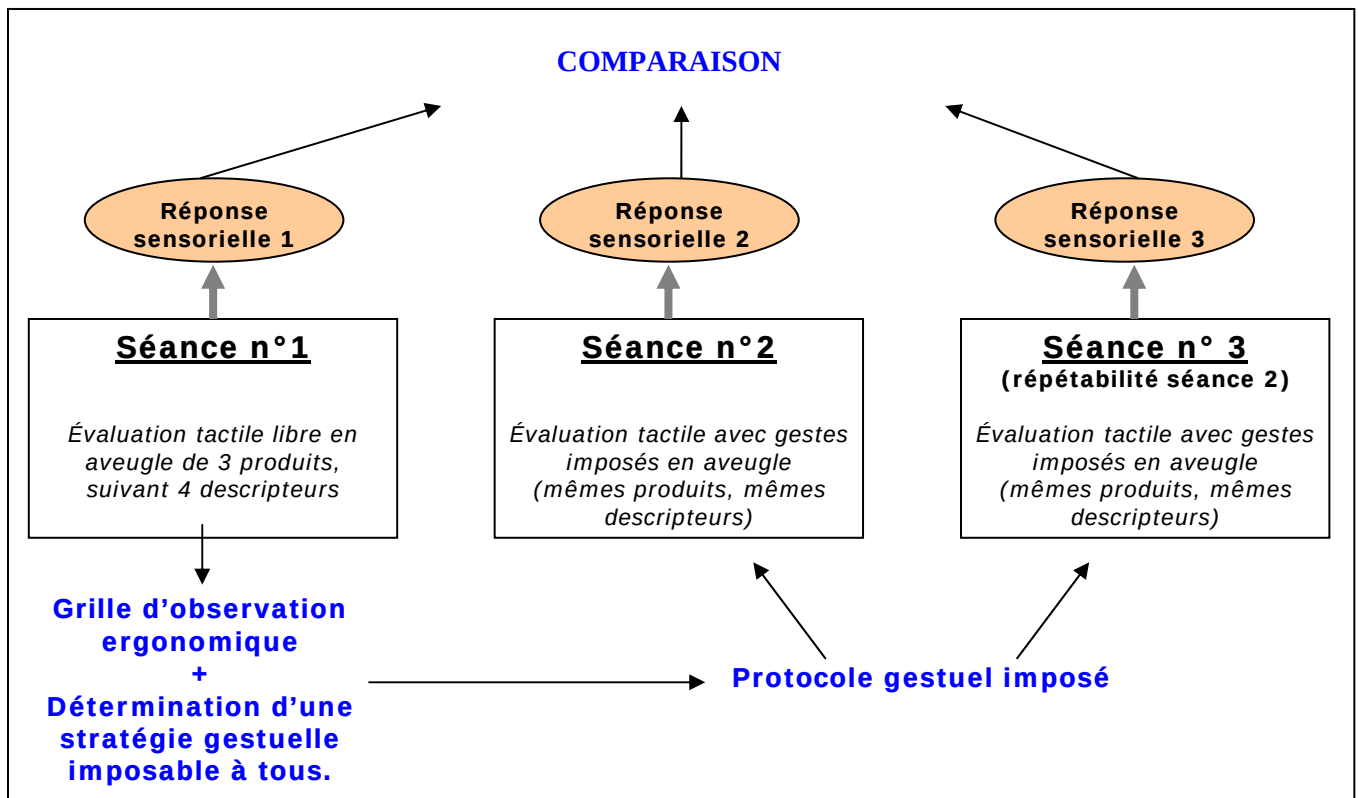


Figure 69 : Protocole expérimental de l'expérience gestuelle

5.5.3 Résultats

5.5.3.1 Résultats de la grille d'observation

Rappelons que chaque panéliste devait évaluer trois échantillons, suivant quatre *descripteurs* et suivant le protocole de mesure habituel (voir exemple de protocole en annexe n°9). A partir des observations faites par l'ergonome, les informations suivantes ont pu être extraites :

- Quelle(s) partie(s) de la bouteille est principalement sollicitée lors de l'évaluation tactile ?
- Quels types de gestes sont utilisés par les panélistes pour l'évaluation des descripteurs ?
- Ces gestes sont communs ou varient-ils ? S'ils varient, est-ce au niveau du type de geste (tangential, orthogonal...) ou sur des paramètres tels que la pression exercée, l'amplitude...etc ?
- Les panélistes utilisent-ils les deux mains ou une main est-elle privilégiée ?
- Quel(s) doigt(s) et quelle(s) partie(s) des doigts sont-ils mobilisé(s) pour effectuer la mesure tactile ?
- Combien de fois un échantillon est sollicité pour la mesure ?

Les résultats concernant les parties de la bouteille sollicitées principalement par les panélistes sont présentés sur les Figure 70 et Figure 71. Les résultats sont présentés en pourcentage de panélistes qui effectuent sa mesure sur une ou plusieurs parties.

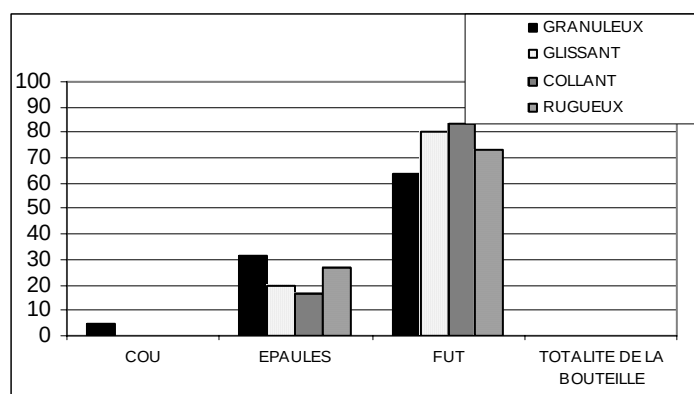


Figure 70 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « dépoli » en pourcentage de sollicitations

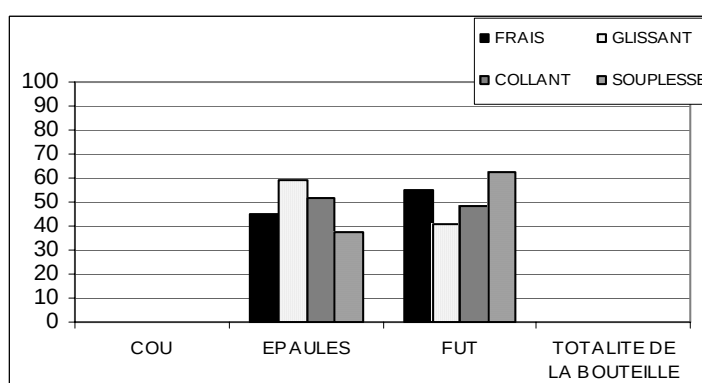


Figure 71 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « multi-matériaux » en pourcentage de sollicitations

On voit que pour les deux panels d'experts, les parties principalement sollicitées par les experts sont les épaules et le fût. En revanche, on peut remarquer que les experts du groupe « multi-matériaux » sollicitent plus les épaules que les experts de l'autre groupe. On peut interpréter ce résultat par le fait que les bouteilles (mis à part la canette en aluminium) sont de plus grande contenance et donc de plus grand volume, les épaules de ses bouteilles offre une surface plus large à évaluer que celle des épaules des bouteilles de 33cl.

En ce qui concerne les mains utilisées pour l'évaluation tactile, il a été observé que pour les descripteurs *granuleux*, *glissant* et *collant* du groupe « dépoli », environ cinquante pourcents des panélistes utilisent les deux mains, vingt-cinq pourcents seulement la main droite ou la main gauche (Figure 72 et Figure 73). On remarquera deux exceptions : pour le descripteur *frais* qui mobilise les deux mains pour quatre-vingt dix pourcents des panélistes du groupe « multi-matériaux » et le descripteur *rugueux* qui a mobilisé principalement la main droite des experts du groupe « dépoli ». Nous verrons par la suite que le descripteur *frais* présente une certaine spécificité dans les gestes de mesure, en revanche, nous n'avons pas à ce jour trouvé d'explication pour le résultat concernant le descripteur *rugueux*, il faudrait certainement répéter l'expérience pour le confirmer.

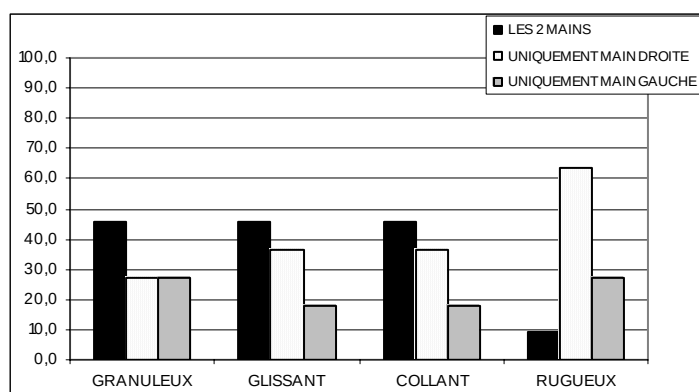


Figure 72 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « dépoli » en pourcentage

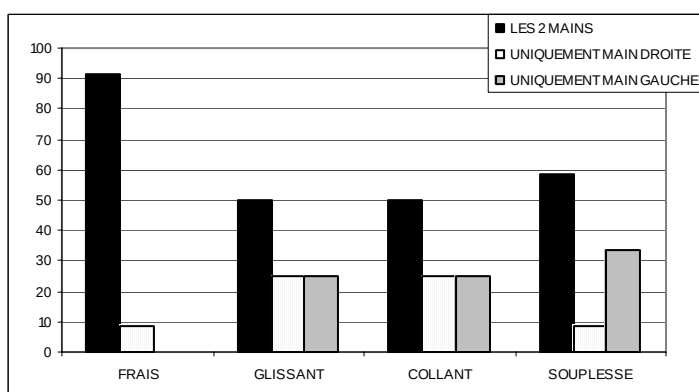


Figure 73 : Partie de la main sollicitée par les panélistes du groupe « dépoli » en pourcentage

Les résultats concernant les doigts utilisés ont montré que les panélistes mobilisent principalement les trois doigts suivant : **pouce, index, majeur** (voir annexe n°10). D'autre part, la **partie des doigts mobilisés pour la mesure sont les deux premières phalanges**. Une seule exception à ces observations concerne le **descripteur frais qui est évalué à pleine main**.

A propos des gestes, l'ergonome a observé une constante au niveau du type de geste effectué suivant chaque descripteur :

- *glissant, granuleux, rugueux* : geste tangentiel
- *collant, souplesse* : geste orthogonal
- *frais* : geste statique

Si ces gestes sont constants chez tous les membres des panels pour un descripteur donné, ils diffèrent par trois paramètres :

- leur amplitude,

- la pression exercée sur la bouteille,
- l'orientation par rapport au plan de la bouteille (horizontale, verticale ou diagonale).

Ces derniers résultats ont été uniquement observés par le chercheur ergonomiste, aucune mesure instrumentale n'a été faite pour obtenir un résultat quantitatif. Ce sera certainement l'objet d'une prochaine étude.

Il faut rappeler l'objectif principal de ces observations : identifier des gestes de mesure tactile communs et pouvant être répétés par l'ensemble du panel. Ainsi nous avons mis au point un protocole commun pour chacun des deux groupes où chaque geste, aussi bien dans le mouvement que dans les variations d'amplitude, et dans le nombre de sollicitations soit identique.

Nous avons donc regroupé l'ensemble des observations dans un tableau afin d'établir quels éléments pourraient être reproductibles par l'ensemble des panélistes, Tableau 18 :

Tableau 18 : Résultats des observations des panélistes des deux groupes

TYPE DE GESTE		CONSTANT (pour chaque descripteur)
PARAMETRES VARIANTS DU GESTE	Amplitude	VARIABLE
	Pression	VARIABLE
	Direction/orientation	VARIABLE
STRATEGIE EMPLOYEE POUR LA MESURE TACTILE	Main utilisée	VARIABLE*
	Doigts utilisés	CONSTANT* (pouce, majeur et l'annulaire)
	Partie du doigt utilisé	CONSTANT* (deux premières phalanges)
	Nombre de sollicitations	VARIABLE (en moyenne, 2 à 6 sollicitations par bouteilles)
	Partie de la bouteille explorée	CONSTANT (fût ou épaule)

*Une exception pour le *descripteur* “frais” (*groupe* “*multi-matériaux*”), pour lequel la majorité des panélistes ont utilisé les deux mains, le geste était statique et la pleine main était mobilisée.

Les protocoles ainsi établis sont présents en annexe n°12.

5.5.3.2 Comparaison des réponses sensorielles

Les profils des trois produits sont présentés ci-dessous (Figure 74, Figure 75, Figure 76, Figure 77, Figure 78, Figure 79) une analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) a été conduite dans le but de déterminer si le panel peut être considéré comme répétable ou si sa réponse varie en fonction du test (Tableau 19, Tableau 20).

Groupe « multi-matériaux »

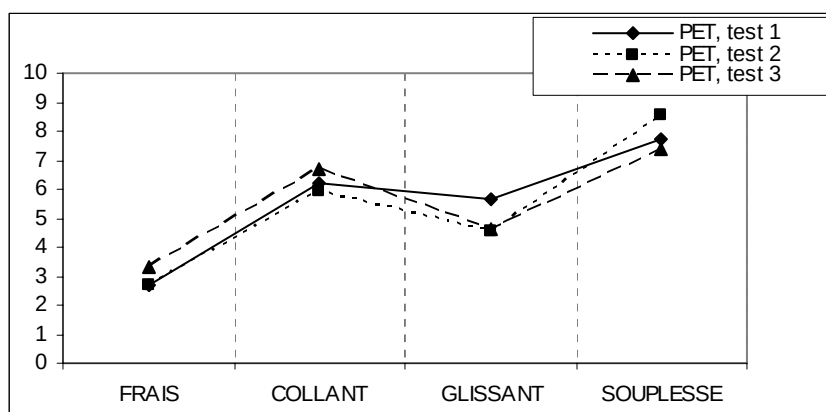


Figure 74 : Profils tactiles de la bouteille en PET obtenus lors de chacun des trois tests

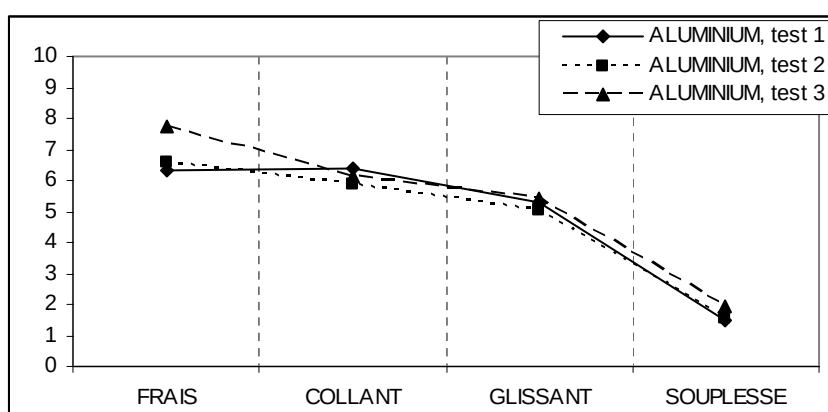


Figure 75 : Profils tactiles de la canette en aluminium obtenus lors de chacun des trois tests

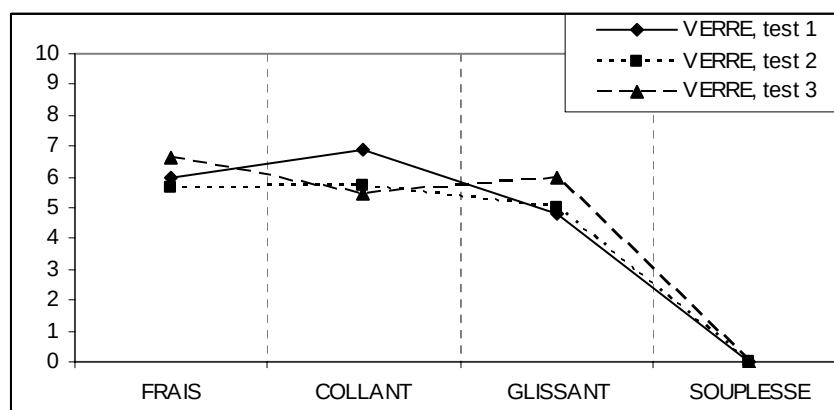


Figure 76 : Profils tactiles de la bouteille en verre obtenus lors de chacun des trois tests

Tableau 19 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « multi-matériaux »

	Produit	Juge	Date	Produit×Juge	Produit×Date	Juge×Date
FRAIS	♦	♦	♦	ns	ns	ns
COLLANT	ns	ns	ns	ns	ns	ns
GLISSANT	ns	♦	ns	ns	ns	ns
SOUPLESSE	♦	ns	ns	ns	ns	ns

♦: niveau 5%; ns: non significatif

Groupe « dépoli »

Les profils des trois produits sont présentés ci-dessous. De même que précédemment, une analyse de variance à trois facteurs (produit, juge et date) a été conduite.

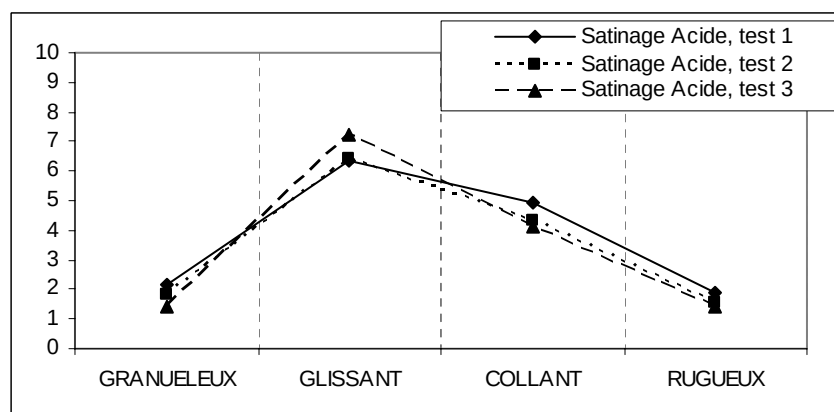


Figure 77 : Profil tactile de l'échantillon satinage obtenu lors de chacun des trois tests

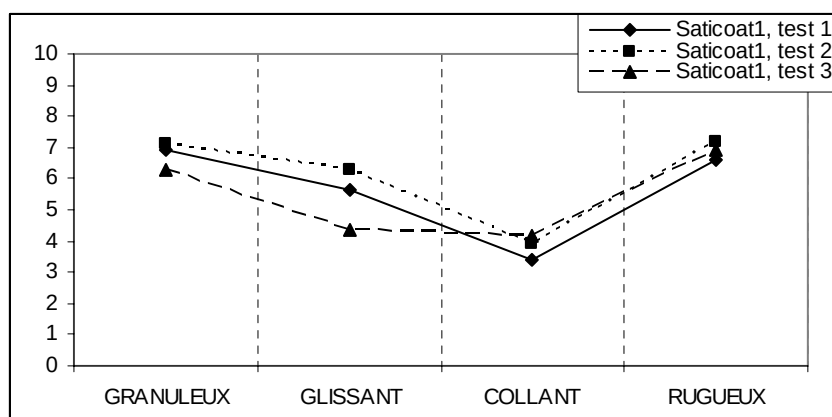


Figure 78 : Profil tactile de l'échantillon Saticoat®1 obtenu lors de chacun des trois tests

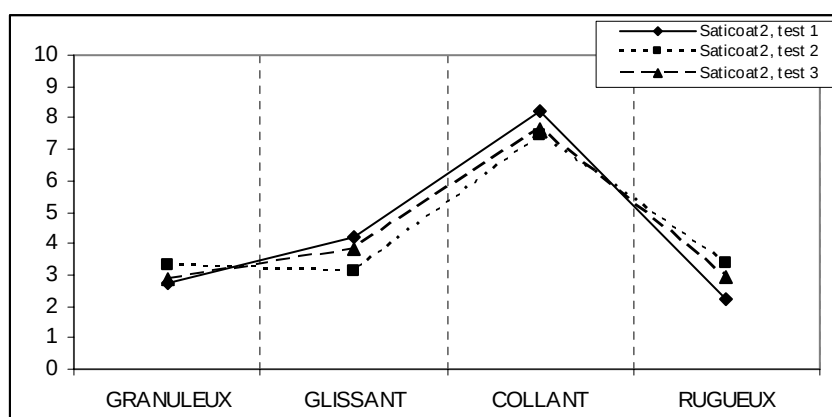


Figure 79 : Profil tactile de l'échantillon Saticoat®2 obtenu lors de chacun des trois tests

Tableau 20 : Résultat de l'analyse de la variance à trois facteurs (produit, juge et date) pour le groupe « dépoli »

	Produit	Juge	Date	Produit×Juge	Produit×Date	Juge×Date
GRANULEUX	♦	♦	♦	ns	ns	ns
GLISSANT	♦	♦	ns	ns	ns	ns
COLLANT	♦	♦	ns	ns	ns	ns
RUGUEUX	♦	♦	ns	ns	ns	ns

♦: niveau 5%; ns: non significatif

On constate un effet date pour le descripteur *granuleux*, en revanche la comparaison des moyennes montre que chaque produit a été évalué de la même façon à chaque séance. **Il y a une parfaite répétabilité de la réponse du panel « dépoli » pour les trois tests.**

Après cette expérimentation, les panélistes ont été informés des résultats et du but de cette étude. Leur principale remarque concernant ces tests a porté sur leur difficulté lorsque les gestes étaient imposés à devoir noter les échantillons en une seule fois, sans pouvoir les comparer deux à deux. De plus certains panélistes ont été perturbés quant à l'ordre imposé des descripteurs. Certains avaient l'habitude de commencer par certains

descripteurs et de finir par un autre. La plupart des panélistes ont avoué ne pas s'être rendu compte que les produits pour chacun des trois tests étaient identiques, ce qui pourrait éventuellement confirmer l'absence d'effet mémoire dans la répétabilité observée des mesures. Ces résultats ont permis de répondre en partie à la question concernant l'influence de la gestuelle sur la réponse tactile d'un panel expert :

- Les mêmes membres d'un panel expert utilisent les mêmes types de gestes pour l'évaluation de chaque descripteur ? Ces gestes ayant été déjà décrits par les auteurs Ledermann et Klatzky, en revanche ces gestes diffèrent par leur amplitude, leur pression ou leur orientation. D'une manière plus générale la gestuelle liée à l'évaluation tactile par des experts d'un panel comporte des éléments constants et variables.
- Quand nous avons tenté de standardiser la gestuelle lors de même évaluation tactile, la réponse sensorielle ne s'en est pas trouvée modifiée. **La gestuelle n'a pas ou que très peu d'influence sur la réponse sensorielle tactile d'un panel expert.**

Nous verrons par la suite que cette expérimentation a permis, entre autres, l'utilisation d'une nouvelle discipline chez SGE, l'ergonomie de produit.

6 APPORTS ET PERSPECTIVES

6.1 Retour sur expérience

6.1.1 Constitution d'un panel d'ES

Comme nous l'avons vu dans le § 5.2, la mise en place d'un *panel d'experts* est une étape indispensable à la mesure des aspects sensoriels par l'ES. Or cette première étape est absolument cruciale pour la validité des mesures qui seront faites par la suite. Sans un bon instrument de mesure, l'utilisation des mesures ne pourra qu'en être restreinte. C'est en partie pour cette raison que toute la première partie de l'expérimentation a été consacrée à la mise en place des panels. Afin de mieux comprendre cet enjeu nous avons représenté le nombre de séances effectué par chacun des deux panels et les objectifs auxquels elles étaient destinées, Figure 80 : Au total les séances se sont réparties sur soixante-douze semaines, soit dix-huit mois.

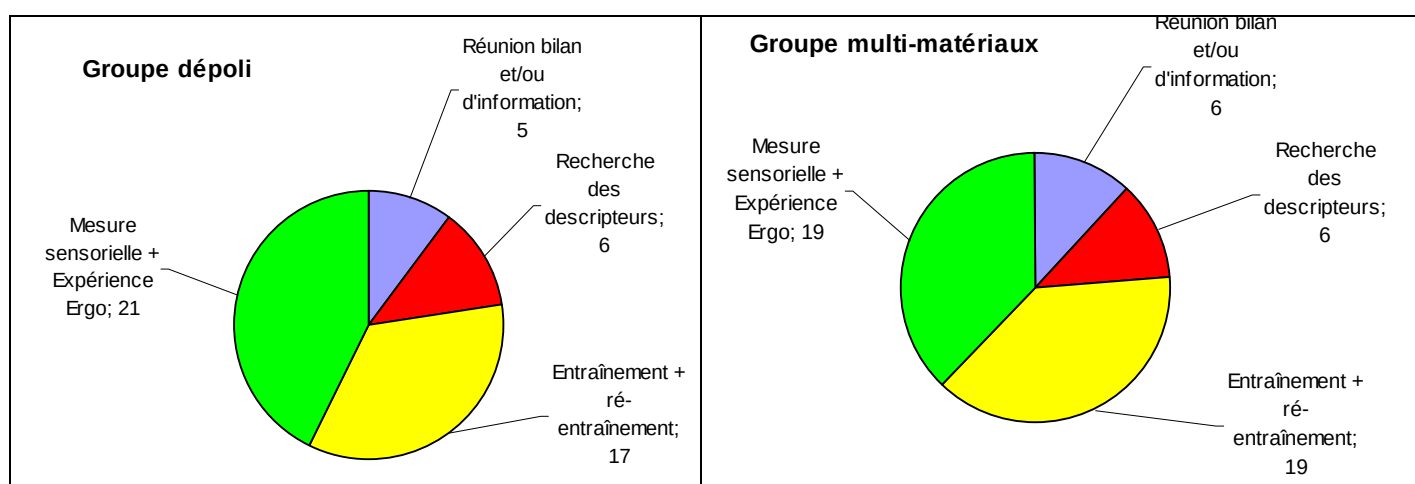


Figure 80 : Répartition des séances d'ES des deux groupes de panels

Ces graphiques nous montrent l'importance et le temps consacré à la phase dites de formation (recherche de descripteurs et entraînement) et gestion (réunion d'information), environ deux tiers du temps total de travail du panel. Il est bien sûr possible de réduire ce temps de formation ou de gestion, par exemple lorsque les descripteurs sont déjà connus ou lorsque les panélistes recrutés connaissent déjà la méthode d'ES. Dans le cadre de nos travaux il aurait été difficile de réduire ce temps pour les raisons suivantes :

- Les panélistes étaient néophytes en méthodologie d'ES.
- Nous n'avions pas à disposition de listes pré-établies de descripteurs, et de produits références.
- L'emploi du temps scolaire des panélistes entrecoupé de périodes de vacances ou d'examens a fait qu'il a fallu les ré-entraîner régulièrement.

Quant aux listes de descripteurs obtenues, nous pouvons effectuer deux comparaisons :

- La comparaison des listes de descripteurs obtenues par les deux groupes
- Comparer les listes obtenues à celle présentée par le Sensotact© pour le toucher.

Que ce soit pour le toucher ou la vision les deux groupes ont généré des descripteurs communs et des descripteurs spécifiques à l'*espace produit* étudié. La principale remarque concernant le toucher est l'absence des descripteurs liés à la déformabilité de l'emballage pour le groupe « dépoli ». L'espace produit étant constitué uniquement de verre, il est normal que ces descripteurs ne soient pas apparus. Nous pourrions faire la même remarque en ce qui concerne la vision, où il n'y a aucun descripteur du groupe « dépoli » décrivant le relief, l'univers dépoli est constitué principalement de bouteilles « lisses ». Nous pouvons ainsi émettre un premier résultats quant à l'établissement d'une liste de descripteurs : **« les descripteurs générés par un groupe de panélistes sont entièrement liés à l'espace produit étudié, d'où l'importance du soin pris pour constituer cet espace produit ».**

En ce qui concerne la comparaison de notre liste de descripteurs tactiles à celle présentée par le Sensotact© (cf. § 3.4.4), les principales différences portent sur le descripteur *relief*, qui dans notre contexte n'est pas assez précis, le descripteur *fibreux* essentiellement lié aux produits textiles, donc inadapté à l'emballage et le descripteur *râpeux* qui possède en fait la même définition que le descripteur *rugueux* du groupe « dépoli », la différence porte ici sur la terminologie.

Nous pouvons aussi la comparer aux descripteurs utilisés par Hollins lors de ces recherches sur le toucher, ce dernier décline le toucher en quatre dimensions⁸⁰ : rugueux/lisse, dur/mou, chaud/frais et plat/bosselé. Ces dimensions ont été reprises par les deux groupes du panel, mais nécessitent d'être complétées, le toucher ne pouvant se limiter à ces quatre dimensions [HOL et al.00].

Nous avons synthétisé la mise en place du panel par trois aspects : l'**aspect technique** reflétant la performance de mesure des *panels*, l'**aspect humain** concernant la prise en compte de la motivation et l'**aspect organisation**, voir Figure 81. Chacun des point a été pondéré par un indicateurs (+ ou -) permettant de mettre en évidence quels aspects ont été plus ou moins bien traités ou pris en compte.

⁸⁰ Traduit de l'anglais : rough/smooth, hard/soft, warm/cool et flat/bumpy

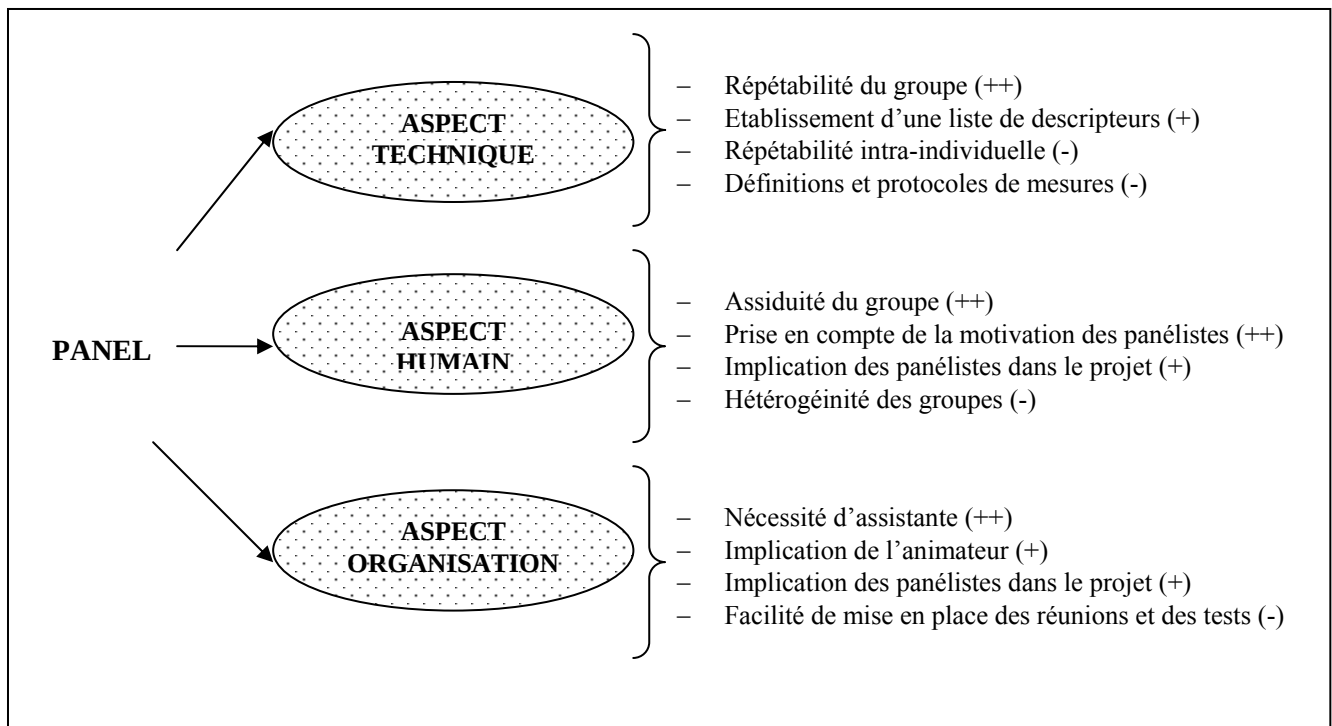


Figure 81 : Synthèse sur les aspects du panel traités

La gestion d’un panel externe d’étudiants a permis de nombreux échanges, leur curiosité d’esprit et leur envie d’apprendre a donné une richesse aux travaux effectués, cependant cette population étudiante n’est pas toujours disponible et l’organisation peut s’avérer quelquefois difficile. **Ce type de panel ne pourrait être considéré pour des projets très long terme.** Tout au long de notre travail nous nous sommes surtout attaché à la prise en compte de la motivation des panélistes et le bon déroulement de ce projet s’en est ressenti. **Nous pouvons conclure à la parfaite adaptation de panels externes étudiants pour des projets de recherche de quelques mois, en veillant à trouver une source de motivation importante pour chacun des panélistes.**

6.1.2 Le profil sensoriel, représentation intermédiaire d’une surface

Reprenons la première problématique de notre recherche concernant l’intégration des aspects perçus : **Est-ce que l’application de l’ES à la caractérisation sensorielle des surfaces des emballages pour les parachèvements ou dans un but de *benchmark marketing* sera suffisante pour réussir son intégration chez SGE ?** Suite à cette problématique nous avons émis l’hypothèse que l’ES en fournissant des représentations intermédiaires du produit comme le profil sensoriel est suffisamment évolutive et adaptable pour être intégrée par la voie de la caractérisation de surface.

En effet nos expérimentations industrielles ont porté sur l’optimisation d’un procédé de dépolissage et la comparaison visuelle et tactile de trois matériaux d’emballage. Pour la première expérimentation, l’utilisation du profil sensoriel a permis trois choses :

- caractérisation d'une surface de verre dépolie suivant des critères objectifs, c'est-à-dire les descripteurs ;
- le positionnement objectif des différentes voies technologiques a permis aux ingénieurs d'orienter leur choix en terme de procédé ;
- acquisition par les ingénieurs du vocabulaire commun fourni par les descripteurs pour communiquer entre eux et avec les clients lors de la définition de nouveaux parachèvements.

Dans le cas de l'expérimentation de Saga Décor, la modélisation des aspects sensoriels par le profil a permis l'orientation d'un choix technologique et apporte une caractérisation objective sensorielle de la surface, là où aucun autre instrument ne pouvait le faire.

Si pour l'application précédente le fait de faire appel à l'ES semblait évident, pour la comparaison multimatériaux ça l'était beaucoup moins. Dans cette quête d'autres arguments que ceux liés aux prix de vente ou à la technique, l'ES a été estimé comme une voie d'entrée de l'intégration des aspects perçus dans l'argumentaire commercial et dans une recherche marketing. En revanche, l'utilisation du profil à cette fin n'était pas forcément acquise d'avance. L'établissement de profils comparatifs visuels et tactiles du verre, du PET et de l'aluminium ont montré que :

- Visuellement le verre et le PET sont extrêmement proches, les bouteilles de verre pleines gardent un aspect *transparent, brillant et effet miroir* légèrement supérieur au PET sur bouteille pleine. Ce premier résultat a fait prendre conscience au service marketing que le verre d'emballage qui a bâti en partie son argumentaire commercial sur les aspects visuel tels que la transparence ou la brillance, devait éventuellement le réorienter car le PET pourrai revendiquer les mêmes avantages.
- Tactilement le verre garde un avantage important sur la composante thermique du toucher, vide, plein à température ambiante ou réfrigéré, il reste perçu comme plus frais que le PET. Sur cet aspect, seul l'aluminium est un concurrent direct.

Dans le cas de l'expérimentation concernant la comparaison sensorielle de différents matériaux , le profil sensoriel a permis aux services marketing et commerciaux de SGE d'acquérir des éléments objectifs autres que techniques ou financiers pour la comparaison du verre et du PET, en prenant en compte la perception du consommateur final.

Les deux exemples précédents montrent l'utilisation que l'on peut faire d'un profil d'ES, il sert de moyen de mesure des aspects sensoriels d'une part et d'autre part, il fournit une base visuelle objective et compréhensible par l'ensemble des acteurs d'un projet de conception.

Si nous reprenons la définition du profil sensoriel : « *description des propriétés sensorielles d'un échantillon dans l'ordre de leur perception avec attribution d'une valeur d'intensité pour chaque propriété* ». Cette définition peut être complétée par l'apport et la finalité du profil en conception de produit : Le profil

sensoriel est une *description des propriétés sensorielles d'un échantillon dans l'ordre de leur perception avec attribution d'une valeur d'intensité pour chaque propriété*. Il constitue un mode de représentation intermédiaire compréhensible par tous les acteurs d'un projet et permettant de prendre en compte la qualité sensorielle des produits à tout moment de la conception.

Le profil sensoriel répond aux trois propriétés suivantes :

- Traducteur des aspects sensoriels d'un produit en éléments identifiables et quantifiables.
- Transversal pour permettre la communication sur ces aspects entre les différents acteurs : le marketing, les concepteurs, le consommateur.
- S'applique à n'importe quels types de produits, n'importe quel type de manufacture.

Ce mode de représentation appropriable par tous les acteurs de la conception a aussi largement contribué à la diffusion de l'ES chez SGE. Nous étions en droit de nous demander si l'application de l'ES à la caractérisation de surface suffirait pour intégrer l'ES au processus de conception. Or la présentation des profils obtenus pour les deux applications précédentes a largement contribué à convaincre de l'utilité d'un tel outil. Nous pouvons schématiser l'apport du profil sensoriel de la façon suivante, Figure 82 :

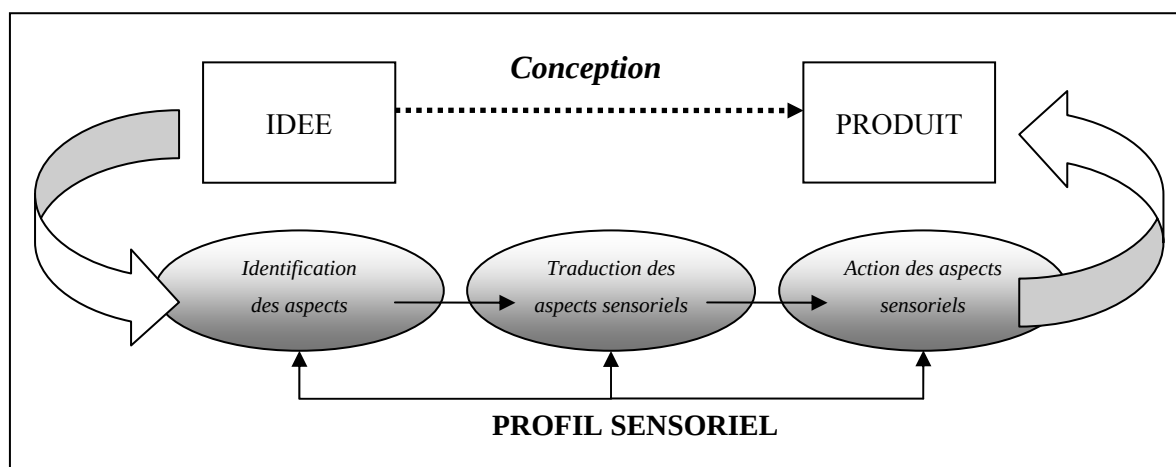


Figure 82 : Apport du profil sensoriel en conception de produit

6.1.3 Apport de l'ergonomie à l'ES des emballages

Nous avons fait appel à l'ergonomie dans le but de combler un manque méthodologique concernant l'ES tactile des emballages : comment prendre en compte la diversité gestuelle liée à l'utilisation des emballages ? Nous avons vu qu'il était impossible de reproduire en laboratoire l'ensemble des gestes effectués par un utilisateur. Nous avons abordé cette problématique sous l'angle suivant : les gestes influencent-ils la réponse sensorielle tactile d'un panel expert ? Pour répondre à cette problématique, nous avons du faire appel à

un autre domaine, un domaine qui étudierait, entre autres, les gestes humains. Très rapidement, l'ergonomie a été identifiée comme discipline adéquate pour répondre à cette problématique.

L'intervention d'un ergonome a permis de faire une analyse poussée des gestes en montrant comment un panel d'expert travaillait. D'autre part, cette analyse ergonomique a contribué à l'établissement d'un protocole reproductible par l'ensemble des panélistes. Les réponses sensorielles des panels lorsque les gestes étaient libres ou imposés s'est avérée identique. Nous pouvons donc répondre en partie à la question de l'influence des gestes : les gestes ne semblent pas influencer la réponse sensorielle tactile d'un panel expert. C'est en particulier l'apport de l'ergonomie qui nous a permis de répondre à cette question.

L'apport de l'ergonomie a permis de combler cette difficulté méthodologique lors de la constitution d'un panel d'experts pour l'emballage, bien que les gestes doivent être abordés du point de vue des protocoles, il est inutile de les standardiser pour tous les membres d'un panel.

Nous avons observé un autre résultat lié à cette expérimentation : la volonté de SGE d'intégrer les aspects ergonomiques dans la conception des emballages au même titre que les aspects sensoriels. La démonstration de l'apport de l'ergonomie à l'ES a largement contribué à la prise de conscience de l'importance de toutes les mesures d'effort et de facilité d'utilisation des emballages. Nous pouvons alors émettre le résultat suivant : l'ES a permis l'intégration d'un nouvel outil de l'I.C.H, l'ergonomie. Elle peut être considérée comme moteur de l'ICH. Ce résultat est représenté sur la Figure 83 ci-dessous.

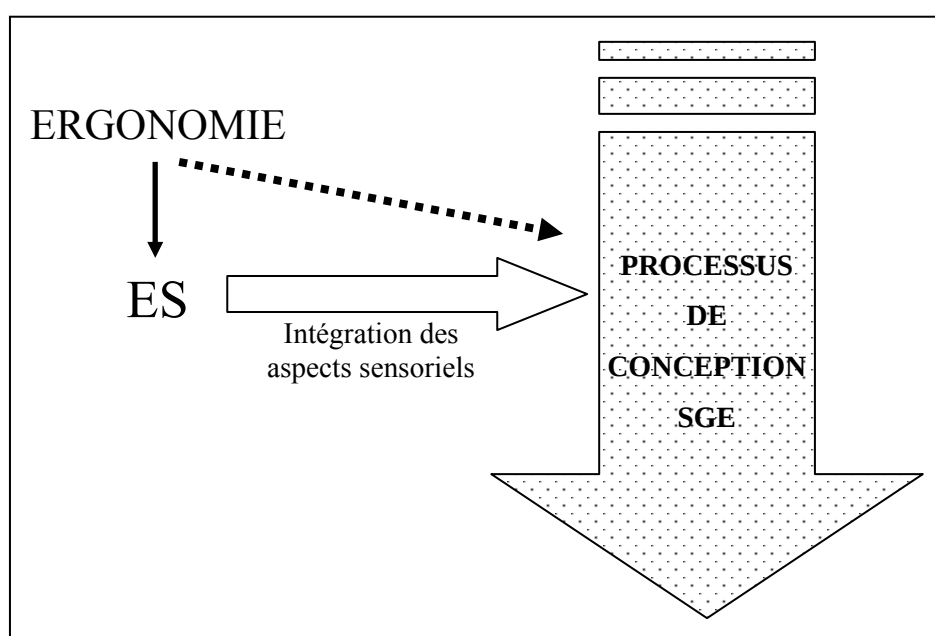


Figure 83 : l'ES, voie d'intégration de l'ergonomie dans le processus de conception chez SGE

6.2 L'ES, instrument méthodologique pour la conception

Nous venons de voir à travers les expérimentations l'apport de l'ES à la conception en tant que :

- Modélisation de représentation intermédiaire des aspects sensoriels d'un produit
- Moteur de l'ICH, permettant l'intégration d'autres domaines de l'ICH dans le processus de conception

Mais à ce stade, peut-on réellement parler d'outil de conception ? L'ES répond-elle à tous les critères définissant un outil de conception ?

6.2.1.1 Les devoirs de l'outil de conception

Il n'existe pas vraiment dans la littérature de cartographie ou de liste résumant les critères auxquels doit répondre un outil pour être considéré comme un outil de conception. Les éléments intéressants auxquels nous pourrions nous reporter sont le distinguo que fait le professeur Robert Duchamp entre les disciplines classiques, les disciplines nouvelles et les disciplines carrefour, et le classement et la carte d'identité des outils de conception faites par Philippe Vadcard.

Les trois disciplines répertoriées par le professeur Robert Duchamp sont [DUC 99] :

Les disciplines classiques, propres à l'ingénieur, elles comprennent, entre autres, la mécanique, les sciences des matériaux, l'informatique, l'électronique, etc. Tout ingénieur doit les connaître pour savoir à quel moment il doit faire appel à un expert pour résoudre un problème spécifique.

Les disciplines nouvelles comme la sûreté, la qualité ou la fiabilité. Elles ne sont pas réellement nouvelles dans le sens où les industriels les utilisent depuis que l'industrie existe, mais elles n'ont été appliquées que relativement récemment à la conception de produit.

Les disciplines carrefour englobent d'autres champs de connaissance, à priori, indépendants des acquis traditionnels de l'ingénieur et des savoir-faire industriels. Ce sont des disciplines qui révèlent des sciences du comportement, de la psychologie et de la sociologie. Elles sont définies en tant que disciplines carrefour car elles traversent toutes les autres interventions qui constituent la discipline globale « Conception de produits nouveaux ». Leur pertinence transversale les amène à croiser, à un moment ou à un autre, les autres expertises impliquées dans la démarche. Elles se présentent donc bien comme des carrefours qui donnent l'occasion aux différents acteurs de confronter les contraintes propres à leurs métiers à des exigences qui en sont indépendantes. Elles procurent ainsi une remarquable opportunité de communication entre les disciplines qui, sans elles, pourraient avoir tendance à s'ignorer. En imposant des valeurs communes à des acteurs qui travaillent en parallèle à l'intérieur de systèmes de valeurs relativement cloisonnés, elles leur proposent un mode de collaboration plus ouvert et plus interactif.

Dans cette même pensée, certains auteurs, eux, distinguent les outils métiers des outils interdisciplinaires.

En complément de cette première définition des disciplines carrefour indispensables au bon déroulement du processus de conception, Philippe Vadcard a synthétisé dans sa thèse une liste des outils de conception qu'il a regroupés en sept familles, Tableau 21 :

Tableau 21 : Familles d'outils de conception de produit [VAD 96]

Familles d'outils de conception	Fonctions des outils	Définition de l'outil
Famille n°1	Outils de caractérisation pluridisciplinaire du besoin	Caractérisation de l'environnement du futur produit (analyse du marché, analyse de la concurrence...etc.)
Famille n°2	Outil de créativité	Mise à jour des concepts de solution (par exemple la créativité)
Famille n°3	Outil de définition de solution	Caractérisation des attributs du futur produit (définition des éléments indispensables au produit).
Famille n°4	Outils de matérialisation de solution	Matérialisation des solutions ou des éléments ou des éléments de solutions possibles
Famille n°5	Outils d'analyse de solution	Réalisation de l'analyse critique des solutions ou des principes de solution (par exemple (AMDEC)
Famille n°6	Outil de management de projet	Organisation et gestion du travail interdisciplinaire de la conception (GANTT)
Famille n°7	Outil qualité	Amélioration des performances d'une ou plusieurs caractéristiques d'un produit ou service.

C'est à la famille n°4 que l'on va s'intéresser plus particulièrement, car ces outils interviennent dans la matérialisation sensorielle et représentation intermédiaire du produit lors de la conception. Ces représentations intermédiaires du produit sont d'une très grande efficacité puisqu'elles constituent des outils interdisciplinaires dans la démarche de conception de produits. Nous retrouvons ici cette notion de *discipline carrefour*.

A partir de ces éléments nous pouvons affirmer que l'ES répond aux caractéristiques des disciplines carrefour, et peut-être désignée comme instrument méthodologique de conception, à part entière.

Comme toute discipline carrefour ou discipline de conception, l'ES doit être replacée dans le processus de conception.

6.2.1.2 Place de l'ES dans le processus de conception

Reprenons la Figure 28, du § 3.5.2, définissant le produit emballage suivant les 3 composantes : valeur fonctionnelle, valeur d'estime et valeur d'échange et la Figure 27 du § 3.5.1 qui définit le processus de conception comme la transformation d'une idée en produit, avec notamment la nécessité de produit ou représentation du produit intermédiaire. En effet, pour le développement du produit, chacune des valeurs citées précédemment devra être transformée en valeurs concrètes liées aux produits, Figure 84.

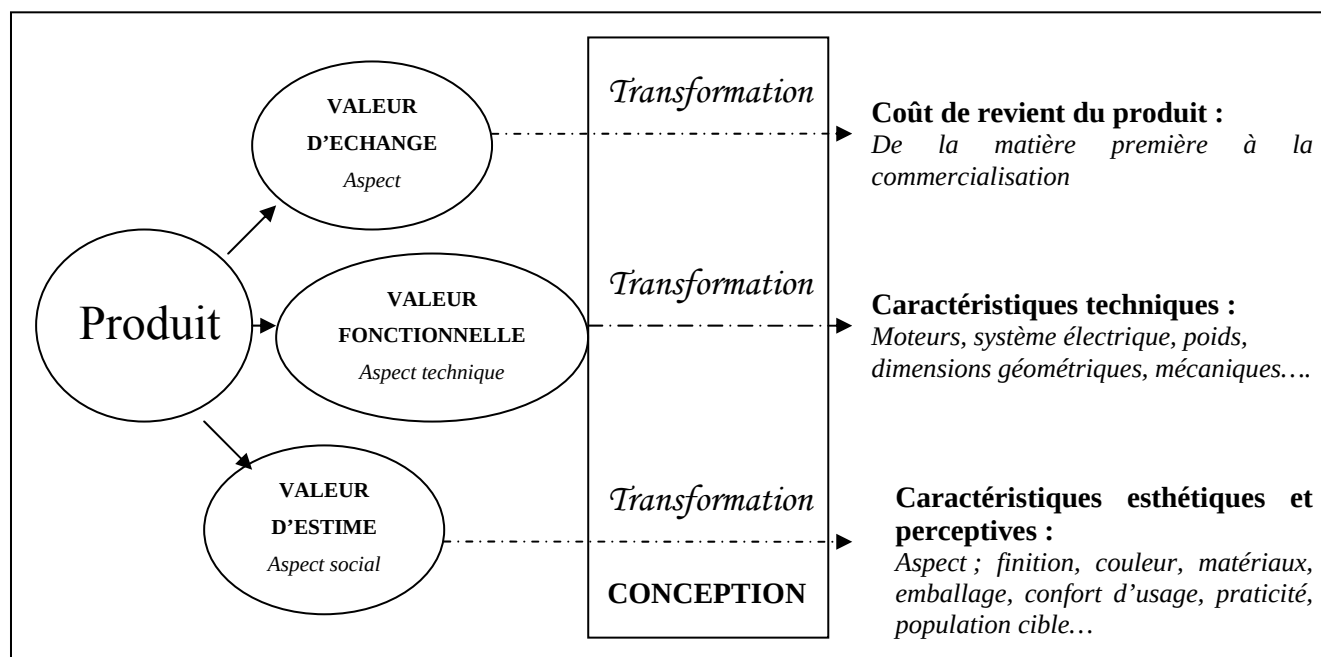


Figure 84 : la conception des 3 valeurs d'un produit, le passage de l'idée aux caractéristiques matérielles

Les trois transformations représentées ci-dessus reposent sur des fonctions, des services de l'entreprise. Ceux sont les services de l'ingénierie qui sont chargés de traduire cette idée de produit en termes techniques⁸¹. La définition des caractéristiques techniques se fait la plupart du temps dans un bureau d'études, dans un atelier de création, dans les services de recherche et développement, ou pour des petites entreprises comme les PME/PMI le développement technique du produit sera réalisé par l'ingénieur de la société. Le coût de revient du produit, lui, sera établi tout au long du processus de conception puisque plusieurs acteurs donneront leur contribution : coût des matières premières, coût de fabrication, coût de conditionnement, de transport, de publicité. **La transformation de la valeur d'estime en caractéristiques identifiables ou matérielles sera réalisée par les disciplines de l'ICH, dont l'ES pour la modélisation des aspects sensoriels.** La contribution de chaque type d'ingénierie est schématisée sur la Figure 85 :

⁸¹ Nous ferons une analogie entre les services d'ingénierie qui participent à la concrétisation de l'idée et les concepteurs, qui sont les personnes participant au processus de conception, donc ni plus ni moins que les ingénieurs, les designers, les ergonomes, les qualitatifs...etc.

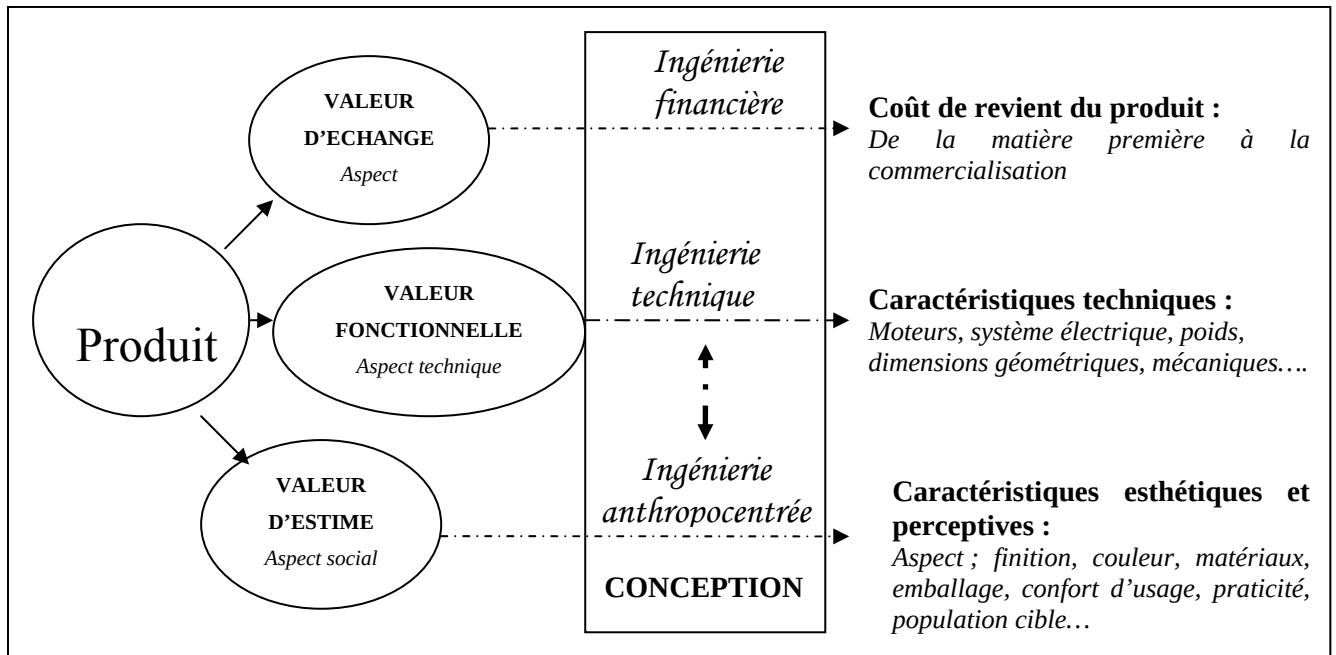


Figure 85 : Place de l'ingénierie anthropocentrée dans le processus de conception

Nous venons de replacer l'ICH au centre du processus de conception, au même titre que l'ingénierie technique ou financière. Or ne l'oublions pas, le produit est avant tout destiné à un marché et à des consommateurs ou utilisateurs finaux, nous devons les replacer dans notre processus et montrer comment l'ES par la modélisation des aspects sensoriels (l'identification, leur traduction et l'anticipation de leur action sur le consommateur) peut permettre de faire le lien (en tant que discipline carrefour) entre le service marketing (souvent à l'origine des idées de nouveaux produits), les acteurs de la conception et le consommateur final. Nous pouvons réintroduire à ce stade la théorie de la proxémie, chère au marketing sensoriel (§3.1.2.3) qui peut rendre compte de l'impact de certains aspects sensoriels, Figure 86.

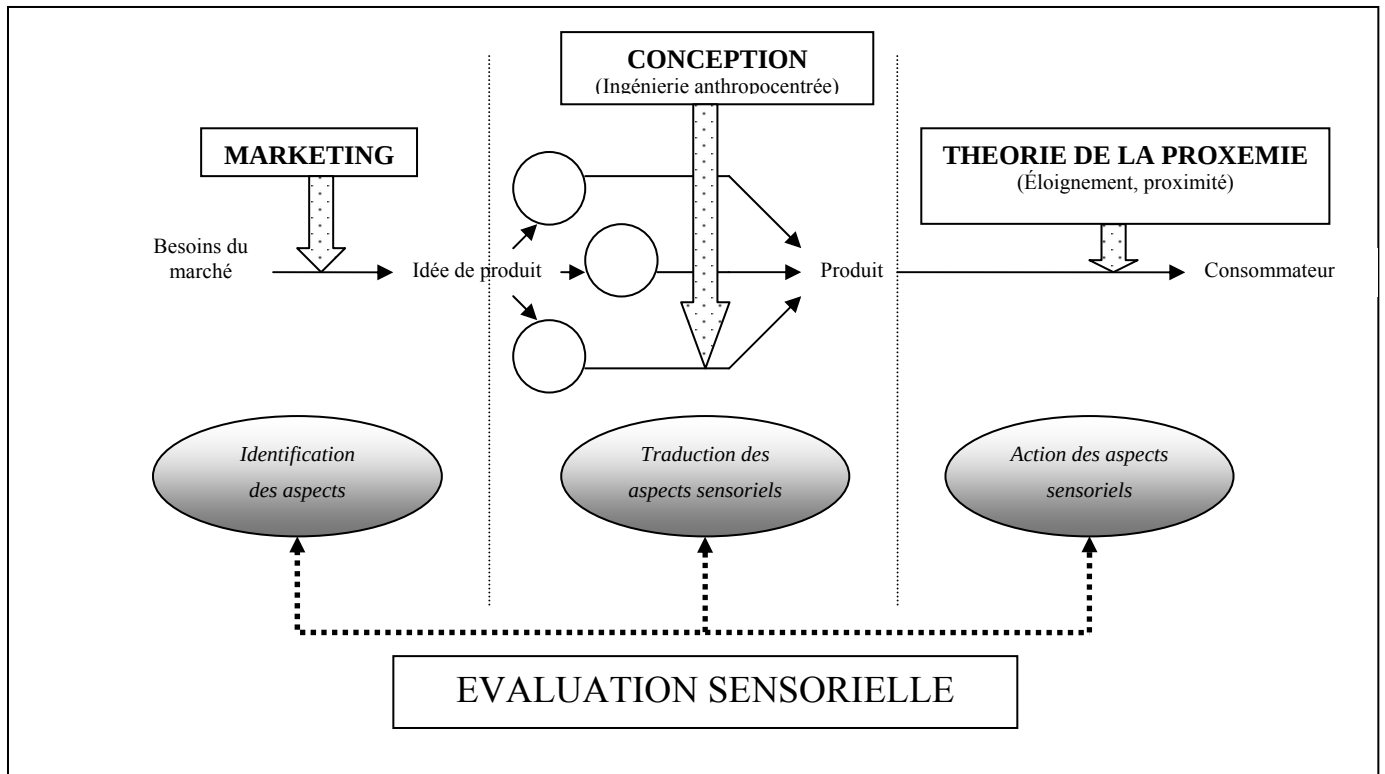


Figure 86 : Place des aspects sensoriels au cours de la conception de produits

L'ES, instrument méthodologique de la conception, apporte une vision transversale à tous les acteurs de la conception, de l'idée du produit jusqu'à l'impact sur le consommateur final.

6.3 Synthèse des apports

6.3.1 Apports industriels

Nous verrons dans les perspectives que l'ES est devenu un outil de conception chez SGE, les apports directs sont :

- La contribution de l'ES à l'optimisation d'un procédé de dépolissage
- Objectivation de la comparaison du verre et de ses matériaux concurrents, en apportant une représentation des aspects réellement perçus de ces matériaux.
- L'ES a permis l'intégration de l'ergonomie pour la conception des emballages.

Bien sûr, nous pourrions nous poser la question sur le fait que l'expérimentation industrielle aurait pu être abordée autrement, notamment dans l'intégration de l'ES directement dans des projets clients. Or comme Flore Perrin a pu le montrer dans son travail de recherche, l'intégration d'une nouvelle méthode en entreprise est sujette à de nombreuses réticences. Nous n'avons pas échappé à cette règle, surtout dans un contexte d'industrie lourde comme SGE. La phase de valorisation de l'outil par la démonstration sur des

projets amont ou en marge du cœur de processus de conception a été inévitable. Cette phase a permis de donner une crédibilité à notre projet et l'intégration dans le processus en sera simplifiée. L'apport industriel le plus marquant, ou symbolique est qu'aujourd'hui tout le personnel dirigeant et encadrant connaît cet outil et son intérêt pour SGE. L'intégration de l'ES n'aurait pas pu se faire autrement que par cette première phase de démonstration.

6.3.2 Apports de recherche

Du point de vue de la recherche, notre apport se situe à deux niveaux : un apport méthodologique à l'ES pour les emballages et un apport pour la conception de produit :

- Apport méthodologique concernant la prise en compte des gestes lors d'une évaluation tactile d'objets en trois dimensions comme les emballages.
- Apport à la conception de produit en définissant l'ES en tant qu'instrument méthodologique pour la prise en compte des aspects sensoriel et comme moteur de l'ICH.
- Apport en conception en replaçant l'ES dans le processus de conception.

Les limites concernant notre approche en recherche concernent :

- La validation des listes de descripteurs par les statistiques
- La pondération des descripteurs dans la perception tactile et visuelle, en évaluant leur importance.
- La corrélation des mesures sensorielles avec des données subjectives, telles que les préférences consommateurs.

6.4 Perspectives

L'ES constitue désormais un outil de conception pour SGE, tous les acteurs qui ont participé à ce projet « polysensorialité des emballages » ont acquis et intégré toutes les notions de l'ES. Certains utilisent désormais le langage des descripteurs pour parler des emballages, notamment en les valorisant. Comme nous l'avons vu dans la partie sur les problématiques d'intégration de nouvelles disciplines en entreprise, la phase de démonstration est accomplie et réussie. En revanche pour parler d'intégration totale, il est encore nécessaire de travailler sur les deux autres leviers de l'intégration c'est-à-dire : **diffusion et appropriation**. La phase de diffusion a été réalisée à la fin des expérimentations du projet de thèse au cours d'un stage ingénieur : pendant trois mois des tests simples d'ES ont été mis en place sur les différents sites industriels du pôle (sièges, usines, bureau d'études), six cents personnes du pôle ont participé à ces tests. De plus une campagne d'information a été diffusée sur l'intranet de la société pour faire connaître l'existence de l'utilisation de l'ES et l'intérêt pour le pôle, voir encadré ci-dessous :

Analyse sensorielle : une démarche inédite | 07/11/2005

Une campagne d'analyse des perceptions sensorielles, tactiles et visuelles, du verre d'emballage vient d'être menée au sein du pôle Conditionnement en France. Elle s'inscrit dans le cadre d'une thèse initiée par Saint-Gobain Emballage il y a 3 ans et soutenue par la Direction de la Recherche du Groupe, sur l'importance de la prise en compte des sensations perçues dès la conception des emballages. L'analyse sensorielle est une méthode scientifique qui permet de mesurer, d'analyser et d'interpréter les caractéristiques perçues de produits à travers les organes des sens. Son objectif ? Apporter une valeur ajoutée au produit, en réponse à des problématiques industrielles et marketing. Le principe de cette campagne en interne était également d'impliquer un grand nombre de salariés des sociétés Saint-Gobain Emballage et Saint-Gobain Desjonquères, afin de renforcer leur sensibilité produit. Des séances d'évaluation sensorielle ont été menées pendant 3 mois sur les sites industriels de Sucy-en-Brie, Mers-les-Bains, Chalon sur Saône, Cognac, Vauxrot et au siège des Miroirs. Au total, 600 personnes, ouvriers, agents de maîtrise et cadres, ont été mobilisées pour ce projet : « La majorité des salariés, notamment en usine, n'avait jamais participé à des tests consommateurs, précise Frédéric Blaisot, responsable des ressources humaines de l'usine de Sucy-en-Brie. Fier d'être sollicité, le personnel était soucieux de bien répondre, et curieux de connaître la « bonne réponse » ! ». La démarche est inédite dans le Conditionnement. Au niveau marketing d'abord, les études ont permis d'analyser l'impact sensoriel de différentes gravures et techniques de dépolissage, ou encore de tester le pouvoir évocateur de certains échantillons de bouteilles. Au niveau technique ensuite, de nouvelles problématiques ont été soulevées, notamment sur les corrélations éventuelles entre des données quantitativement mesurables (degré de rugosité etc.) et le ressenti, qualitativement perçu. Au niveau social enfin, l'analyse sensorielle aura permis de fédérer toutes les catégories de personnel autour d'une démarche produit.

Ces études ouvrent des perspectives nouvelles tant pour le Conditionnement que pour d'autres Pôles au sein du Groupe.

En revanche pour une intégration totale de l'ES, il faudra passer par l'appropriation de la méthode par l'ensemble des acteurs de la conception. Dans le cas de SGE, cette appropriation se fera à partir du moment où

l'ES contribuera à la création et au développement d'un emballage avec un client. Elle pourra alors être proposée au client en tant que service supplémentaire, au même titre que la CAO ou la figuration virtuelle de l'emballage dans un linéaire.

De plus de nombreuses autres applications de l'ES pour la conception des emballages peuvent être envisagées dans un avenir proche, elles concernent toutes les étapes du processus, Figure 87 :

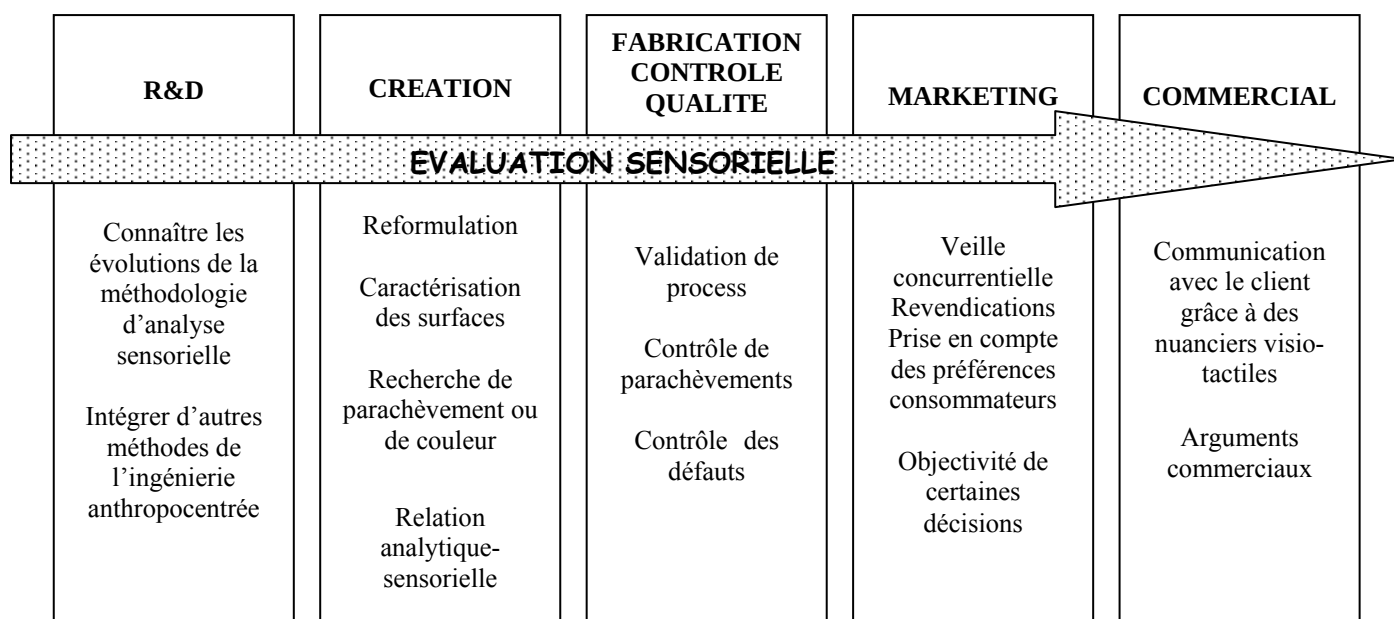


Figure 87 : Interventions potentielles de la métrologie sensorielle chez SGE

L'étendue des applications de l'ES chez SGE montre bien l'adaptabilité de la méthode à un processus de conception des emballages, **toutefois l'utilisation de l'ES pour d'autres pôles du groupe Saint-Gobain constitue une autre perspective qui est actuellement à l'étude.**

L'ES en tant que telle, possède quelques champs de recherche méthodologique à approfondir comme :

- les corrélations mesures sensorielles / mesures instrumentales
- les corrélations mesures d'efforts / aspects tactiles de surface
- les corrélations mesures sensorielles/ préférences consommateur
- apport méthodologique à la recherche de descripteur en particulier de la linguistique

Malheureusement nous n'avons pas pu aborder ces aspects lors de cette thèse, mais dans la perspective d'une appropriation de l'ES par SGE, ils devront être traités.

7 CONCLUSION

Plusieurs années de recherche pour explorer le potentiel de l'évaluation sensorielle peuvent sembler bien courtes. En effet, nous venons de rendre compte de l'éventail des applications de cet instrument méthodologique, en fournissant des données que nous transformons dans des modes de représentation intermédiaire à relier à la perception du consommateur. Elles nous ont servi de levier pour optimiser des procédés, rendre plus « collaboratif » le processus de conception. De plus, l'utilisation de termes mis en commun par l'explicitation consensuelle de leurs définitions aboutit à la création d'un langage. Le vocabulaire partagé, que sont les descripteurs, par l'ensemble des acteurs, donne un référentiel commun précieux aux concepteurs qui devront traduire, dans la plupart des cas, les demandes du marketing, censées elles-mêmes traduire les besoins des consommateurs.

Notre travail de recherche présente l'originalité d'avoir appliqué l'évaluation sensorielle aux objets en trois dimensions et en particulier aux emballages, eux-mêmes devenus produits à part entière. Une optimisation du concept emballage implique donc de considérer le couple *emballage/produit* (le consommateur ayant la plupart du temps) une vision globale du couple *contenant-contenu*. Nous avons exploré une phase amont de l'évaluation sensorielle, que nous avons liée à une approche méthodique plus classique en évaluation sensorielle. Même si les caractérisations des grandeurs appartenant aux modalités sensorielles tactiles et visuelles sur les états de surface des emballages verre et ses concurrents constituent une première. Nous avons prouvé qu'il est tout à fait légitime de la part des fabricants d'emballage et/ou de produits d'étudier précisément les stimuli sensoriels dont l'interprétation cognitive entraînera l'adoption ou non d'un produit.

Les entreprises agro-alimentaires pourront, dans une certaine mesure, travailler elles aussi sur les aspects perçus de leurs emballages et ceci dès les « *briefs* » marketing. Alors que dans l'entreprise, certaines épreuves de l'évaluation sensorielle sont en train de devenir à la fois un moyen de caractérisation et de contrôle des produits. Les services Marketing et commercial utilisent le vocabulaire constitué de certains descripteurs et leurs halos de significations comme un moyen de structurer leur argumentaire et leur communication.

D'un point de vue méthodologique, l'apport de l'ergonomie s'est révélé tout à fait pertinent et a permis de rendre plus solide la mesure tactile, en montrant que le bon entraînement d'un panel expert était suffisant pour s'affranchir des influences que représentent les gestes effectués lors d'un test d'évaluation. Toujours de ce point de vue, les listes de descripteurs obtenues, même si elles corroborent celles des autres recherches investiguées dans les secteurs de l'automobile et du textile, devront être validées tout au long de leur utilisation par un autre panel. De même deux autres points ont été identifiés au cours de ces travaux et représentent un enjeu très important pour valider et mettre en relief toute une partie des résultats :

- la pondération relative de l'ensemble des descripteurs, c'est-à-dire l'identification des descripteurs intervenant pour beaucoup dans la perception de la « douceur », (grandeur catégorielle ou nominale), d'une surface de verre dépoli.
- dans les tests présentés ci-dessus nous avons obtenu une information dite « objective », où la subjectivité (passé culturel, expériences personnelles du sujet) est maîtrisée. Or, il nous manque l'approche hédonique qui évalue le degré de plaisir (ou d'aversion) procuré par un produit dans un contexte donné en déterminant les proportions de consommateurs préférant un produit à un autre. La corrélation des données sensorielles objectives avec celles à retranscrire issues des disciplines des sciences de l'Homme, humaines et sociales pourrait permettre dans un avenir proche de compléter et de mieux orienter encore les choix de conception.

L'utilité de l'évaluation sensorielle dans un processus de conception pour objectiver et mesurer des éléments subjectifs et/ou non mesurables est aujourd'hui admise dans nombreux secteurs industriels grâce aux démonstrations réalisées en recherche action. Cependant il faut bien garder à l'esprit que cet outil méthodologique nécessite le recrutement et l'entraînement d'une dizaine de personnes au minimum, et des locaux adaptés à la mesure sensorielle, l'évaluation sensorielle devient rapidement coûteuse dans les phases de maintien à niveau du panel d'experts en gestion humaine et matérielle. Ceci peut, en partie, expliquer ses utilisations quasiment exclusives par les grandes entreprises. D'autres voies, permettant une utilisation plus aisée de l'évaluation sensorielle par des plus petites entreprises seraient à explorer, notamment par des méthodes permettant de réduire le nombre de descripteurs aux plus prépondérants.

Nous pourrions nous inspirer des approches pratiquées en conception préliminaire dans les PME, où le pré-dimensionnement de pièces et pré-choix de familles de matières se côtoient et pourraient dialoguer utilement avec ce qui pourraient être des pré caractérisations sensorielles. Des travaux de recherche sont en cours sur ce sujet, avec la SNCF (Projet ACONIT, programme Predit) qui ont aboutit à un nouveau formalisme au profil sensoriel analogique qui reprend plus en amont les épreuves de catégorisation pratiquée chez PSA.

D'autre part la mise au point d'instrument de mesures des sensations, aujourd'hui, comme nous avons pu le voir reste un champ exploratoire où les seuls verrous technologiques se situent au niveau des capteurs. Mais on est en droit de penser qu'un instrument de mesure ne reproduira jamais réellement la complexité de construction d'une réalité par les sens de l'être humain. Il faut les réserver aux épreuves de qualité et de conformité, où le panel d'experts a déjà montré ses limites (habitation, saturation).

Un panel d'experts sensoriels humain s'adapte à de nombreuses problématiques, y compris celles liées à la conception, ce qui n'est bien sûr pas le cas d'un instrument physique de mesure ou d'un outil matériel. Les outils, eux, sont très utiles pour parfaire l'apprentissage des membres d'un panel.

En perspective nous pouvons envisager l'application de l'évaluation sensorielle à d'autres pôles du groupe Saint-Gobain. Aujourd'hui le groupe Saint-Gobain confirme sa stratégie de s'affirmer dans la production et la fabrication des matériaux de construction. L'exemple de la société Lapeyre, enseigne du groupe Saint-Gobain est très réceptive et soucieuse de la qualité sensorielle de leurs produits. En effet, la perception tactile et la facilité d'utilisation d'une poignée de porte ou d'une fenêtre, par exemple a une influence non négligeable sur la perception de la qualité perçue et technique de la porte ou fenêtre en question. Un objet où se concentre aussi un nouvel enjeu méthodologique mariant ergonomie et évaluation sensorielle de conception.

8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

[ACU 04] : ACUNA, Diego. Méthodes scientifiques de conception de produit, approche franco-américaine. Thèse de doctorat soutenue en 2004, Ecole Nationale d'Arts et Métiers, centre de Paris.

B

[BAS et al. 04/05] : BASSEREAU, Jean-François, SIMON, Nathalie. Les bugs perceptifs, une clé de lecture orientée conception de produits pour pallier les approches technocentrées. Support de cours Master de Recherche ICI, ENSAM Labo CPI, ECP labo LGI, année scolaire 2004/05.

[BAS 01] : BASSEREAU, J-F., Le petit livre du toucher et d'autres sensations pour découvrir notre appareil perceptif et le monde qui nous entoure. Edition ENSAM, Paris, 2001.

[BAS 95] : BASSEREAU, Jean François. Cahier des Charges Qualitatif Design, élaboration par le mécanisme des sens. Thèse de doctorat ENSAM, laboratoire CPI, Paris, soutenue en 1995.

[BEN 05] : BENFRIHA, Khaled. Aide aux choix des méthodes et outils de conception : approche Neuro-floue. Thèse de doctorat en génie industriel, laboratoire CPI, Ecole Nationale d'Arts et Métiers, soutenue en 2005.

[BEL 04] : BELGNAOUI, Youssef. Quand la canette de bière se prend pour un fût. Industrie et Technologies, n°860, septembre 2004.

[BER et al. 02] : BERNADET, J-P., BOUCHEZ, A., PIHIER, S. Précis de marketing. Edition Nathan, 2002, troisième édition, p 4 et 5. ISBN : 2-0918-3089-5

[BOI 04] : Boissons de France. Le PET emballe toutes les boissons pour toutes les occasions. N°496, octobre 2004, p 91.

[BON 86] : BONNET, Claude. Manuel pratique de psychophysique. Ed. Armand Colin, Paris, 1986.

[BOT 91] : BOTREL, Jacques. L'emballage, environnement socio-économique et juridique. Ed. Lavoisier TEC&DOC, 1991.

[BRA et al. 95] : BRAUN, C.C., SILVER, N.C. Interaction of signal word and colour on warning labels : differences in perceived hazard and behavioural compliance. Ergonomics, 38(11) p 2207-2220

[BRI 04] : BRINGUY, Sophie. Aiguiser son toucher avec Sensotact®. Contrôles, Essais, mesures, octobre 2004.

C

[CAL 03] : CALONNIER, Maurice. Toucher pour l'industrie du textile. Extrait des Actes de la réunion plénière du club Tribologie de l'association ECRIN, 9 octobre 2003.

[CAR 03] : CARDELLO, Armand V., WINTERHALTER, Carole and SHUTZ, Howard G. Predicting the Handle and Comfort of Military Clothing Fabrics from Sensory and Instrumental Data: Development and Application of New Psychological Methods. Textile Research Journal, vol.73(3), p 221-237, 2003.

[CHA 94]: CHAPANIS, A. Hazard associated with three signal words and four colours on warning signs. Ergonomics, 37(2), p 265-275, 1994.

[CHA 99] : CHATAIN, Michel. Conception d'un objet. Techniques de l'Ingénieur, Traité Plastiques et Composites, AM3810, juillet 1999.

[CHA 01] : DU CHAZAUD, Henri-Bertrand. Dictionnaire de synonymes et contraires. Edition Dictionnaires Le Robert, Paris, 2001.

[COC 02] : COCHOY, Franck. Une sociologie du packaging ou l'âne de Buridan face au marché. Presses Universitaires de France, Sciences Sociales et Sociétés, première édition, 2002. ISBN : 2-1305-2356-9

[COT et al. 02] : COTTAM, M., HODSKINSON, M.G. and SHERRINGTON, I. Development of a design strategy for an established semi-technical product. A case study of a safety harness for tree workers. Design Studies, volume 23, n°1, January 2002.

[CRI 97] : Club CRIN, Logique Floue. Evaluation subjective, Méthodes, Applications et Enjeux. Les cahiers du club CRIN, 1997, p 16-22. ISBN : 2-912154-00-6

[CRO et al. 04] : CROCHEMORE, Sébastien, NESA, Daniel, COURDEC, Stéphane. Analyse sensorielle des matériaux d'habitacle automobile : toucher/vision. Les techniques de l'ingénieur, chapitre AM 3-292, avril 2004.

[CRO 05] : CROCHEMORE, Sébastien. Sensotact®, le premier référentiel tactile. Site web officiel du Sensotact®, consulté le 16 juin 2005 à l'adresse : <http://www.sensotact.com/sensotact.html>

D

[DAC et al. 98] : DACREMONT Catherine, ROGER C., SAUVAGEOT F. Replicated Triangle Tests : Effect of feed back and Product Comparison on Performance. Journal of Sensory Studies, vol. 13, pp. 413-433.

[DAN 94] : DANO, Florence. Contribution de la sémiotique à l'étude des attentes et représentations des consommateurs à l'égard du packaging. Thèse de doctorat en sciences de gestion à l'Université Paris Dauphine, soutenue en 1994.

[DAU et al. 02] : DAUCE, Bruno, RIEUNIER, Sophie. Le marketing sensoriel du point de vente. Recherche et Applications en Marketing, vol. 17, n°4, 2002, p 46-65.

[DAV 72] : DAVIDSON, P.W. Haptic judgments of curvature by blind and sighted humans. Journal of Experimental Psychology, Vol. 93, p 43-45.

[DAV et al. 74] : DAVIDSON, P.W., & WHITSON, T.T. Haptic equivalence matching of curvature by blind and sighted humans. Journal of Experimental Psychology, Vol. 102, p 687-690.

[DAY 76] : DAYAN, Armand. Le Marketing. Que sais-je, Edition puf, première édition 1976, dixième édition 2001. ISBN : 2-1305-1699-8

[DEF 81] : DEFORGES, Y. Le graphisme technique son histoire et son enseignement. Edition Champ Villon, 1981.

[DEM 01] : DEMEURE, Claude. Marketing. Editions Sirey, 2001, troisième édition p 5.

[DEP 98] : DEPLEDT, Félix. Evaluation Sensorielle, manuel méthodologique. Editions Lavoisier TEC & Doc, 2^{ème} édition, 1998.

[DET et al. 02-1] : DETERRE, Rémi., SARDA, Alain. Dispositif de mesure du rendu thermique d'un matériau. Brevet n° FR0210749, déposé par la société Renault SAS au nom des sociétés Renault, Total Fina Elf, Visteon, Valéo, Trèves, le 30 août 2002, et paru le 5 mars 2004.

[DET et al. 02-2] : DETERRE, R., VERGNEAULT, C. SARDA, A. Le doigt thermique : une réponse innovante à la caractérisation sensorielle des produits. Extrait du colloque S.I.A, Société des ingénieurs de transport automobile et ferroviaire, 2 décembre 2002.

[DIC 92] : Dicomarketing, l'essentiel du marketing de A à Z. Les éditions de l'organisation, The Economist Books, 1992. ISBN : 2-7081-1401-8

[DIR 94] : Directive du Parlement et du Conseil UE 94/ 62 du 20/12/1994 relative aux emballages et aux déchets d'emballage (publ. JOCE n°265 du 31/12/1994).

[DIV et al. 01] : DIVARD, R. et URIEN, B. Le consommateur vit dans un monde en couleurs. Recherche et Applications en Marketing, volume 16, n°1, p 3-24, 2001.

[DUB et al. 97] : DUBOIS, D., ROUBY, C., SICARD, G. Catégories sémantiques et sensorialités : de l'espace visual à l'espace olfactif. Enfance, Edition B. Schaal, n°spécial « L'odorat chez l'enfant », 1997.

[DUC 99] : DUCHAMP, Robert. Méthodes de conception de produits nouveaux. HERMES Science Publications, Paris, 1999.

[DUC et al. 02] : DUCHAMP, R., BASSEREAU, J-F., DUBOIS, P., LUONG THI HONG, L. Procédé et dispositif de contrôle sensoriel de la surface extérieure d'un objet. Brevet n° FR2849185, déposé le 30 août 2002.

F

[FEC 1860] : FECHNER, G.T., Elemente der Psychophysik. Breitkopf und Hartel, heipzig, 1860 (republié en 1964 par Bonset, Amsterdam).

[FEN 02] : FENNETEAU, Hervé. Enquête : entretien et questionnaire. Edition Dunod, Paris 2002, p 33. ISBN : 2-1000-5792-8

G

[GAR 30] : GARETT H. Great Experiments in Psychology, New York, The century Co, 1930.

[GEN et al. 02] : GENTAZ, Edouard, HATWELL, Yvette. Le toucher, un sens trompeur? Pour la Science, n°293, mars 2002

[GIB et al. 01] : GIBOREAU, Agnès, NAVARRO, Séverine, FAYE, Pauline, DUMORTIER, Jacqueline. Sensory evaluation of automotive fabrics: the contribution of categorization tasks and non verbal information to set-up a descriptive method of tactile properties. Food Quality and Preference, vol. 12, p 311-322, 2001.

[GIL 99] : GILARDI, Jean-Claude. Dictionnaire de la mercatique. Etudes, stratégies, actions commerciales. Edition Foucher, Paris, 1999. ISBN : 2-2160-8486-7.

[GUI et al. 98] : GUICHARD, N. LEHU, J.M. VANHEEMS, R. Marketing du cinquième sens : l'aromachologie au service de la stratégie marketing ? Décision Marketing, n°14, p 7-17, 1998.

H

[HAL 69] : HALL, T. Edward. The hidden dimension: Man's use of space in public and private. Ed. Bodley Head, London, 1969.

[HAT et al. 00] : HATWELL, Yvette, STRERI, Arlette et GENTAZ, Edouard. Toucher pour connaître, psychologie cognitive de la perception tactile manuelle. Editions P.U.F, 1^{ère} édition, 2000.

[HET 02] : HETZEL, Patrick. Planète conso, marketing expérientiel, et nouveaux univers de consommation. Edition d'Organisation, 2002. ISBN : 2-7081-2660-1.

[HOF 03] : HOFFMAN, Jean. Extrudes aluminium bottles: next big packaging trend? Packaging Design Engineer, novembre 2003, p 22-29.

[HOL et al. 00] : HOLLINS, Mark, BENSMAÏA, Sliman, KARLOF, Kristin and YOUNG, Forrest. Individual differences in perceptual space for tactile textures: evidence from multidimensional scaling. Perception & Psychophysics, Vol. 62 (8), p 1534-1544, 2000.

[HOM 62] : HOMANS, Gaspard. Sentiments and Activities. Routledge and Kegan Paul, 1962.

[HOM 61] : HOMANS, Gaspard. Social Behavior, its elementary Forms. Harcourt, 1961.

I

[IMR et al. 88] : IMRHAN, S.N., LOO, C.H. Modelling wrist-twisting strength of the elderly. Ergonomics, vol. 31, n°12, 1988, p 1807-1819.

[ING 97] : L'ingénierie centrée sur l'homme. Rapport issu des Technologies Clés, disponible au centre de documentation du Ministère de l'Industrie, de la Poste et des Télécommunications, 1997, p 17-19, 29-49.

[ISO 5492, 92] : Analyse sensorielle - Vocabulaire. - AFNOR, mai 1992.

[ISO 8586-1, 93] : Analyse sensorielle - Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets, partie 1 : sujets qualifiés. - AFNOR, 1993.

[ISO 8586-2, 94] : Analyse sensorielle - Guide général pour la sélection, l'entraînement et le contrôle des sujets, partie 2 : Experts. - AFNOR, 1994.

[ISO 11035, 95] : Analyse sensorielle - Recherche et sélection de descripteurs pour l'élaboration d'un profil sensoriel, par approche multidimensionnelle. – AFNOR, 1995.

[ISO 13299, 95] : Analyse sensorielle – Méthodologie – Directives générales pour l'établissement d'un profil sensorielle. – AFNOR, 1995.

[ISS et al. 04] : ISSA, Manal, SCHACHER, Laurence, ADOLPHE, Dominique C. Les invariants de la caractérisation tactile des étoffes. Extrait des actes de la deuxième journée Le Sensolier, 7 octobre 2004, Paris.

J

[JAC 02] : JACQUESON, Loïc. Intégration de l'environnement en entreprise : proposition d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris, soutenue en 2002.

K

[KAW 80] : KAWABATA, S. The standardization and anlysis of hand evaluation. Osaka, (2nd Ed.): The Textile Machinery Society of Japan.

[KOE 04] : KOEHL, Jean-Luc. Le marketing sensoriel. Page :
<http://www.educnet.education.fr/ecogest/veille/mercatique/gc10.htm>, consultée le 21 octobre 2004.

L

[LAD 99] : LADWEIN, Richard. Le comportement du consommateur et de l'acheteur. Editions Economica, 1999.

[LAN et al. 99] : LANGE, Christine, ROUSSEAU, F. ISSANCHOU, S. Expectation, liking and purchase behaviour under economical constraint. Food Quality and Preference, volume 10, p 31-39, 1999.

[LAN 00] : LANGE, Christine. Etude de l'effet des caractéristiques sensorielles, des attentes induites par l'information et du prix sur l'acceptabilité et le comportement d'achat du consommateur. Thèse de doctorat en sciences de l'alimentation à l'Université de Bourgogne, soutenue en mai 2003.

[LAN et al. 00] : LANGE, C., ISSANCHOU, S., COMBRIS, P. Expected versus experienced quality: trade-off with price. Food Quality and Preference, volume 13, p 597-608, 2002.

[LAN et al. 02] : LANGE, C., MARTIN, C., CHABANET, C., COMBRIS, P., ISSANCHOU, S. Impact of the information provided to consumers on their willingness to pay for Champagne: comparison with hedonic scores. Food Quality and Preference, volume 11, p 289-297, 2000.

[LEB 01] : LEBORGNE, Cédric. Proposition d'une démarche anthropocentrée de conception de produits nouveaux basée sur l'usage et destinée à une meilleure intégration, par l'ergonome, des besoins et des attentes des usagers. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris, soutenue en 2001.

[LED et al. 87] : LEDERMAN, S.J. & KLATZKY, R.L. Hand movements: A window into haptic object recognition. Cognitive Psychology, 19, p 342-368, 1987.

[LED et al. 93] : LEDERMAN, S.J. & KLATZKY, R.L. Extracting object properties through haptic exploration. Acta Psychologica, 84, p 29-40, 1993

[LEF 02] : LEFEBVRE, Anne. Prise en compte de la perception des consommateurs dans la conception des emballages en verre. Mémoire de DEA, effectué en 2001/2002 à l'Ecole d'Arts et Métiers au laboratoire CPI et soutenu en septembre 2002.

[LEM 03] : LEMOINE, Jean-François. Vers une approche globale de l'atmosphère du point de vente. Revue Française du Marketing, n°194, septembre 2003, p 83-101.

[LEP 05] : LEPOCHAT, Stéphane. Intégration de l'eco-conception dans les PME : Proposition d'une méthode d'appropriation de savoir-faire pour la conception environnementale des produits. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris, spécialité génie industriel, soutenue en 2005.

[LEQ, 92] : LE COQ, Marc. Approche intégrative en conception de produits. Thèse de doctorat soutenue à l'ENSAM en 1992.

M

[MAG 04] : MAGAUD, Christelle. Packaging, les distributeurs innoveront sur leurs marques. Points de Vente, n°942/943, 8 novembre 2004 p 59-65.

[MEI et al. 99] : MEILGAARD, Morten, CIVILLE, Gail Vance, CARR, B. Thomas. Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, third Edition, 1999.

[MEI 01] : MEINGAST, Melissa. Increasing attention and retention of warning : effects of container hazardousness, warning quality, and severity of injury. Proceedings of the Human Factors and ergonomics society 45th Annual Meeting, 2001.

[MER 96] : MERMET, Gérard. Tendances 1996, le nouveau consommateur. Edition Larousse, Paris 1996, p 12,13 ,25. ISBN : 2-0350-4095-7

[MIL 95] : MILLET, Dominique. Prise en compte de l'environnement en conception : proposition d'une démarche d'aide à la conception permettant de limiter les ponctions et rejets engendrés par le produit sur son cycle de vie. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris, spécialité génie industriel, soutenue en 1995.

[MIL et al. 05] : MILLET, P.A., NEUBERT, G., BOTTA-GENOULAZ, V. Une approche outillée de l'intégration. 6^{ème} Congrès International de Génie Industriel, Besançon, 2005.

[MIN 03] : MINEL, Stéphanie. Démarche de conception collaborative et proposition d'outils de transfert de données métiers : application à un produit mécanique « le siège automobile ». Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers Paris, spécialité génie industriel, soutenue en 2003.

[MOL 90] : MOLES, Abraham. Les sciences de l'imprécis. Editions du Seuil, mars 1990. ISBN 2-02-011620-0.

[MOL et al. 77] : MOLES, Abraham, ROHMER, Elisabeth. Théorie des actes, vers une écologie des actions. Edition Casterman, 1977.

[MUC 94] : MUCCHIELLI, A. Les méthodes qualitatives. Que Sais-je, Presses Universitaires, 2^{ème} édition corrigée, pp 3,15, 1994.

[MUR et al. 00] : MURRAY, J.M., DELAHUNTY, C.M. Mapping consumer preference for the sensory and packaging attributes of Cheddar cheese. Food Quality and Preference, volume 11, p 419-435, 2000.

N

[NES et al. 04] : NESA, Daniel, CROCHEMORE, Sébastien, COURDEC, Stéphane. Analyse sensorielle des matériaux d'habitacle automobile : olfaction. Les techniques de l'ingénieur, chapitre AM 3 291, pp 8 à 10, janvier 2004.

P

[PER 05] : PERRIN-BRUNEAU, Flore. Proposition d'une démarche d'intégration de nouvelles méthodes en conception : élément pour la définition du rôle de l'intégrateur méthode. Thèse de doctorat, Ecole nationale d'Arts et Métiers, laboratoire CPI, Paris, soutenue en 2005.

[PHI et al. 02] : PHILIPPE, F., SHACHER, L., ADOLPHE, D., DACREMONT, C. Développement d'une méthodologie d'analyse sensorielle tactile des textiles. Extrait des Actes de la journée CRESPIIM, Université de Haute Alsace, 24 janvier 2002. Consultation en ligne possible à : http://www.crespim.uha.fr/pdf/pdf_24_janvier_2002/crespim-philippe.pdf , dernière consultation effectuée le 19 octobre 2005.

[PIE 51] : PIERON, Henri. Vocabulaire de la psychologie. Quadrige/Presses Universitaires de France, première édition 1951, deuxième édition 1994, p 361. ISBN : 2-1304-4599-3

[POM et al. 97] : POMIAN, J.L., PRADERE, T., GAILLARD, I. "Ingénierie et ergonomie, éléments d'ergonomie à l'usage des projets industriels", Toulouse : Cepaduès-Ed., 1997, ISBN 285428 442 9.

[PST 03] : PRODUCT SAFETY and TESTING GROUP. Research into the forces required to open paper and sheet plastic packaging – experiments, results and statistics in detail. Etude publiée en janvier 2003 et disponible sur le site : <http://www.virart.nott.ac.uk/pstg/strength.htm>, dernière visite effectuée 30 septembre 2003.

[PSY 99] : Grand Dictionnaire de la Psychologie. Larousse, deuxième édition, 1999. ISBN : 2-0350-1050-0

Q

[QUA 94] : QUARANTE, D. Eléments de design industriel. In Polytechnica, Paris, 1994, p 448-449.

R

[REQ 98] : REQUENA, José. Choix de l'emballage. Les techniques de l'ingénieur, chapitre A 9750, paru en avril 1998.

[REV 50] : REVESZ G. Psychology and art of the blind, London, Longmans Green, 1950.

[RIE 00] : RIEUNIER, Sophie. L'influence de la musique d'ambiance sur le comportement des consommateurs sur le lieu de vente. Thèse de Sciences et Gestion, Université Paris IX, soutenue en 2000.

[RIE 02] : RIEUNIER Sophie. Le marketing du point de vente. Editions Dunod, 2002. ISBN : 2-1000-5614-X

[RIV 04] : RIVIERE, Cyril. Ergonomie des emballages de liquides alimentaires. Le concept d'utilisabilité comme axe d'approche pour l'étude de l'utilisation et de la conception des emballages. Mémoire de DEA, soutenue en septembre 2004, Laboratoire d'Anthropologie Appliquée, Université Paris V.

[RHO et al. 90] : RHOADES, T.P., FRANTZ, J.P. et MILLER, J.M. Emerginig methodologies for the assessment of safety related product communications. Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting, 998-1002, 1990.

[ROB 02] : ROBERT, Paul. Le petit Robert, dictionnaire de la langue française. Edition Dictionnaires Le Robert, Paris, 2002.

[ROQ 97] : ROQUETTE, Michel. Procédé pour l'obtention de décors sur des objets en verre d'emballage et objets décorés obtenus par ce procédé. Brevet n° EP0916626A1, déposé par la Société Saga Décor sous le nom d'inventeur Michel Roquette, le 17 novembre 1997 et paru le 19 mai 1999.

[ROU 96] : ROUSSEL, Benoît. Ergonomie en conception de produits : proposition d'une méthode centrée sur la formulation de principes de solutions ergonomiques dans le processus interdisciplinaire de conception de produits. Thèse de doctorat, Ecole nationale d'Arts et Métiers, laboratoire CPI, Paris, soutenue en 1996.

[RUS 80] : RUSKIN, John. Les sept lampes de l'architecture. Presses d'Aujourd'hui, 1980. ISBN : B 00008CVE2

S

[SAP et al. 05] : SAPORTA, Henri, TIZIANO, Polito. Les attentes des consommateurs en matière d'emballage selon Europack. Emballages Magazine n°748-749, juin 2005.

[SCH 95] : SCHÖN, DA. The reflective practionner : how professionnals think in action. 1995.

[SES 04] : SESSI, Service des études et des statistiques industrielles. L'industrie française de l'emballage en chiffres. Rapport du ministère de l'économie des finances et de l'industrie, production industrielle (hors série), éditions 2004.

[SER 00] : SERIG, Elisabeth M., Rice University of Houston, Texas. The influence of containers shape and color cues on consumer product risk perception and precautionary intent. Proceedings of the IAE 2000/Human Factors and Ergonomics Society , congress 2000.

[SIM 99] : SIMON, H. The Sciences of the Artificial. Third Edition, The MIT Press, Cambridge, Massachusets 1999.

[SOU et al. 04] : SOUFFLET, Yvonne, CALONNIER, Maurice, DACREMONT, Catherine. A comparison between industrial experts'and novices' haptic perceptual organization : a tool to indentify descriptors of the handle of fabrics. Food Quality and Preference, vol.15, Issues 7-8, p 689-699, 2004.

[SPI et al. 01] : SPIELHOLZ, P., SILVERSTEIN, B., MORGAN, M., CHECKOWAY, H, & KAUFMAN, J. Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors. Ergonomics, vol.44, p 588-61, 2001.

[SIE 95] : SIEFFERMANN, J.M. Outils statistiques graphiques simples destinés à la caractérisation et la sélection des sujets en analyse sensorielle descriptive. 4^{ème} journées Agro-industries et Méthodes statistiques. Dijon 7-8 décembre 1995.

[STE 68] : STEVENS, S.S. Le quantitatif et la perception. Psychologie, vol 22, p 696-715, 1968.

[STE 75]: STEVENS, S.S. Psychophysics: introduction to its perceptual, neural, and social prospects. Wiley, New-York, 1975.

[STO 04] : STOELTZEN, Nadine. Intégration de la dimension *VisioGraphique* dans les phases amonts du processus de conception de produits mécaniques pour favoriser la coopération et la construction commune de projet. Thèse de doctorat, Ecole nationale d'Arts et Métiers, laboratoire CPI, Paris, soutenue en 2004.

[SUH 01] : SUH, Nam Pyo. Axiomatic design, Advances and Applications. MIT, Oxford University Press, 2001.

T

[TEC 00] : Technologies clé à l'horizon 2005. Rapport du ministère de l'Industrie, éditions de l'industrie, Paris, 2000.

[THO 02] : THONGSOUME-PHILIPPE, Flora. Contribution à l'évaluation tactile des produits textiles par analyse sensorielle. Thèse de doctorat de l'Université de Haute Alsace, soutenue en décembre 2002.

[TIB 84] : TIBERGHIE, Guy. Initiation à la psychophysique. Ed. Presses Universitaires de France, Paris, 1984.

V

[URD et al. 01] : URDAPILETTA, I. TON NU, C., SAINT-DENIS, C., HUON DE KERMADEC, F. Traité d'évaluation sensorielle, aspects cognitifs et métrologiques des perceptions. Paris, Editions Dunod, 2001.

V

[VAD 96] : VADCARD, Philippe. Aide à la programmation de l'utilisation des outils en conception de produit. Thèse de doctorat de l'Ecole d'Arts et Métiers, centre de Paris, soutenue le 27 novembre 1996.

[VOI 99] : VOISIN, Alexandre. Contribution à l'évaluation subjective et son automatisation. Thèse de doctorat, université de Nancy, soutenue en 1999.

W

[WIN et al. 02] : WINDER, Belinda, RIDGWAY, Keith, NELSON, Amy, BALDWIN, James. Food and drink packaging: who is complaining and who should be complaining? Applied Ergonomics, volume 33, p 433-438, 2002.

[WOL et al. 97] : WOLGATER, Michael S., LAUGHERY, Kenneth R., BARFIELD, David A. Effect of Container Shape on Hazard Perceptions. Proceeding of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting, 1997.

[WOO et al. 92] : WOODSON, W.E., TILLMAN, B., TILLMAN, P., "Human factors design handbook", Mc Graw-Hill Edition, New York, 1992, 846, p 214-226.

9 ANNEXES

Annexe n°1 : Les différents types d'emballage en fonction du matériau utilisé

Annexe n°2 : Exemple d'un plan verre

Annexe n°3 : Questionnaire soumis au deux groupes de panélistes

Annexe n°4 : Tri préliminaire des termes générés par le groupe « dépoli »

Annexe n°5 : Tri préliminaire des termes générés par le groupe « multi-matériaux »

Annexe n°6 : Feuille d'évaluation des échantillons en vue d'une réduction de la liste des termes

Annexe n°7 : Résultats des fréquences de citations pour chaque terme

Annexe n°8 : Exemple de répétabilité du panel

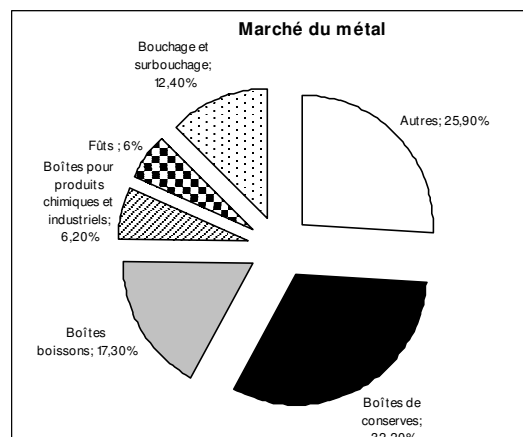
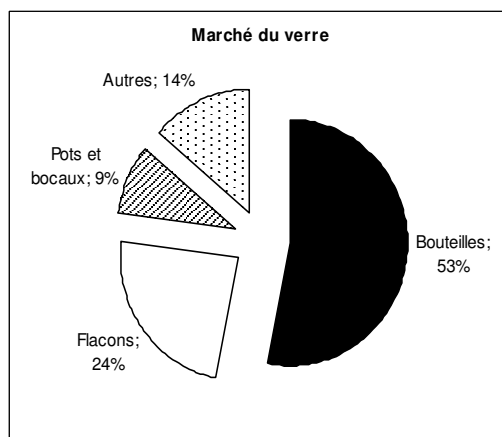
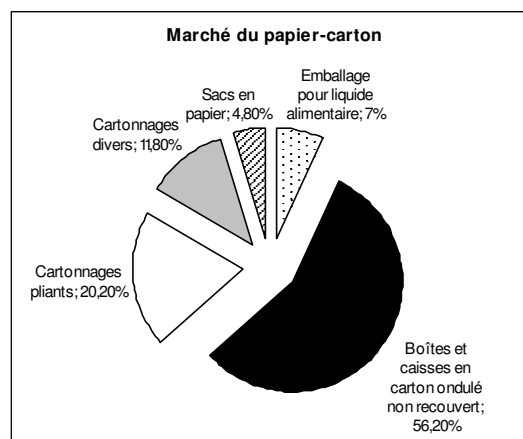
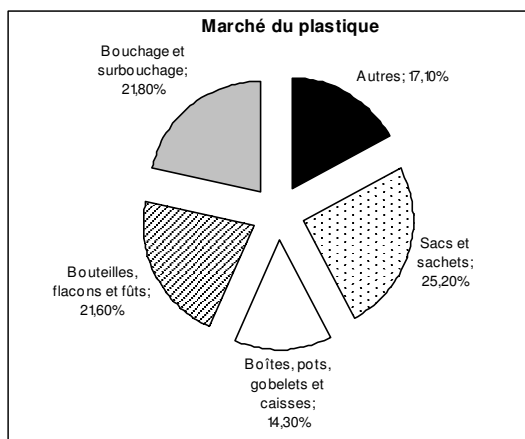
Annexe n°9 : Exemple de protocole tactile

Annexe n°10 : Résultats d'ergonomie

Annexe n°11 : Protocole n°1 d'ergonomie

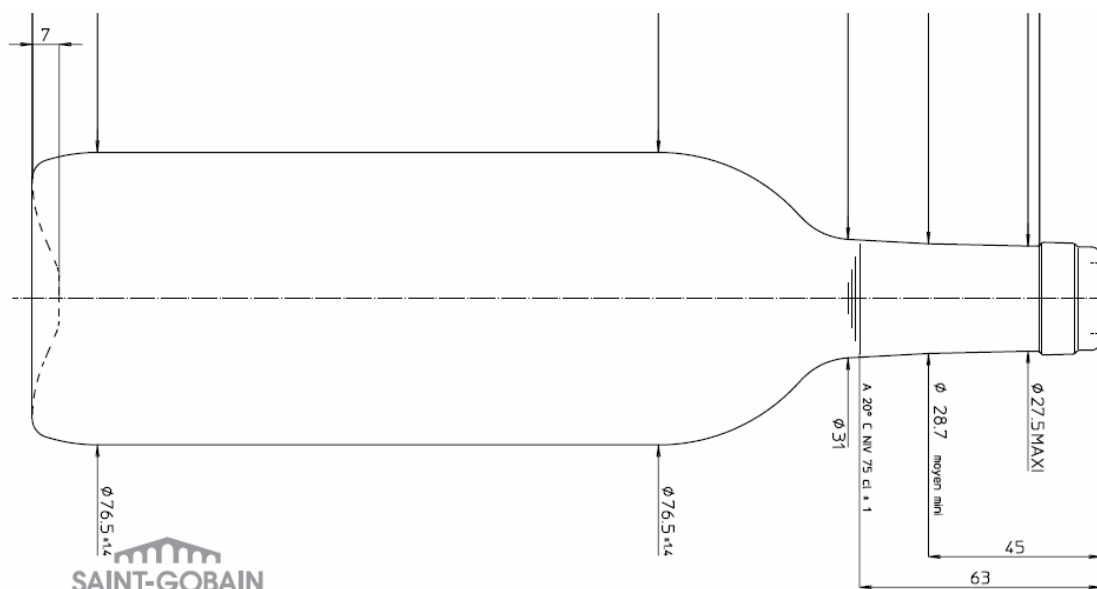
Annexe n°12 : Protocole n°2 d'ergonomie

Annexe n°1



Les différents types d'emballage en fonction du matériau [SES 04]

Annexe n°2




SAINT-GOBAIN
EMBALLAGE

Ce document est la propriété exclusive de SAINT-GOBAIN EMBALLAGE. Reproduction interdite sans notre autorisation préalable écrite.

Annexe n°3



Panel d'Analyse sensorielle

Questionnaire

Nom :

Prénom :

Age :

Sexe :

Formation avant l'EBI :

Profession des parents :

Nombre de frères et sœurs :

Logement :

- ☐ En Famille
- ☐ En co-location
- ☐ Seul
- ☐ Autre

Exercez-vous un job parallèlement à vos études ? :

- ☐ Oui
- ☐ Non

Si oui, combien cela vous rapporte-t-il ? :

Quel est votre budget total par mois ? :

Quels sont vos hobbies et loisirs ? :

- ☐ Sport
- ☐ Cinéma
- ☐ Sorties avec des amis
- ☐ Lecture
- ☐ Activités manuelles et artistiques
- ☐ Informatique
- ☐ Musique
- ☐ Autre :

A quels types de produits consacrez-vous vos dépenses de loisirs ? :

- ☐ DVD
- ☐ CD
- ☐ Sorties
- ☐ Vêtements
- ☐ Cosmétiques
- ☐ Jeux vidéo
- ☐ Informatique
- ☐ Autre :

A quelle fréquence faites-vous des courses de nourriture ? :

- ☐ Tous les jours
- ☐ Toutes les semaines
- ☐ Occasionnellement (1 à 2 fois par mois)
- ☐ Exceptionnellement
- ☐ Jamais

Dans quel but faites-vous ces courses ? :

- ☐ Alimentation quotidienne
- ☐ Envie occasionnelle d'un produit
- ☐ Manque d'un produit
- ☐ Occasions spéciales (fête, dîner avec des amis...)
- ☐ Pour quelqu'un d'autre
- ☐ Autre :

Quel budget consacrez-vous à l'alimentaire chaque mois ? :

- ☐ Moins de 75 € (<500F)
- ☐ 75 à 105 € (500 à 700F)
- ☐ 105 à 137 € (700 à 900F)
- ☐ 137 à 165 € (900 à 1100F)

- ☐ Plus de 165 € (>1100F)

Où faites-vous vos courses ? :

- ☐ Marché
☐ Commerçants de proximité
GMS (grande et moyenne surface) :
☐ Leclerc
☐ Carrefour
☐ Auchan
☐ Leader price
☐ Cora
Petits super marchés :
☐ Monoprix
☐ Franprix
☐ Attack
☐ Superette
☐ Autre :

En ce qui concerne les boissons :

Combien de bouteilles consommez-vous par mois (indiquez le nombre dans chaque case) des boissons suivantes ? :

- ☐ Lait
☐ Eau
☐ Eaux aromatisées
☐ Jus de fruits, quels parfums :
Sodas :
☐ Coca
☐ Pepsi
☐ Orangina
☐ Limonade
☐ Schweppes
☐ Seven UP
☐ Autre :
☐ Boissons sucrées (Nestea, Oasis)
☐ Sirop
☐ Bières
Vins:
☐ Tranquilles
☐ Effervescent
☐ Cidre

Spiritueux

- ☐ Alcools blancs (vodka, gin, tequila)
- ☐ Liqueurs modernes (Malibu, Soho)
- ☐ Whisky

Pour ces produits, vous faites vos courses en vue d'une consommation (mettre des croix) :

[illegible]

A quels moments de la journée, consommez-vous les boissons suivantes ? :

[illegible]

Quels sont vos critères de choix pour les boissons ? :

Critères	Lait	Eau Eaux aromatisées	Jus de fruit	Sodas Boissons sucrées	Sirop	Bière	Vin	Cidre	Spiritueux
Habitude									
Packaging									
Composition									
Prix intéressant									
Goût									
Nouveauté									
Promotion									
Marque									
Autre :									

En ce qui concerne les matériaux d'emballage de ces boissons :

Citez les matériaux que vous connaissez, et cochez les liquides qu'ils sont susceptibles de contenir :

[illegible]

Y a-t-il un ou des matériau(x)

- Vraiment désagréable(s), et pourquoi (transport, stockage, ouverture, fermeture...) ?

- Qui corresponde(nt) le plus à vos besoins ou que vous achetez souvent ?

Annexe n°4

	Tactile (poudreux)	Visuel (opalescent)	Sonore	Autre
NON HEDONIQUE	Abrasif Absorbant Agrippant Argileux Attachant Chaud Granuleux Duveteux Glissant Granuleux Humide Lisse Moite Collant Peau de pêche Rugueux Sablé Sablonneux Sec Hétérogène Accrochant Froid Bosselé Déformé	Absorbant Argileux Arrondie Brillant Colorée Duveteux Empreintes restent Rayable Givré Hétérogène Mat Nacré Non brillant Opaque Peau de pêche Réfléchissant la lumière Sec Buée Déformant Effet miroir Bosselé Déformé	Crissant Résonnant Son Aigu Son Cristallin Abrasif	
HEDONIQUE	Attachant Doux Moelleux Résistant Satiné Sensuelle Soyeux Striée Velours	Acide (niveau visuel) Agrippant Chaud Epais Froid Lumineuse Résistant Satiné Sensuelle Striée Terne Vitreux		Agréable Désagréable

Annexe n°5

	Tactile	Visuel	Forme	Utilisation
NON HEDONIQUE	Accroche la main, adhérent Bouchon déformable Collant Déformable Dépoli Elastique Etiquette mal collée Frais Glissant Granuleux Lisse Marquable Mou Poli Présence de grain Rainurée Relief Résistance à la pression Résistant au passage des doigts Rigide Rugueuse plasticité Dureté souplesse du plastique souple	Bleuté Brillant Coloré Décoré Etiquette mal collée Fragile Granuleux Irisée Marquable Mat Opaque Pastel Poli Présence de grain Reflets Relief Rugueuse plasticité Dépoli Transparent Translucide	Aérodynamique Col droit Col Entonnoir Cylindrique Elargie Ellipse Forme de fusée Forme longiligne géométrique Nombre de parties dont est composée la bouteille Anguleux Pieds Rainurée Rectangle Relief Resserré	Compactable Ergonomie Ouverture par clac Son cristallin Son mat Bruit sourd
HEDONIQUE	Doux	sobriété	Courbes féminines Forme de vase Ludique Mince	Prise en main Mauvaise mise en place du bouchon Ouverture facile Pratique Stabilité

Annexe n°6

Séance 4 : Appréciation d'échantillons

Numéro de Juge :

Réf de l'échantillon :

Date :

Caractéristiques Auditives :

Descripteur	Faible				Fort
	1	2	3	4	5

Caractéristiques Visuelles :

Descripteur	Faible				Fort
	1	2	3	4	5

Caractéristiques Tactiles :

Descripteur	Faible				Fort
	1	2	3	4	5

Annexe n°7

Groupe « multi-matériaux » : il a été réalisé 26 évaluations (13 panélistes ayant réalisé l'évaluation de 2 produits), donc le nombre de citations possibles pour chaque descripteur est de 26. D'autre part, la note d'intensité maximale pour un descripteur étant de 5, l'intensité maximale pour un descripteur donné est de $26 \times 5 = 130$.

DESCRIPTEURS TACTILES	NOMBRE DE CITATIONS	F(%)	INTENSITE	(I) %	MOYENNE GEOMETRIQUE	CLASSEMENT
lisse	13	50,00	72	55,38	52,62	1
frais	9	34,62	43	33,08	33,84	2
rigide	6	23,08	26	20,00	21,48	3
glissant	6	23,08	23	17,69	20,21	4
déformable	7	26,92	19	14,62	19,84	5
relief	7	26,92	19	14,62	19,84	6
rainuré	4	15,38	32	24,62	19,46	7
collant	7	26,92	18	13,85	19,31	8
accroche la main	5	19,23	16	12,31	15,38	9
marquable	8	30,77	8	6,15	13,76	10
dureté du plastique	3	11,54	20	15,38	13,32	11
plasticité	4	15,38	15	11,54	13,32	12
résiste à la pression	4	15,38	14	10,77	12,87	13
adhérent	4	15,38	12	9,23	11,92	14
granuleux	4	15,38	12	9,23	11,92	15
mou	3	11,54	12	9,23	10,32	16
étiquette mal collée	3	11,54	10	7,69	9,42	17
souple	3	11,54	10	7,69	9,42	18
résiste aux passages des doigts	4	15,38	5	3,85	7,69	19
élastique	2	7,69	10	7,69	7,69	20
poli	2	7,69	8	6,15	6,88	21
rugueuse	3	11,54	4	3,08	5,96	22
bouchon déformable	1	3,85	5	3,85	3,85	23
souplesse du plastique	1	3,85	4	3,08	3,44	24
dépolie	1	3,85	3	2,31	2,98	25
stabilité	1	3,85	3	2,31	2,98	26
présence de grains	2	7,69	0	0,00	0,00	27

Calculs des moyennes géométriques des descripteurs tactiles du groupe « multi-matériaux »

	NOMBRE DE CITATIONS	F(%)	INTENSITE	(I) %	MOYENNE GEOMETRIQUE	CLASSEMENT
brillant	12	46,15	56	43,08	44,59	1
transparent	10	38,46	59	45,38	41,78	2
relief	11	42,31	35	26,92	33,75	3
reflet	6	23,08	36	27,69	25,28	4
plasticité	5	19,23	28	21,54	20,35	5
coloré	6	23,08	21	16,15	19,31	6
présence de grains	5	19,23	15	11,54	14,90	7
translucide	4	15,38	16	12,31	13,76	8
fragile	5	19,23	11	8,46	12,76	9
bleuté	5	19,23	8	6,15	10,88	10
marquable	4	15,38	9	6,92	10,32	11
laqué	3	11,54	12	9,23	10,32	12
pieds	3	11,54	7	5,38	7,88	13
granuleux	3	11,54	6	4,62	7,30	14
mat	2	7,69	8	6,15	6,88	15
opaque	2	7,69	8	6,15	6,88	16
rectangle	2	7,69	8	6,15	6,88	17
dépoli	2	7,69	7	5,38	6,44	18
irisé	2	7,69	5	3,85	5,44	19
élargies	1	3,85	5	3,85	3,85	20
étiquette mal collée	1	3,85	5	3,85	3,85	21
rainurée	1	3,85	5	3,85	3,85	22
rigide	1	3,85	5	3,85	3,85	23
décoré	1	3,85	2	1,54	2,43	24
déformable	1	3,85	2	1,54	2,43	25
anguleux	2	7,69	0	0,00	0,00	26
rugueux	1	3,85	0	0,00	0,00	27

Calculs des moyennes géométriques des descripteurs visuels du groupe « multi-matériaux »

Groupe « dépoli » : il a été réalisé : 16 évaluations (8 panélistes ayant réalisé l'évaluation de 2 produits), donc le nombre de citations possibles pour chaque descripteur est de 16. D'autre part, la note d'intensité maximale pour un descripteur étant de 5, l'intensité maximale pour un descripteur donné est de $16 \times 5 = 80$.

DESCRIPTEURS TACTILES	NOMBRE DE CITATIONS	F(%)	INTENSITE	(I) %	MOYENNE GEOMETRIQUE	CLASSEMENT
lisse	9	56,25	50	62,5	59,29	1
glissant	8	50	31	38,75	44,02	2
froid	6	37,5	19	23,75	29,84	3
hétérogène	4	25	13	16,25	20,16	4
moite	3	18,75	13	16,25	17,46	5
granuleux	3	18,75	7	8,75	12,81	6
bosselé	2	12,5	8	10	11,18	7
chaud	2	12,5	7	8,75	10,46	8
absorbant	2	12,5	6	7,5	9,68	9
collant	2	12,5	6	7,5	9,68	10
soyeux	2	12,5	6	7,5	9,68	11
sablé	2	12,5	5,5	6,875	9,27	12
agrippant	2	12,5	4,5	5,625	8,39	13
humide/moite	2	12,5	3	3,75	6,85	14
duveteux	1	6,25	5	6,25	6,25	15
rugueux	2	12,5	2	2,5	5,59	16
rugueux/abrasif	2	12,5	2	2,5	5,59	17
accrochant	1	6,25	3	3,75	4,84	18
argileux	1	6,25	3	3,75	4,84	19
attachant	1	6,25	3	3,75	4,84	20
moelleux	1	6,25	3	3,75	4,84	21
abrasif	1	6,25	1	1,25	2,80	22
humide	1	6,25	1	1,25	2,80	23
rugueux/granuleux/abrasif	1	6,25	1	1,25	2,80	24

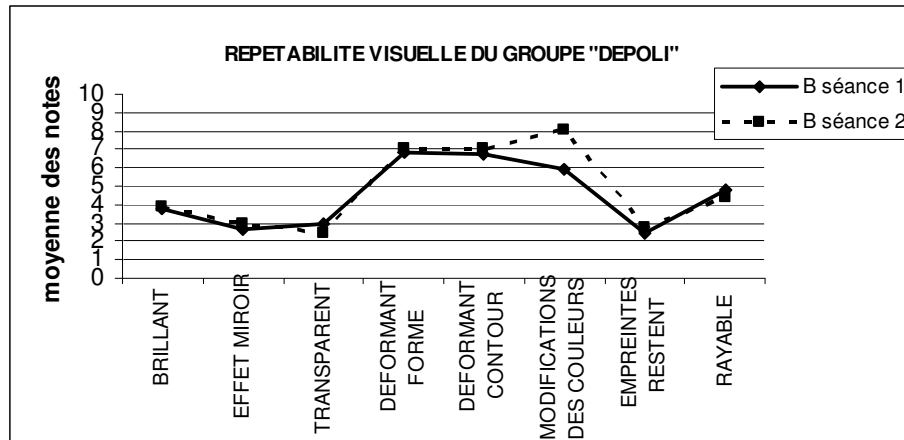
Tableau n° : calculs des moyennes géométriques des descripteurs tactiles du groupe dépoli

DESCRIPTEURS VISUELS	NOMBRE DE CITATIONS	F(%)	INTENSITE	(I) %	MOYENNE GEOMETRIQUE	CLASSEMENT
brillant	10	62,5	33	41,25	50,78	1
opaque	8	50	33	41,25	45,41	2
empreintes qui restent	7	43,75	19	23,75	32,23	3
coloré	6	37,5	19	23,75	29,84	4
mat	5	31,25	15	18,75	24,21	5
effet miroir	6	37,5	12	15	23,72	6
absorbant	3	18,75	15	18,75	18,75	7
buée	3	18,75	13	16,25	17,46	8
transparent	3	18,75	13	16,25	17,46	9
givré	2	12,5	8	10	11,18	10
déformant	2	12,5	7	8,75	10,46	11
peau de pêche	2	12,5	7	8,75	10,46	12
hétérogène	2	12,5	6	7,5	9,68	13
rayable	2	12,5	5	6,25	8,84	14
bosselé	1	6,25	4	5	5,59	15
trop opaque pour être déformante	1	6,25	4	5	5,59	16
réfléchit la lumière	1	6,25	3	3,75	4,84	17
froid	1	6,25	2	2,5	3,95	18
réfléchissant	1	6,25	2	2,5	3,95	19
nacré	1	6,25	1	1,25	2,80	20

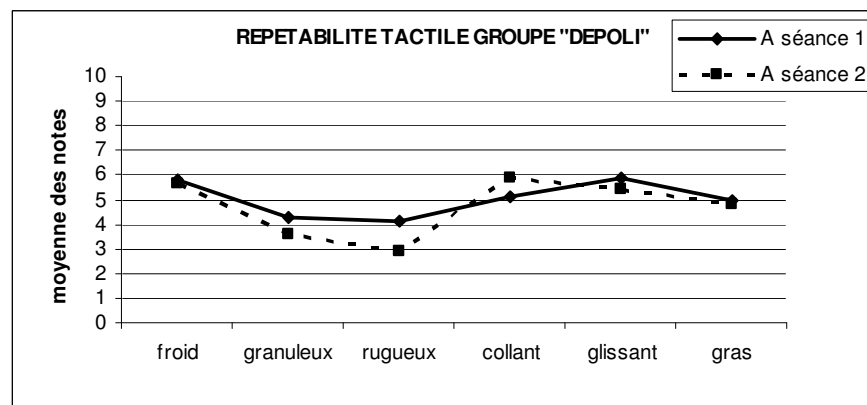
Tableau n° : calculs des moyennes géométriques des descripteurs visuels du groupe dépoli

Annexe n°8

Groupe « dépoli »

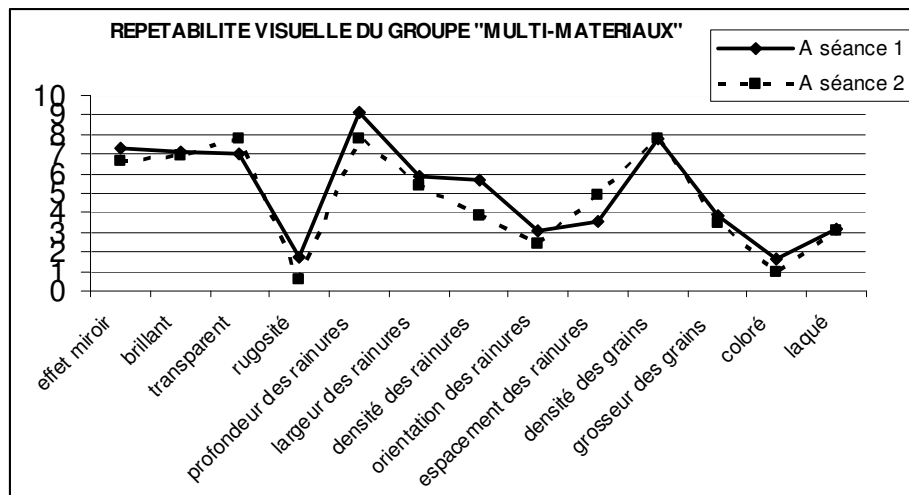


Exemple de répétabilité en fin d'entraînement du groupe dépoli pour les descripteurs visuels

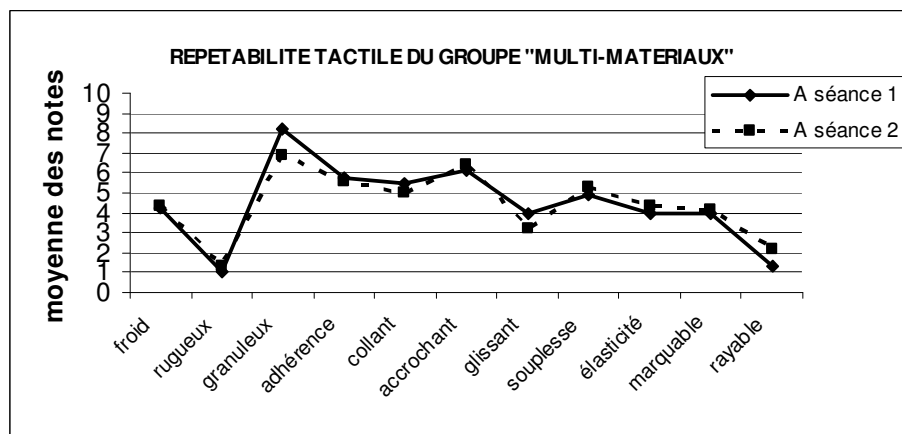


Répétabilité en fin d'entraînement du groupe dépoli pour les descripteurs tactiles

Groupe « plastique »



Exemple de répétabilité en fin d'entraînement du groupe multi-matériaux pour les descripteurs visuels



Répétabilité en fin d'entraînement du groupe multimatériaux pour les descripteurs tactiles

Annexe n°9

GROUPE DEPOLI

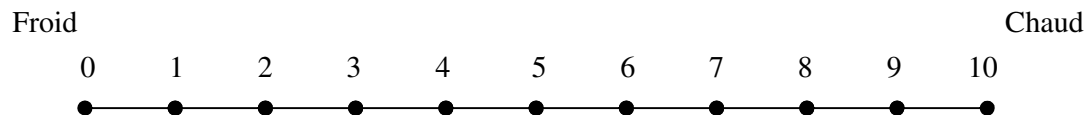
Nom - Prénom :

Date :

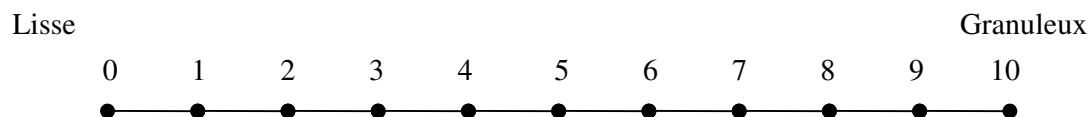
Consignes : 2 bouteilles dépolies vous sont présentées, vous devez les noter suivant les descripteurs. La définition de chaque descripteur vous est rappelée à chaque fois, et vous disposez de chaque borne.
(Mettre une croix sur l'échelle et le nom de l'échantillon dessous)

Mesure du toucher

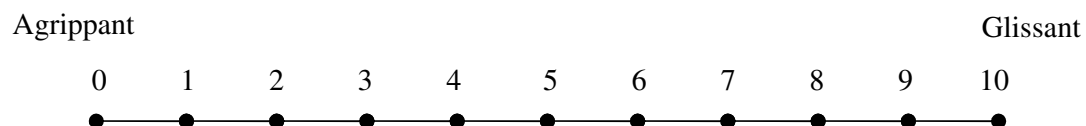
FROID/CHAUD : impression de froid



GRANULEUX : Présence de petits grains sur la plus grande surface de la bouteille. Se mesure par déplacement du doigt parallèlement à la surface. Il ne faut pas tenir compte des défauts ponctuels.



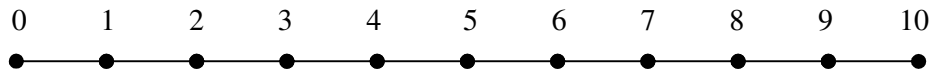
GLISSANT : aucune sensation de résistance au déplacement des doigts parallèlement à la surface



COLLANT : désigne la sensation de retenue de la peau qui se sépare d'une surface. Le toucher (geste) associé est orthogonal

Peu collant

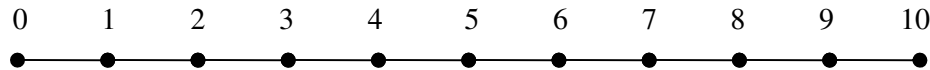
Très collant



RUGUEUX : le déplacement des doigts parallèlement à la surface donne une sensation de frottement « papier de verre ».

Non rugueux

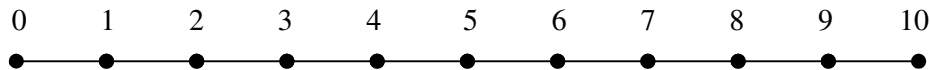
Rugueux



GRAS/SEC : présence d'un film (humidité, moiteur) entre le doigt et la surface, toucher statique.

Sec

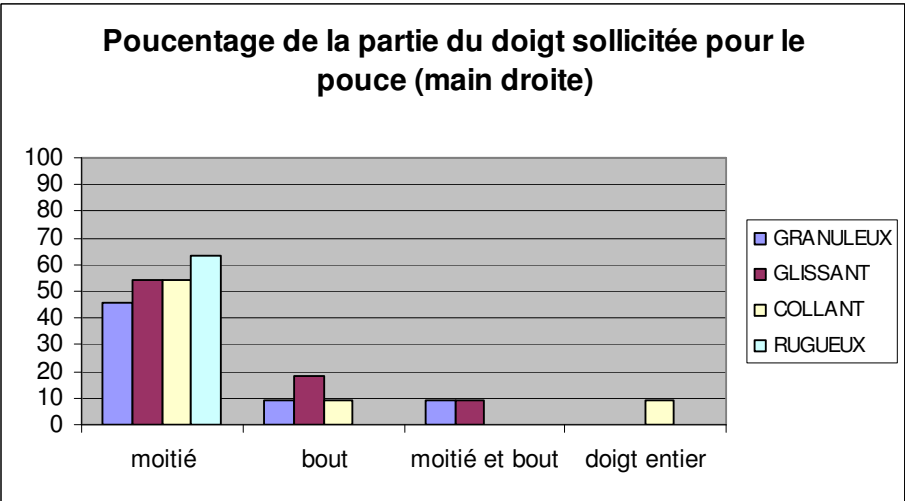
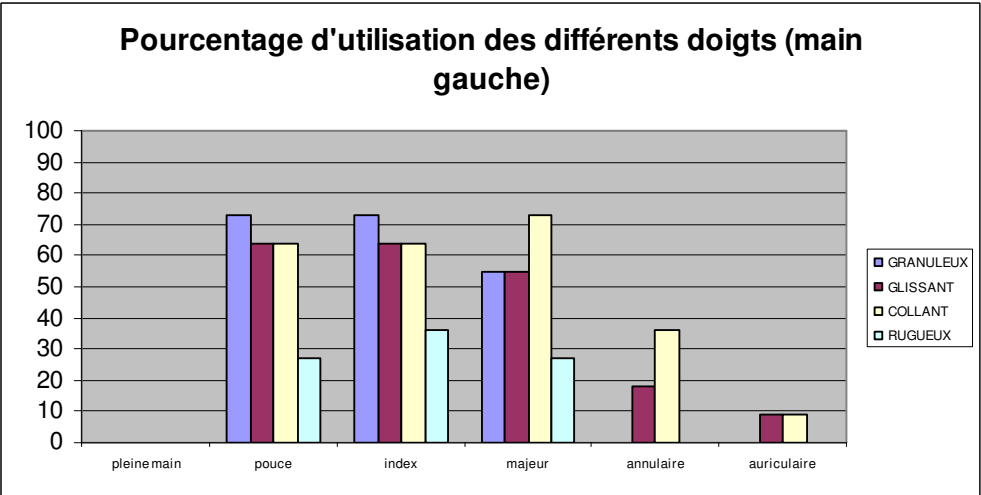
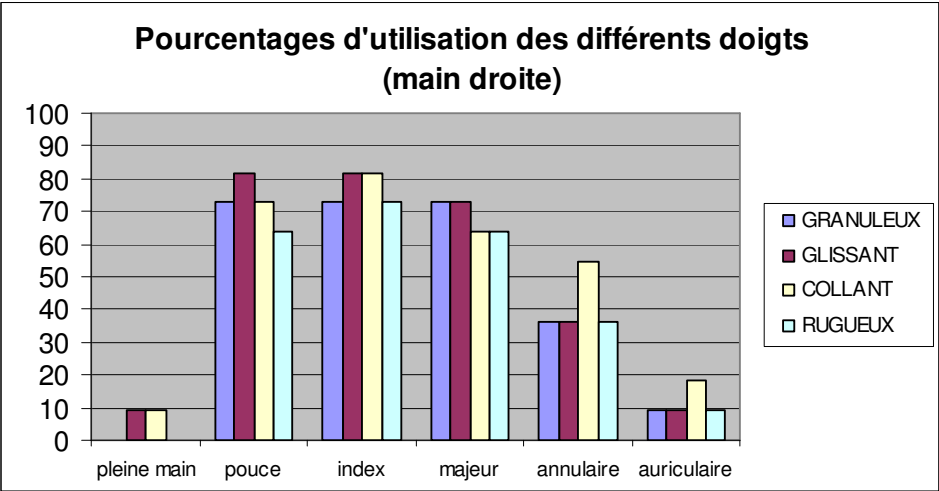
Gras

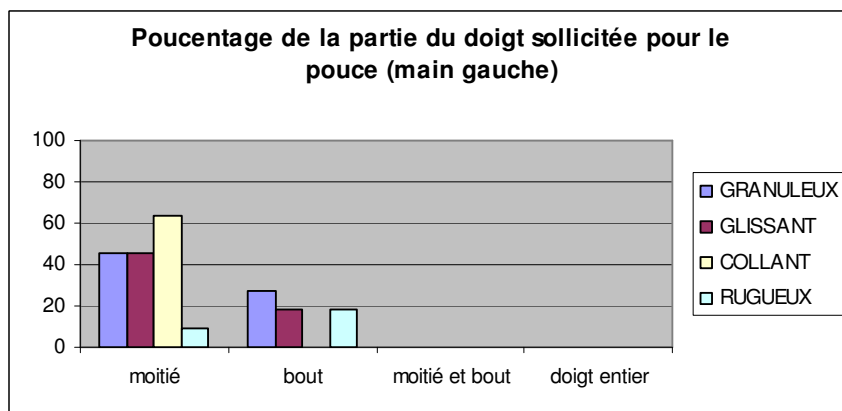
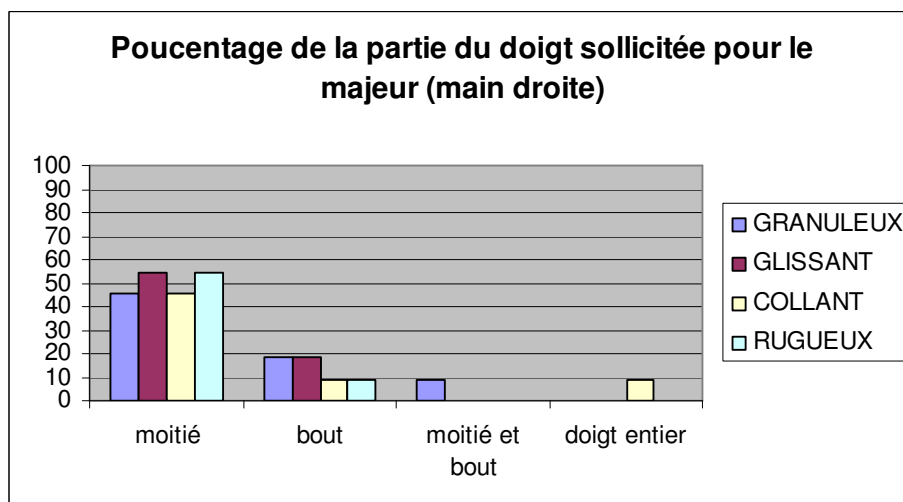
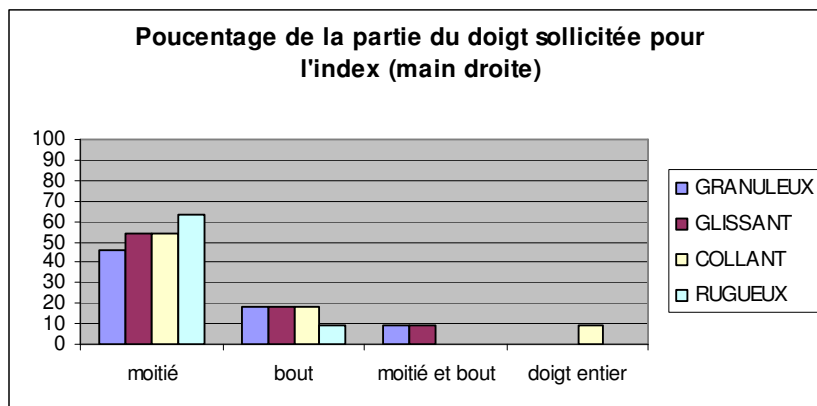


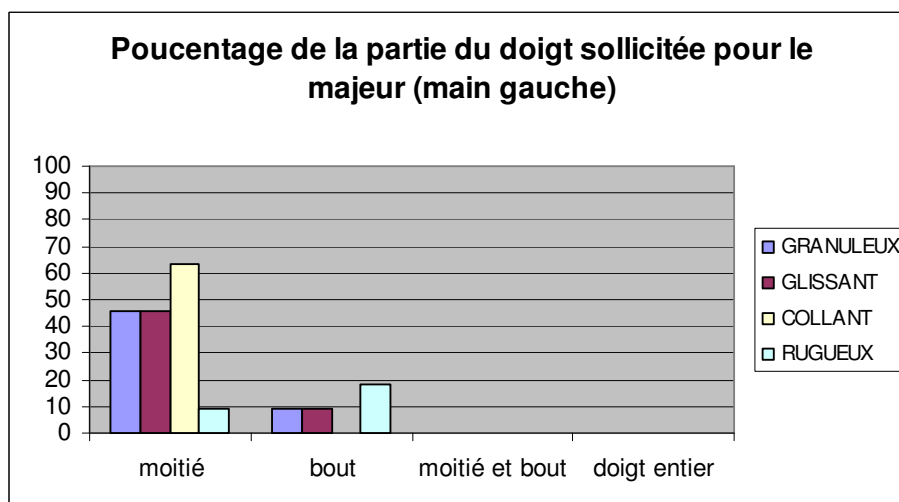
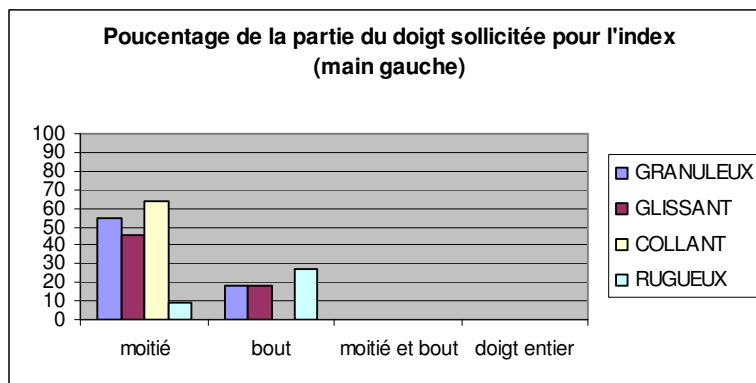
Vérifiez que vous avez bien mis la date et
votre nom !!!!

Annexe n°10

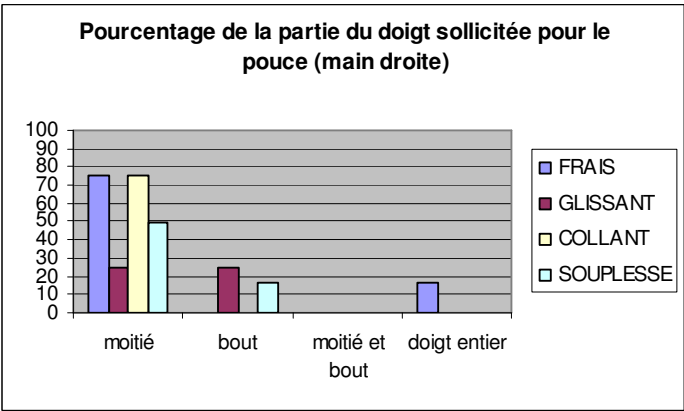
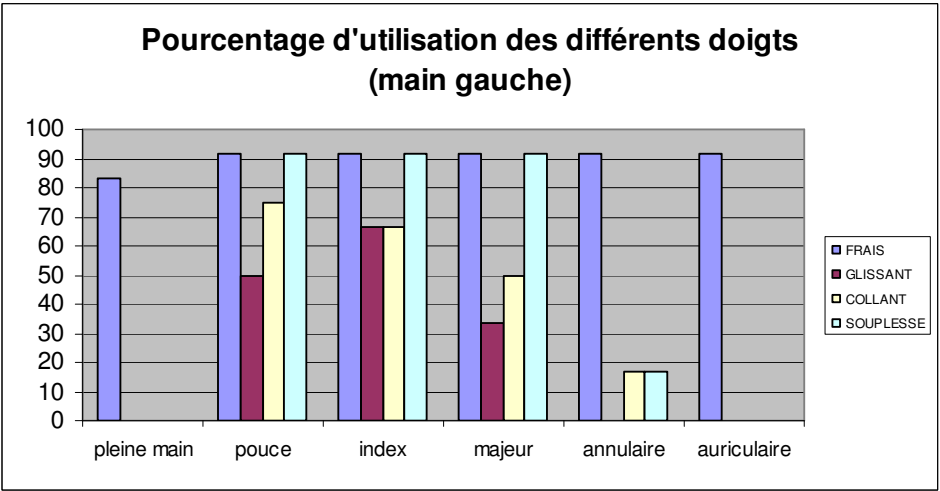
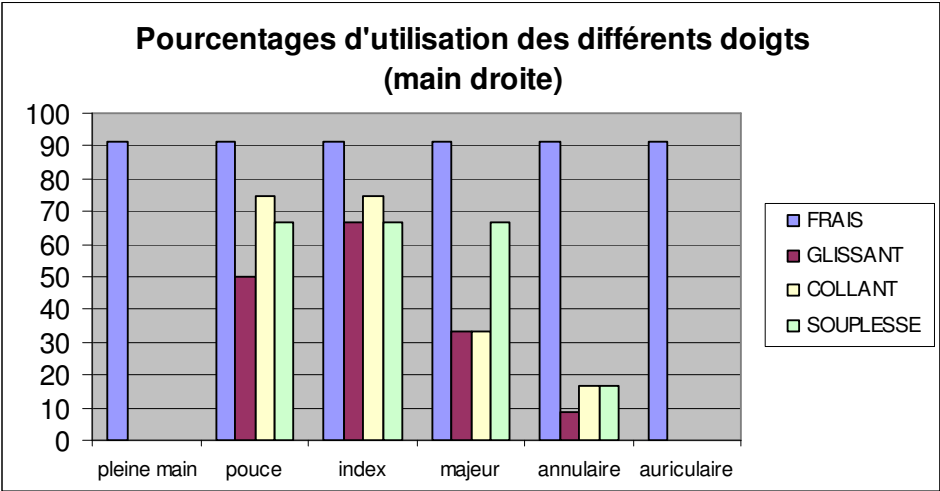
RESULTATS GROUPE DEPOLI

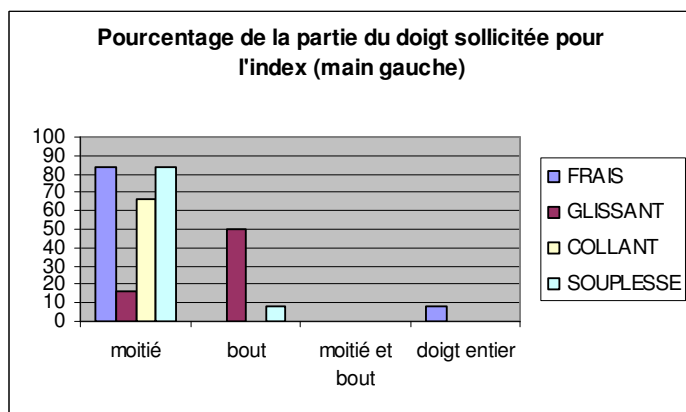
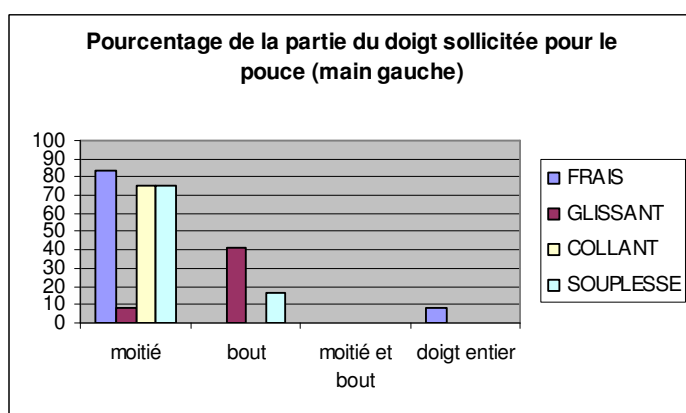
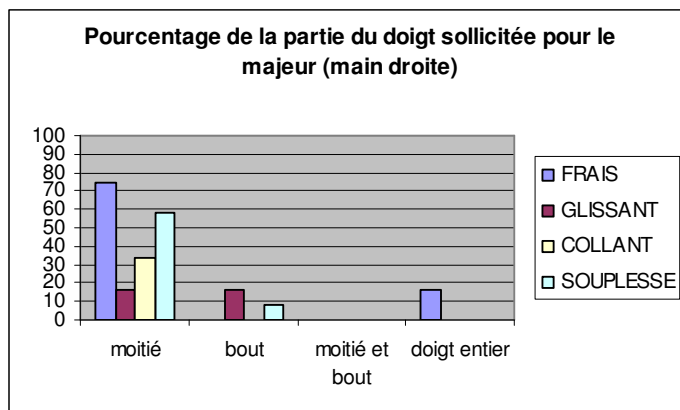


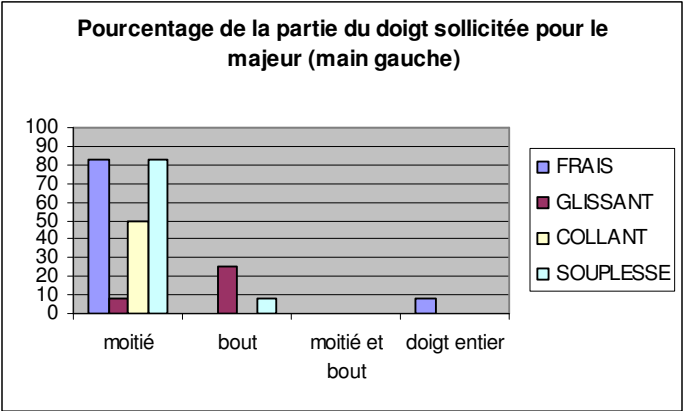




RESULTATS GROUPE MULTI-MATERIAUX







Annexe n°11

Nom - Prénom :

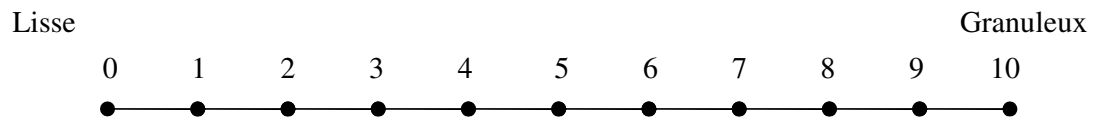
Date : 17 novembre 2004

Consignes : 3 bouteilles sont présentes derrière le rideau, elles sont disposées de gauche à droite dans l'ordre suivant :

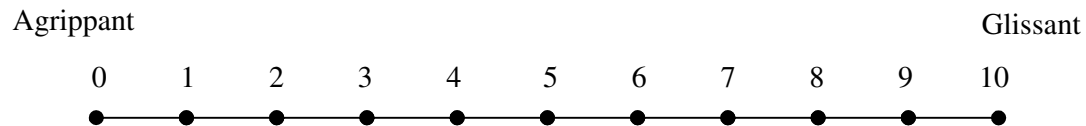
X1020 4C673 30P14

Vous devez noter chacune de ces bouteilles suivant 4 descripteurs, et vous disposez de chaque borne. (Mettre une croix l'échelle et le nom de l'échantillon dessous)

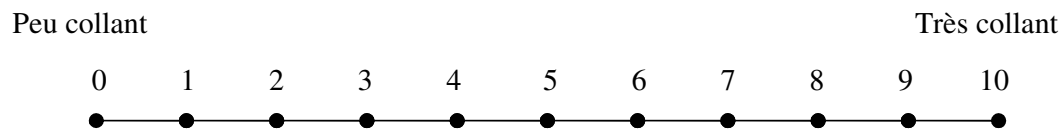
GRANULEUX : Présence de petits grains sur la plus grande surface de la bouteille. Se mesure par déplacement du doigt parallèlement à la surface. Il ne faut pas tenir compte des défauts ponctuels.



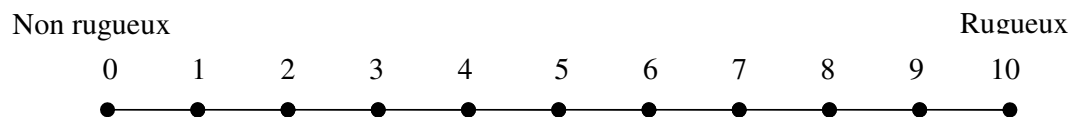
GLISSANT : aucune sensation de résistance au déplacement des doigts parallèlement à la surface



COLLANT : désigne la sensation de retenue de la peau qui se sépare d'une surface. Le toucher (geste) associé est orthogonal.



RUGUEUX : le déplacement des doigts parallèlement à la surface donne une sensation de frottement « papier de verre ».



Annexe n°12

Nom - Prénom :

Date : 1^{er} décembre 2004

Consignes : 3 bouteilles sont présentes derrière le rideau, elles sont disposées de gauche à droite dans l'ordre suivant :

A B C

Vous devez noter chacune de ces bouteilles suivant 4 descripteurs, et vous disposez de chaque borne. (Mettre une croix l'échelle et le nom de l'échantillon dessous)

Attention ! Les gestes de mesure vont sont imposés :

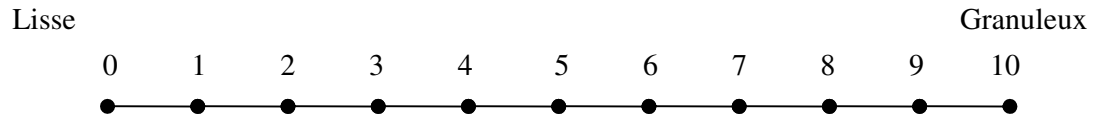
Pour chaque descripteur vous devez respecter le protocole suivant pour les descripteurs granuleux, glissant et rugueux :

- Maintenir la bouteille par la main gauche au niveau du col, seule la main droite sera utilisée pour la mesure.
- Vous ne pouvez utiliser que le pouce, l'index et le majeur pour effectuer le geste, et seules les 2 premières phalanges seront sollicitées.
- Vous devez effectuer 3 allers-retours sur toute la hauteur du fût de la bouteille, sans exercer de pression trop forte.
- Chaque bouteille sera évaluée l'une après l'autre une première fois de gauche à droite et une deuxième fois de droite à gauche.

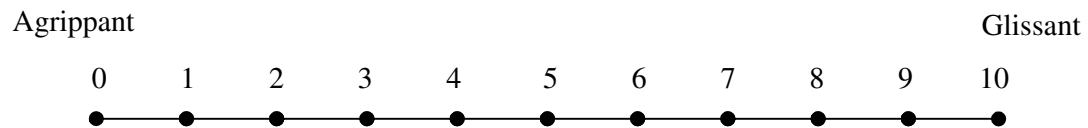
Pour le descripteur collant :

- Les 3 sollicitations doivent se faire au même endroit du fût, sans faire tourner la bouteille.

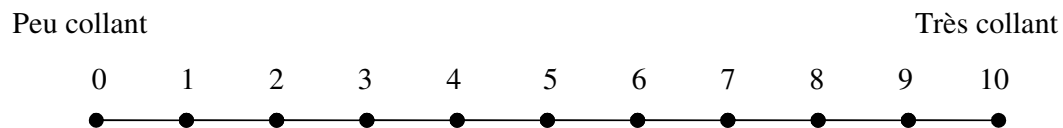
GRANULEUX : Présence de petits grains sur la plus grande surface de la bouteille. Il ne faut pas tenir compte des défauts ponctuels.



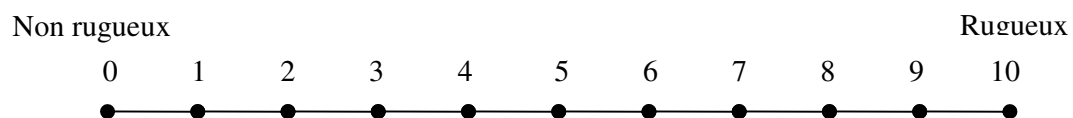
GLISSANT : aucune sensation de résistance au déplacement des doigts.



COLLANT : désigne la sensation de retenue de la peau qui se sépare d'une surface. Le toucher (geste) associé est orthogonal.



RUGUEUX : le déplacement des doigts parallèlement à la surface donne une sensation de frottement « papier de verre ».



RESUME : Les nouvelles exigences de l'individu, associées à l'accroissement de l'offre proposée par les entreprises, entraînent un éclatement des besoins. Chaque individu devient de plus en plus regardant quant à l'offre de produits proposée, obligeant ainsi les entreprises à replacer le consommateur au cœur de leurs préoccupations. L'emballage, ayant pour mission d'acheminer les produits, tout en les mettant en valeur aux yeux du consommateur sous des modes de conditionnement les plus divers, n'échappe pas à cette tendance. Une optimisation du concept emballage implique d'étudier précisément les stimuli sensoriels dont l'interprétation cognitive entraînera l'achat ou non d'un produit. Dans le cadre de nos travaux nous nous sommes donc intéressés à l'application de l'évaluation sensorielle aux emballages. Cette méthode a été développée dans les années 30 pour remédier à l'absence de méthodes instrumentales efficaces dans le secteur agro-alimentaire pour quantifier le goût. Elle fait appel à tous les sens, l'olfaction, le gustatif, le toucher, l'ouïe ou la vue et utilise l'Homme comme « instrument de mesure ». Le but final de cette étude sera la mise au point d'une méthodologie permettant de prendre en compte les différents aspects sensoriels tactiles et visuels des emballages, en adaptant la méthode de l'évaluation sensorielle notamment par l'apport d'autres sciences ou disciplines, telle que l'ergonomie.

MOTS CLES : Emballage, Toucher, Vision, Gestuelle, Evaluation sensorielle

ABSTRACT : New requirements of individuals, associated with the increase in the choice of products proposed by companies, lead to a fragmentation of needs. Each individual places increasing demands on the proposed offer of products, thus obliging companies to place the consumer at the heart of their considerations. Packaging, whose purpose is to enable transport of products, while rendering them attractive to the eyes of the consumer under very varied modes of conditioning, does not escape this trend. An optimization of the packaging concepts implies studying precisely the sensory stimuli whose cognitive interpretation will provoke the purchase or not of a product. In the course of this study, we thus examined in the use of sensory assessment for packaging. This method was developed in the Thirties to compensate a lack of effective instrumental methods in the food industry to quantify the taste. It calls on all the senses, smell, taste, touch, hearing or sight and uses humans as "measuring instruments". The final goal of this study will be the development of a methodology making it possible to take into account various tactile and visual sensory aspects of packaging, in adapting the method of sensory assessment in particular by the contribution of others sciences or disciplines, such as ergonomics.

KEY WORDS : Packaging, Touch, Vision, Hands Movements, Sensory assessment