



HAL
open science

Immersion pour une expérience de consommation en environnement maîtrisé par réalité virtuelle

Maëlle-Ahou Gouton

► **To cite this version:**

Maëlle-Ahou Gouton. Immersion pour une expérience de consommation en environnement maîtrisé par réalité virtuelle. Alimentation et Nutrition. Université Paris-Saclay, 2022. Français. NNT : 2022UPASB005 . tel-03740739

HAL Id: tel-03740739

<https://pastel.hal.science/tel-03740739>

Submitted on 29 Jul 2022

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.

Immersion pour une expérience de consommation en environnement maîtrisé par réalité virtuelle

*Immersion for a consumption experience in environment controlled by
virtual reality.*

Thèse de doctorat de l'Université Paris-Saclay

École doctorale n°581 : agriculture, alimentation, biologie, environnement, santé (ABIES)
Spécialité de doctorat : Génie des aliments
Graduate School : Biosphera, Référent : AgroParisTech

Thèse préparée dans les unités de recherche **SayFood (UMR « Paris-Saclay Food & Bioproduct Engineering », Massy)** et **CSGA (UMR « Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation », Dijon)**, sous la direction de **Gilles TRYSTRAM**, Professeur, la co-direction de **Catherine DACREMONT**, Professeure, le co-encadrement de **David BLUMENTHAL**, Maître de conférences

Thèse soutenue à Paris-Saclay, le 24 janvier 2022, par

Maëlle-Ahou GOUTON

Composition du Jury

Daniel MESTRE Directeur de recherche, CNRS, Université d'Aix-Marseille	Président
Jean-François PETIOT Professeur, Centrale Nantes	Rapporteur & Examineur
Sylvie CHOLLET Maîtresse de conférences, ISA Lille	Rapporteur & Examinatrice
Ronan SYMONEAUX Chargé de recherche, ESA Angers	Examineur
Gilles TRYSTRAM Professeur, AgroParisTech, Université Paris-Saclay	Directeur de thèse
Catherine DACREMONT Professeure, AgroSup Dijon	Co-Directrice de thèse
David BLUMENTHAL Maître de conférences, AgroParisTech, Université Paris-Saclay	Co-Encadrant

Titre : Immersion pour une expérience de consommation en environnement maîtrisé par réalité virtuelle.

Mots clés : Immersion, Réalité virtuelle, Consommation, Aliment, Perception, Validité écologique.

Résumé : Dans l'étude du comportement alimentaire, la prise en compte du contexte de consommation au sein du cadre expérimental assure la capacité des données collectées à être généralisées au fonctionnement humain dans son monde réel. À travers cette thèse, nous testons la validité de l'outil de « réalité virtuelle » à amener le consommateur, par une activité-sensorimotrice en reconstruction numérique de l'épisode de consommation, à un comportement représentatif de sa réalité. Pour évaluer cet outil, nous nous en référons à l'état de présence du consommateur, son sentiment d'existence au sein de l'environnement virtuel (d'être là où il agit). Nous examinons cette immersion virtuelle, dans, sa forme (enrichissement perceptif du contexte), son contenu (identification du réel à reproduire), jusqu'à la crédibilité globale de l'expérience de consommation (intégration de l'aliment au monde virtuel). Les résultats de six études sont ici présentés. En définitive, la réalité virtuelle se présente comme un outil méthodologique valide pour recontextualiser le cadre expérimental des sciences « sensorielles et consommateurs ». Malgré son caractère numérique, elle apporte un fort sentiment de présence,

l'illusion « physique » d'un lieu, dans une interaction cross-modale guidée par la modalité visuelle. Cette forte illusion la mène au niveau d'un environnement physiquement reconstruit. Sur un plan plus global, l'enrichissement perceptif assure ici le contrôle de l'immersion dans un épisode précis de consommation. Nous identifions également des clés de lecture du contexte réel pour la sélection des éléments à implémenter. Ces éléments clés entourant le scénario de consommation favoriseront l'évocation de ce qui ne peut être recréé. L'intégration de l'aliment au monde virtuel soulève de nouveaux défis, mais cette technologie est en constante évolution. Sur une catégorisation « physique » de l'aliment, nous validons ici l'intégration d'aliments solides « non-déformables », tel que les « cookies », au monde virtuel, pour une expérience fidèle de dégustation. La réalité virtuelle mérite néanmoins encore un temps de développement, pour se généraliser à une plus vaste diversité alimentaire. Ainsi, elle s'ouvrira à de nouvelles perspectives, telles que celles de rétablir le dialogue avec le consommateur, plus en amont, en phases de conception des produits alimentaires.

Title: Immersion for a consumption experience in environment controlled by virtual reality.

Keywords: Immersion, Virtual reality, Consumption, Food, Perception, Ecological validity.

Abstract: In the study of eating behavior, taking into account the context of consumption within the experimental framework ensures the capacity of the data collected to be generalized to human functioning in the real world. Through this thesis, we test the validity of the "virtual reality" tool to bring the consumer, through a sensorimotor activity in digital reconstruction of the consumption episode, to a behavior representative of his/her reality. To assess this tool, we refer to the consumer's state of presence, his/her sense of existence within the virtual environment (of being where he/she acts). We examine this virtual immersion, in, its form (perceptual enrichment of the context), its content (identification of the reality to reproduce), to the overall credibility of the consumption experience (integration of food into the virtual world). The results of six studies are presented here. Finally, virtual reality represents a valid methodological tool to recontextualize the experimental framework of "sensory and consumer" sciences. Despite its digital aspect, it brings a strong sense of presence,

the "physical" illusion of a place, in a cross-modal interaction guided by the visual modality. This strong illusion leads it to the level of a physically reconstructed environment. On a more global vision, perceptual enrichment here ensures the immersion control into a specific episode of consumption. We also identify keys for reading the real context in the selection of the elements to implement. These key elements surrounding the consumption scenario will help to evoke what cannot be recreated. The integration of food into the virtual world raises new challenges, but this technology is constantly progressing. On a "physical" categorization of food, here we validate the integration of "non-deformable" solid foods, such as "cookies", into the virtual world, for an accurate tasting experience. However, virtual reality still deserves time for development, to be generalized to a wider food diversity. Thus, it will open up to new perspectives, such as re-establishing dialogue with the consumer, further upstream, in the design phases of food products.

“La peur bloque la compréhension intelligente de la vie.”

Jiddu Krishnamurti (1895 – 1986)
Grand philosophe et sage indien du XX^e siècle

REMERCIEMENTS

À mes parents **Michelle** et **Pierre**, à **Clément** mon amour, à ma sœur **Lucille** et mon frère **Damien**, à toutes la famille **GOUTON**, **GAROUSTE**, **MONTEMBAUX**, **ESPINASSE**, **BOUADOU**, **VANDEPORTAL**, **FOUCHET** et **MALNOURY**, je dédie le plus gros des remerciements ! Pour tout l'amour et pour tout le soutien, qui me maintiennent aujourd'hui debout, pour l'éducation ouverte, multiculturelle et pour les belles valeurs transmises, qui m'ont amenée à croire en moi tout au long de ma vie passée et celle à venir. Merci à tous mes proches que je porterai à jamais dans mon cœur et mon estime ! Merci à mon cousin **Julien** de m'avoir ouvert sa porte, près de 20 ans après notre dernière rencontre. Aujourd'hui dans ces pages, chère famille, vous passez en premier, pour ne jamais oublier que derrière la lourde casquette du doctorant il faut l'humain pour la porter.

À ma directrice **Catherine DACREMONT**, qui m'aura accompagnée jusqu'au bout, en dépit de sa santé, MERCI ! À mon directeur **Gilles TRYSTRAM**, qui m'aura suivi, impliqué, malgré ses obligations « politiques », MERCI ! À mon encadrant **David BLUMENTHAL**, qui m'aura supportée de près, dans la facilité, comme dans les difficultés, dans l'accord, comme dans les contradictions, MERCI ! Merci à vous trois, de m'avoir donné la chance de faire de ce sujet le mien et de ce projet le nôtre. Merci d'avoir eu les mots justes, pour me dynamiser quand il le fallait, pour me freiner quand cela était nécessaire, merci de m'avoir guidé et d'avoir su aussi me faire confiance en me laissant prendre mes responsabilités tout au long de ce projet.

Aux membres de mon comité de thèse, **Frédéric MERIENNE**, **Émilie POIRSON** et **Christel ADAM**, MERCI ! Merci à vous trois de m'avoir apporté une ouverture dans ma réflexion, sur la diversité des usages de la réalité virtuelle. Merci pour votre temps, votre écoute et un grand merci pour nos échanges riches autour de ce sujet !

Aux étudiants ingénieurs et stagiaires de master, impliqués, que j'ai pu encadrer dans ce projet, **Léa BRETON**, **Chloé DATH**, **Chantal BOURASSA**, **Zouheir QUARJOUANE**, **Léa BARBESANGE**, **Priscilla Adei ASHIE-NIKOI**, **Pauline SABOT** et **Agathe KERISIT**, MERCI ! Merci de cette implication, de votre motivation et des accomplissements dont vous pouvez être fiers, qui ont nourri ce grand projet de recherche et qui ont aussi fait mûrir mon regard sur ce travail ! Merci également à **Frederick DOULAT**, pour avoir ouvert les pistes de réflexion à travers son projet étudiant, auquel ma thèse a succédé.

REMERCIEMENTS

À mes collègues, des équipes de recherche « **Interactions Homme - Aliment pour la Conception** » (UMR SayFood, Massy) et « **Culture, Expertise, Perception** » (UMR CSGA, Dijon), pour m'avoir offert un agréable cadre de travail, MERCI ! J'adresse les plus grands remerciements à **Jean-Marie THOMAS** pour son gros travail de design de nos mondes virtuels et à **Anne REGOURD** pour nous avoir créé une importante banque de scans 3D alimentaires. Je remercie **Léa KOENIG** pour sa forte implication dans nos configurations numériques. J'adresse également un grand remerciement à **Francine GRIFFON** et **Pascale REICHL** pour leur accompagnement logistique tout au long de ces expérimentations. À **Jérôme MALLARD**, **Dominique VALENTIN** et **Julien DELARUE**, j'adresse un remerciement spécial pour leur participation très active dans ma réflexion de thèse. Merci de m'avoir aidée à faire mûrir ce projet ! Et j'envoie un grand remerciement à tous les autres collègues qui ont fait de ma thèse un cadre de travail agréable : **Henri T.**, **Maxence B.**, **Eugénie L.**, **Julie P.**, **Hakyoun S.**, **Adriana G.**, **Anastasia E.**, **Ernesto F.**, **Eric S.**, **Baciliza Q.**, **Carole L.**, **Valérie G.**, **Amel H.**, **Juliana M.**, **Méven O.**, **Marine M.**, **Jean-Marc S.**, **Stéphane L.**, **Anne S.**, **Marco R.**, **Gwenola Y.**, **Patricia G.**, **Gaëlle A.**, **Jordi B.**, **Véronique B.**, ... Je remercie l'ensemble du personnel des unités mixtes de recherche SayFood (**Paris-Saclay Food & Bioproduct Engineering**) et CSGA (**Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation**), et tout particulièrement **Claire FOLLOT** et **Hélène LABOURE** pour leur accompagnement dans mes vacations d'enseignements, ainsi que **Séverine KELLER**, **Even LE ROUX** et **Théodul SANKARA** pour leurs participations très actives et leurs motivations aux pré-tests de mes études.



REMERCIEMENTS

Je remercie également très vivement l'ensemble des participants anonymés des études définitivement menées ! Je remercie les questions des étudiants et du public d'évènement de vulgarisation qui nous ont fait avancer. Je remercie l'ensemble des doctorants et du personnel d'**ABIES** et de **Paris-Saclay** rencontrés aux cours des formations. Je remercie tout particulièrement **Alexandre PERY** et **Eric BIRLOUEZ** qui ont beaucoup apporté à ma gestion de projet, ainsi que **Victor M.**, **Clément B.** et **Xuefan S.**, avec qui j'ai partagé l'expérience des journées doctorales. Je remercie tous les échanges eus en congrès nationaux, européens et internationaux, qui ont fait avancer ma réflexion et je remercie notamment **Mackenzie E. Hannuma** pour nos échanges au cours du 13^e Pangborn.



Merci à l'**Institut Carnot « Qualiment »** pour avoir rendu ce projet possible, en nous apportant les moyens financiers à cette recherche. Merci à l'**Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)** pour avoir encadré cette gestion. Je remercie tout particulièrement **Christiane LAJEUNE** pour son accompagnement précieux dans la mise en place de notre appel d'offres, et **Sylvie MILLOT**, toutes deux très actives dans mes démarches administratives.



À l'entreprise **BAO Virtuelle**, pour son précieux travail de développement de *VR*, nous permettant la consommation alimentaire, **MERCI** ! Je remercie tout particulièrement **Arnaud BERTRAND** et **Albane ROBERT**, pour leur patience, leur écoute et leur créativité. Merci pour cette belle collaboration, qui nous aura permis d'explorer davantage cet outil de réalité virtuelle dans notre champ applicatif, d'en repousser les limites technologiques. Merci également à toutes les rencontres du salon **Laval Virtual**, qui nous ont aidés à cibler notre besoin.



REMERCIEMENTS

Aux rapporteurs et membres du jury, **Sylvie CHOLLET, Jean-Francois PETIOT, Ronan SYMONEAUX et Daniel MESTRE**, MERCI ! Merci d'avoir pris le temps de me lire et de m'écouter, merci pour votre regard expert et extérieur, pour vos retours pertinents et précieux, merci de m'avoir challengée et amenée à développer encore davantage ma réflexion.

À mes amis proches et aux rencontres qui m'ont animée ces trois dernières années, **Sophie R., Sophie B., Julie et Coco, Jonathan, Damien J., Hasna, Louis, Mathilde, Bastien, Coralie, Thierry, Jihen, Mathias, Alessia, Fabrice, Ludo, Victorien, Adrien, Mathieu, ...** À tous ceux qui m'ont soutenue malgré les distances, **Loumi, Isabelle, Karolina, ...** À toutes les belles personnes qui ont croisé ma route dans ce parcours de vie, **Patrice L., Catherine G., ...** MERCI ! À **Clémentine** pour m'avoir dit « je lirai ta thèse, ça m'intéresse », MERCI ! Merci de m'avoir apporté la force et la motivation pour aller au bout de ce challenge. Merci à chacune des personnes qui a croisé ma route, dont les échanges m'ont inspirée dans ma compréhension de ce monde.

Enfin, je remercie les forces positives de l'univers et sa création pour les **délices culinaires** apportés dans ma vie, chaque nouvelle **sensation en bouche**, chaque nouvelle **perception ambiante** éveillant mes sens dans cette **musique contextuelle**. Et surtout MERCI pour **la chance qui m'a été donnée de pouvoir manger par plaisir, plus que par faim**, car n'oublions pas que tout le monde n'a pas ce luxe.

Publications scientifiques dans des revues ou ouvrages à comité de lecture

Gouton, M. A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2021). Validation of food visual attribute perception in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 87, 104016. (*Chapitre 3a*)

Gouton, M. A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (*soumise*). Effect of perceptive enrichment on the efficiency of simulated contexts: Comparing Virtual Reality and Immersive Room settings. (*Chapitre 1b*)

Gouton, M. A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (*en préparation*). Influence of common landmarks between real and virtual worlds on presence feeling. (*Chapitre 1a*)

Gouton, M. A., Blumenthal, D., Trystram, G., & Dacremont, C. (*soumise*). Understanding of contextual representation through product appropriateness. (*Chapitre 2a*)

Gouton, M. A., Blumenthal, D., Trystram, G., & Dacremont, C. (*en préparation*). How to rebuild a consumption episode? An immersive "breakfast". (*Chapitre 2b*)

Gouton, M. A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (*en préparation*). Snacking in a park: A proof of concept of the virtual reality use for a food consumption application. (*Chapitre 3b*)

Communications orales dans des congrès européens ou internationaux

Gouton, M. A., Dacremont, C., & Blumenthal, D. (2018, September). Comparison of sensory visual properties of food products in real and virtual conditions. In 8. *European conference on sensory and consumer research (eurosense)*.

Gouton, M. A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2020, December). Comparison of immersive room and virtual reality, through the consumption episode "Eating a sandwich in a park". In 9. *European conference on sensory and consumer research (eurosense)*.

Communications affichées dans des congrès européens ou internationaux

Gouton, M. A., Blumenthal, D., & Dacremont, C. (2019, July). How to rebuild a consumption episode? An immersive "breakfast". In 13. *Pangborn sensory science symposium*.

Gouton, M. A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2020, December). Influence of common landmarks between real and virtual worlds on presence feeling. In 9. *European conference on sensory and consumer research (eurosense)*.

Gouton, M. A., Blumenthal, D., & Dacremont, C. (2021, August). Understanding of contextual representation through product appropriateness. In 14. *Pangborn sensory science symposium*.

1	INTRODUCTION	3
1.1	MODULATION DE LA PERCEPTION PAR LE CONTEXTE	3
1.2	ENJEUX EN EVALUATION SENSORIELLE	7
1.3	VALIDITE ET STRATEGIES IMMERSIVES	11
2	ÉTAT DE L'ART	15
2.1	VALIDITE D'UNE MESURE SENSORIELLE ET ENJEUX	15
2.1.1	QU'EST-CE QUE LA VALIDITE ?	15
2.1.2	COMMENT MESURER LA VALIDITE ?	19
2.2	STRATEGIES DE CONTEXTUALISATION	22
2.2.1	ENVIRONNEMENTS NATURELS (OU PSEUDO-NATURELS)	23
2.2.2	ÉVALUATIONS CONTEXTUALISEES (REALISABLES EN BOX) / CLT-MODIFIES	24
2.2.3	DISPOSITIFS IMMERSIFS	26
2.3	L'IMMERSION	36
2.3.1	PRESENCE, IMMERSION, INTERACTION (CONCEPTUALISATION)	36
2.3.2	PROCESSUS D'IMMERSION ET FORMATION DE LA PRESENCE	37
2.3.3	METHODES DE MESURE DE L'IMMERSION ET DE LA PRESENCE	55
2.4	MANIPULATION DE L'EPISODE	59
2.5	CONSTRUCTION D'UN ENVIRONNEMENT VIRTUEL ET INTERACTIF	65
3	PROBLÉMATIQUE	70
4	CHAPITRE 1 : QUEL EST L'IMPACT DE L'ENRICHISSEMENT PERCEPTIF SUR LE SENTIMENT DE PRESENCE ?	75
4.1	INTRODUCTION	75
4.2	QUEL EST L'IMPACT DE L'ENRICHISSEMENT PERCEPTIF SUR LE SENTIMENT DE PRESENCE : DANS UNE MISE EN PLACE DE VR ? (ARTICLE 1)	84
4.2.1	HIGHLIGHTS	85
4.2.2	ABSTRACT	85
4.2.3	INTRODUCTION	86
4.2.4	MATERIAL & METHOD	89
4.2.5	RESULTS	95
4.2.6	DISCUSSION	113
4.2.7	CONCLUSIONS	117
4.2.8	ACKNOWLEDGEMENTS	118
4.2.9	REFERENCES	118
4.3	QUEL EST L'IMPACT DE L'ENRICHISSEMENT PERCEPTIF SUR LE SENTIMENT DE PRESENCE : POUR UNE EVALUATION DE PRODUIT CONTEXTUALISEE ? (ARTICLE 2)	121
4.3.1	HIGHLIGHTS	122
4.3.2	ABSTRACT	122
4.3.3	INTRODUCTION	123
4.3.4	MATERIAL & METHODS	126

S.O.M.M.A.I.R.E

4.3.5	RESULTS	131
4.3.6	DISCUSSION	140
4.3.7	CONCLUSION	145
4.3.8	ACKNOWLEDGMENTS	146
4.3.9	REFERENCES	146
4.4	CONCLUSIONS	149
5	<u>CHAPITRE 2 : COMMENT DEFINIR UN EPISODE DE CONSOMMATION ?</u>	157
5.1	INTRODUCTION	157
5.2	A QUEL NIVEAU DE PRECISION CONCEPTUELLE ETUDIER L'EPISODE DE CONSOMMATION ? (ARTICLE 3)	161
5.2.1	HIGHLIGHTS	162
5.2.2	ABSTRACT	162
5.2.3	INTRODUCTION	163
5.2.4	MATERIAL & METHOD	166
5.2.5	RESULTS	169
5.2.6	DISCUSSION	177
5.2.7	CONCLUSIONS	181
5.2.8	ACKNOWLEDGEMENTS	181
5.2.9	REFERENCES	181
5.3	COMMENT REPERER LES INDICES PERCEPTIFS A IMPLEMENTER EN REALITE VIRTUELLE ? (ARTICLE 4)	183
5.3.1	HIGHLIGHTS	184
5.3.2	ABSTRACT	184
5.3.3	INTRODUCTION	185
5.3.4	MATERIAL & METHOD	187
5.3.5	RESULTS	191
5.3.6	DISCUSSION	202
5.3.7	CONCLUSIONS	205
5.3.8	AKNOWLEDGEMENT	205
5.3.9	REFERENCES	206
5.4	CONCLUSIONS	209
6	<u>CHAPITRE 3 : UNE MISE EN PRATIQUE DE CET OUTIL VIRTUEL EST-ELLE ENVISAGEABLE POUR UNE EVALUATION DE PRODUIT ?</u>	216
6.1	INTRODUCTION	216
6.2	CAHIER DES CHARGES : QUELS SONT LES BESOIN PRATIQUES ACTUELS ET LES LIMITES DE CETTE MISE EN PLACE ?	220
6.2.1	PERCEPTION DU PRODUIT EN ENVIRONNEMENT VIRTUEL (ARTICLE 5)	220
6.2.2	INTERACTION AVEC LE PRODUIT EN ENVIRONNEMENT VIRTUEL	237
6.3	VALIDATION DU CONCEPT DEVELOPPE (ARTICLE 6)	259
6.3.1	HIGHLIGHTS	260
6.3.2	ABSTRACT	260
6.3.3	INTRODUCTION	261
6.3.4	MATERIAL & METHOD	263
6.3.5	RESULTS	268
6.3.6	DISCUSSION	279

S.O.M.M.A.I.R.E

6.3.7	CONCLUSIONS	282
6.3.8	AKNOWLEDGEMENT	282
6.3.9	REFERENCES	283
6.4	CONCLUSIONS	286
7	DISCUSSION GÉNÉRALE	291
7.1	POINTS FORTS APPORTES AUTOUR DE L'EXPERIENCE DE CONSOMMATION EN REALITE VIRTUELLE	292
7.2	PERSPECTIVES DE LA REALITE VIRTUELLE EN SCIENCES « SENSORIELLES ET CONSOMMATEURS »	297
7.2.1	ENJEUX METROLOGIQUES POUR UNE UTILISATION DE LA REALITE VIRTUELLE EN INGENIERIE DE PRODUITS ALIMENTAIRES	297
7.2.2	QUE POURRAIT APPORTER LA REALITE VIRTUELLE A LA CONCEPTION D'UN PRODUIT ALIMENTAIRE ?	299
7.2.3	QUE POURRAIT APPORTER LA REALITE VIRTUELLE AU TEST DES CONDITIONS D'USAGE DE L'ALIMENT ?	304
8	CONCLUSIONS	311
9	RÉFFÉRENCES	313
10	ANNEXES	334

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableaux

Tableau 1. Notes émotionnelles moyennes des sandwiches, sur leurs évaluations quantitatives, échelles en 9-points, significativité des différences entre les conditions (scénario en box, salle contexte, réalité virtuelle, parc réel) des tests ANOVA et post-hoc Tukey, pour l'effet CONDITION.	255
Tableau 2. Modulation de la couleur des pépites à partir d'un modèle réel (scan d'un cookie existant).	302
Annexe 1. Exemples de manipulations contextuelles en études « sensorielles et consommateurs ».	334

Figures

Figure 1. Dimensions de l'épisode de consommation (Bisogni et al., 2007).	5
Figure 2. Représentation schématique des effets contextuels modulant le comportement alimentaire (Dacremont & Sester, 2019).	5
Figure 3. Dynamique de l'expérience produit : familiarisation, complexité, appréciation (Köster & Mojet, 2007).	6
Figure 4. Schématisation bilan des phénomènes introduits.	7
Figure 5. Schématisation bilan des enjeux introduits.	11
Figure 6. Représentation schématique du positionnement des notions introduites par l'état de l'art (en vert).	15
Figure 7. Restaurant sous la mer, « UNDER » (Norvège). <i>Gauche : Vu de l'extérieur ; Droite : Vu de l'intérieur.</i>	27
Figure 8. Continuum Réalité-Virtualité (Milgram & Kishino, 1994; Suh & Prophet, 2018).	29
Figure 9. Exemples de réalité augmentée. <i>Gauche : via une interface mobile, PokémonGo® (Doctissimo, 2018) Droite : via des lunettes AR, Microsoft HoloLens® (Microsoft, 2021)</i>	30
Figure 10. Modulations visuelle et olfactive de biscuits (Narumi et al., 2011).	30
Figure 11. Exemple de dispositif VR visiocasque, immersion en supermarché virtuel (Schnack et al., 2019).	32
Figure 12. Exemple de dispositif VR CAVE et spatialisation d'odeurs (Ischer et al., 2014).	32
Figure 13. Exemple de modulations visuelles du produit en réalité virtuelle. <i>Gauche : Vues VR ; Droite : Saisie réelle (Ammann, Stucki, et al., 2020).</i>	33
Figure 14. Comparaison VR vs vidéo 360° (Ullman, 2020).	35

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 15. Exemple de support en carton pour lecture de vidéos <i>VR-360</i> sur smartphone.	34
Figure 16. Formation de la présence spatiale : Modèle de Wirth et al. (2007).	46
Figure 17. Schématisation de l'objectif de l'utilisateur en réalité virtuelle : représentation anthropocentrique de la perception du monde virtuel par l'homme (Fuchs et al., 2006).	47
Figure 18. Schématisation de la conception <i>VR</i> autour de la progression de l'utilisateur : représentation technocentrique de référence (Fuchs et al., 2006).	51
Figure 19. Modèle de présence sur la base du modèle de Wirth et al. (2007), enrichi des notions de Auvray (2004), Barfield & Hendrix (1995), Fuchs et al. (2003, 2006), Heeter (1992), T. Kim & Biocca (1997), Lombard et al. (2000), Lombard & Ditton (1997), Schubert et al. (1999a, 1999b), Sheridan (1992), Slater & Wilbur (1997), Zahorik & Jenison (1998).	54
Figure 20. Rotation d'épaule dans un passage étroit (Mestre, 2018).	58
Figure 21. Immersion face à un précipice (Meehan et al., 2005). <i>Gauche : Environnement VR ; Droite : Aménagement de l'espace réel.</i>	58
Figure 22. Parallèle des évolutions entre la consommation et le visuel du produit en réalité virtuelle.	68
Figure 23. Représentation schématique du lien entre nos questionnements de recherche (<i>en rouge</i>).	70
Figure 24. Equipements <i>VR</i> visiocasque avec manettes pour interaction avec l'environnement virtuel (Clanché et al., 2017).	77
Figure 25. Equipements <i>VR</i> poussés au-delà d'une utilisation du visiocasque avec manettes : (A) Réseau de centrales inertielles pour la retranscription en temps réel d'un avatar virtuel reproduisant les mouvements du sujet (Clanché et al., 2017) ; (B) <i>Tracking</i> des mains et retours haptiques par stimulation électriques des muscles, donnant l'illusion du maintien du cube virtuel observé (Lopes et al., 2017).	78
Figure 26. Utilisation d'éléments physiques en réalité virtuelle : (A) Utilisation d'un retour haptique passif, via le design des environnements virtuels en synchronisation à la position réelle des éléments physiques (Simeone et al., 2015) ; (B) Utilisation d'un décor réel mobile, pour une évolution de l'espace physique en cohérence aux stimulations visuelles de l'environnement virtuel (Cheng et al., 2015) ; (C) Utilisation d'un dispositif volant, développé pour un repositionnement autonome, face aux actions de l'utilisateur, avec un retour tactile en cohérence (Abtahi et al., 2019).	79
Figure 27. Exemple de design expérimental comparant les box enrichis [B.] avec la stratégie de salle immersive [C.] (Hathaway & Simons, 2017).	81
Figure 28. Exemple de design expérimental comparant la présentation numérique par ordinateur [gauche] à celle par réalité virtuelle [droite] (Schnack et al., 2019).	82
Figure 29. Exemples de design expérimentaux situant les environnements immersifs entre <i>CLT</i> traditionnels (non contextualisés) et environnements réels : (A) Sinesio et al., 2019 ; (B) Hannum et al., 2019 ; (C) Lichters et al., 2021.	83
Figure 30. Manipulation de l'épisode lors d'une évocation en laboratoire.	159

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 31. Présentation de l'épisode de consommation en stratégies immersives.	160
Figure 32. Repère AIP - Autonomie des objets, Interaction, Présence de l'utilisateur (Fuchs et al., 2003).	238
Figure 33. Classification des produits alimentaires résultant du brainstorming entre professionnels du sensoriel et du développement <i>VR</i> autour de la question de l'intégration d'un aliment pour sa consommation en réalité virtuelle. <i>Caractérisation propre aux propriétés physiques du produit en jaune, à sa présentation en vert, à son interaction avec le consommateur en bleu.</i>	241
Figure 34. Exemple de variations de « <i>smoothness</i> » et de « <i>normal map</i> ».	242
Figure 35. Paramétrage des sets de cookies.	243
Figure 36. Présentation d'un set de cookies en cabine sensorielle <i>VR</i> .	243
Figure 37. Graphique de désirabilité globale pour une proximité optimale aux cookies réels.	244
Figure 38. Expérience culinaire artistique « Aerobanquets RMX ». <i>Vue VR de l'aliment à gauche</i> (VOA News, 2020).	247
Figure 39. <i>Tracking</i> gyroscopique du couvert, développé pour l'expérience artistique « <i>Nourished</i> » (Ssk, 2017).	247
Figure 40. Contacts du consommateur avec l'aliment dans son interaction réelle (<i>les comportements difficilement modélisables sont identifiés d'une croix rouge</i>).	248
Figure 41. Champ de détection des mains par la caméra « <i>Leap Motion</i> ® ». (Schématisation BAO – entreprise de prestation)	251
Figure 42. Préhension d'un fin biscuit « petit-déjeuner ».	253
Figure 43. Distribution des termes émotionnels associés par produit par condition.	256
Figure 44. Représentation commune des mains adoptée.	259
Figure 45. Schématisation bilan des réponses apportées, pour une utilisation de la réalité virtuelle en sciences « sensorielles et consommateurs ».	296
Figures 46. Exemple de critères d'attrait pour le produit « cookie » et groupes de consommateurs.	300
Figure 47. Exemple de modulations numériques de l'aliment (Sketchfab, 2015).	301
Figure 48. Exemple de modulations numériques du produit s'éloignant du champ de crédibilité globale du modèle « cookies ».	302
Figure 49. Ustensiles développés à l'illusion de saveurs, par stimulations électriques (Ranasinghe et al., 2019).	303
Figure 50. Stimulation du retour de force (Perret & Vander Poorten, 2018).	303
Figure 51. Illusion de déplacement infini en réalité virtuelle (Nilsson et al., 2018).	305

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Figure 52. Exemple d'escape game en <i>VR</i> (The escape lab'Paris, 2021).	306
Figure 53. Exemple d'applications <i>VR</i> de travail à distance et collaboratif (Ino-VR, 2020)	307
Figure 54. Développement social de l'univers « Meta », <i>VR</i> haptique (Meta, 2021).	307
Figure 55. Phénomène de vallée de l'étrange, ou « uncanny valley », observé en robotique (Mori et al., 2012).	308
Figure 56. Exemple d'interface de personnalisation rapide de l'environnement virtuel.	308

**IMMERSION POUR UNE EXPÉRIENCE DE
CONSOMMATION EN ENVIRONNEMENT
MAITRISÉ PAR RÉALITÉ VIRTUELLE**

INTRODUCTION

1 INTRODUCTION

1.1 Modulation de la perception par le contexte

De nombreuses études nous permettent aujourd'hui de dire que le contexte influence nos expériences de consommation, ainsi que nos comportements alimentaires (Dacremont & Sester, 2019; Edwards et al., 2003; Galiñanes Plaza et al., 2019; Meiselman, 2019). L'étude d'Edwards et al. (2003), par exemple, met en évidence le fait qu'un même plat puisse être perçu et apprécié différemment, selon la situation de consommation. Dans cette étude, ce même « Chicken à la King and Rice » fût davantage apprécié en restaurant, qu'en cadre institutionnel (ex. en cafétérias universitaires). De même, une même molécule, comme l'acide isovalérique, peut être associée à des odeurs différentes, telles : du fromage et ainsi à des expériences agréables, dans un cadre alimentaire ; ou bien des pieds sales, voire à des expériences désagréables, en vestiaires de clubs de sport par exemple (Porcherot et al., 2018). Mais qu'appelons-nous contexte ? Dans la littérature plusieurs termes sont utilisés pour parler du contexte. Selon le dictionnaire Oxford, les mots « contexte », « situation », « environnement », « cadre » et « emplacement », en réfèrent tous aux « circonstances, conditions, alentours, facteurs, états des choses, situations, environnements, milieux, cadres, arrière-plans, décors, scènes, climats, atmosphères, ambiances » (Meiselman, 2019). Ces termes semblent être utilisés de façon interchangeable, mais il reste difficile de savoir si les auteurs y prêtent tous la même idée sous-jacente.

De façon plus générale, Manuel Jimenez (1997) décrit notre perception comme une représentation (*je ferme les yeux, je perçois encore mon environnement*) éphémère et immédiate de l'environnement (*je les ré-ouvre, l'oiseau n'est plus dans l'arbre*). Notre perception est d'une part sensorielle, c'est-à-dire qu'elle nécessite un environnement qui renvoie une énergie adéquate à nos récepteurs (*je ferme la fenêtre, j'éteins la lumière, je ne vois plus*). Et d'autre part, elle s'incorpore inconsciemment à notre cognition, c'est-à-dire qu'elle utilise nos connaissances (*le brouillard monte, je ne vois pas les étangs, mais je sais qu'ils sont là*). Au quotidien, notre perception naît d'une suite de traitements de l'information allant de la perception directe à la représentation cognitive. Les traitements montants, appelés « *Bottom-Up* », sont étroitement déterminés par les caractéristiques sensorielles, tandis que les traitements descendants, dits « *Top-Down* », prennent en compte nos connaissances et nos mémoires, pour importer des propriétés cognitives (Jimenez, 1997). C'est ainsi que l'homme perçoit et conceptualise son environnement naturel.

De par cette interaction entre perception directe et représentation cognitive, au quotidien, si l'intention de l'individu change, la situation change et les choses environnantes prennent une signification différente, en fonction de nos expériences passées et/ou de nos connaissances propres. Ce que Köster (2003) illustre avec les mots de Jean Paul Sartre : *« Supposons que vous entriez dans une pièce avec une photo et un clou, parce que vous vouliez l'accrocher au mur, mais que vous ayez oublié d'apporter un marteau. Maintenant, tout à coup, toutes les choses autour de vous se montrent dans leur capacité à servir de marteau. Le verre montre sa fragilité, les livres montrent leurs couvertures fragiles, etc. Enfin, vous enlevez votre chaussure et utilisez le talon de celle-ci. Lorsque le travail est terminé et que vous regardez autour de vous, toutes les choses ont perdu leur aspect de marteau ou de non-marteau. Les livres renvoient désormais à leur contenu, ou à l'auteur que vous aviez une fois rencontré lors d'une soirée littéraire, ou bien au lieu de vacances où vous les aviez lus pour la première fois et le verre vous montre la soif que vous a donné le travail de martelage. »*. Notre comportement dans l'espace se retrouve donc intimement connecté à notre perception de l'espace (Köster, 2003).

Dans notre perception de l'environnement, les informations les plus riches sont apportées par la sensation visuelle, fortement impliquée dans des phénomènes perceptifs importants, comme la perception des distances et des objets (Jimenez, 1997). Vision et audition jouent un rôle central dans notre attention consciente, contrairement à la voie bucco-nasale. Peu accordent une attention consciente au goût de leur nourriture, expliquant cette plus grande facilité à la description des formes visuelles que des saveurs. Pourtant, saveurs et odeurs, restent beaucoup plus liées aux émotions que ne le sont les expériences visuelles (Köster, 2003).

Pour illustrer la richesse des informations apportées par le contexte, Bisogni et al. (2007) proposent un cadre conceptuel caractérisant nos situations de consommation d'aliments et de boissons que l'on appellera « épisode de consommation ». Cet épisode de consommation peut être décrit comme un cadre holistique (perçu comme un tout congruent), caractérisé par les huit dimensions thématiques interconnectées suivantes : aliments et boissons, temps, lieu, activité, entourage social, état mental, condition physique, récurrence (**Figure 1**). On y retrouve ainsi des variables liées à l'environnement, à la temporalité et d'autres propres à l'individu. Dans le cadre contextuel entourant notre consommation, nous forgeons notre « expérience produit » en mêlant les caractéristiques mêmes du produit (caractéristiques intrinsèques : sa forme, son odeur, sa texture, ...), à nos caractéristiques propres (personnalité, compétences, valeurs), ainsi qu'à nos motivations. (Dacremont & Sester, 2019). Dans une certaine dynamique temporelle,

notre perception de l'épisode de consommation sera modulée par nos « expériences produit » passées et réciproquement cet épisode alimentera notre construction mentale de « l'expérience produit » (**Figure 2**).

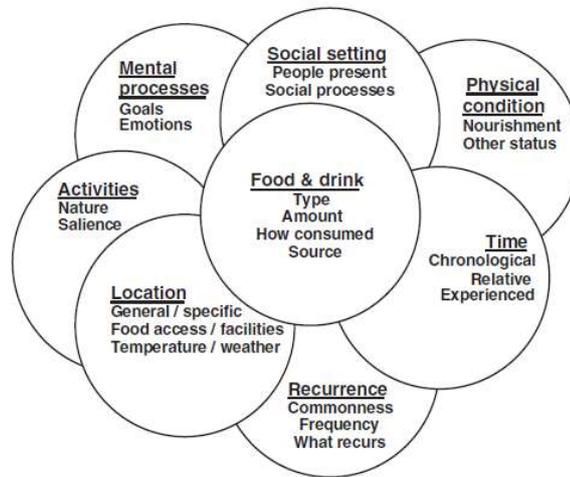


Figure 1. Dimensions de l'épisode de consommation (Bisogni et al., 2007).

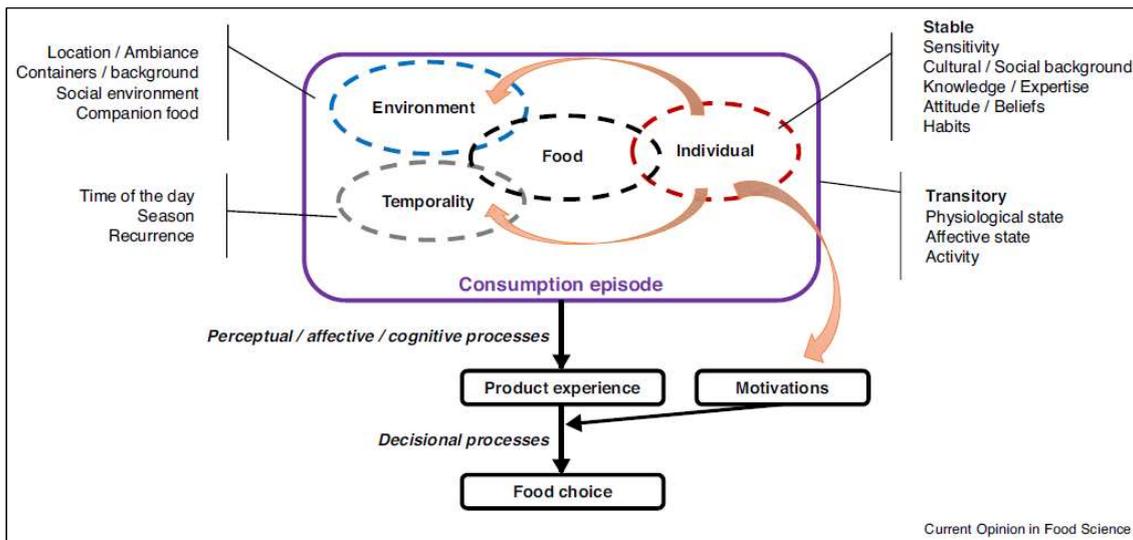


Figure 2. Représentation schématique des effets contextuels modulant le comportement alimentaire (Dacremont & Sester, 2019).

À travers le phénomène « d'ennui produit », Köster & Mojet (2007) illustrent la dynamique temporelle de cette expérience produit (**Figure 3**). À force de familiarisation, un produit nous paraîtra moins complexe. Au regard de la relation « en cloche » entre appréciation et complexité, deux évolutions du produit semblent possibles : si par exemple l'appréciation du produit par l'individu se situe au départ à son optimum, à mesure qu'il s'y familiarisera, il le percevra moins complexe et son appréciation de celui-ci diminuera, l'individu se lassant du produit ; tandis qu'un produit un peu moins apprécié au départ, mais plus complexe, sera une

valeur plus sûre sur le long terme, susceptible de voir son appréciation augmenter à mesure de cette familiarisation. Un autre phénomène dans cette dynamique est la montée lente de l'aversion, lorsqu'un aspect du produit est légèrement dérangentant au départ mais tout de même acceptable et qu'il finit par prendre en importance à force d'exposition au produit. Car l'évitement (basé sur des sentiments négatifs) augmente rapidement avec le temps, tandis que l'attraction (basée sur des sentiments positifs) soit diminuée avec le temps en raison de l'ennui précédemment décrit, soit augmente, cependant beaucoup plus lentement que l'évitement. (Köster & Mojet, 2007).

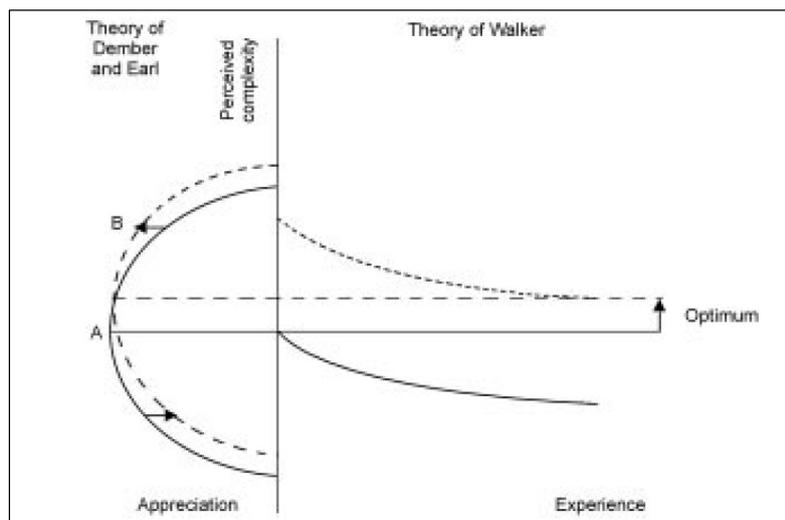


Figure 3. Dynamique de l'expérience produit : familiarisation, complexité, appréciation (Köster & Mojet, 2007).

Cette dynamique de l'expérience produit peut également apparaître lors de souvenirs plus anciens, dans lesquels les facteurs émotionnels ont une forte influence sur les choix et les comportements alimentaires. Comme l'expliquent Köster & Mojet (2015), les souvenirs des situations évoquées par l'expérience de consommation, plus que ceux liés à la nature de la nourriture elle-même, peuvent être en lien étroit avec des souvenirs d'enfance ou d'occasions particulières survenues plus tardivement dans la vie. Ces souvenirs ne surgissent néanmoins que lors d'expériences alimentaires suffisamment proches de l'expérience originelle. En cette situation, des changements légers de l'aliment (ex. changement d'épice, changement de texture) seront facilement détectés, conduisant à une surprise agréable, ou inversement, perturberont le souvenir, conduisant l'individu à une déception ou à une insatisfaction. Les émotions évoquées par le souvenir du produit sont essentielles dans la construction des attentes qui guideront les décisions de retour vers ce produit (Köster & Mojet, 2015).

En résumé, les effets contextuels peuvent relever de variables relatives à l'environnement (physique, social, temporel), intrinsèques à l'individu et modulées par des processus perceptifs, attentionnels et décisionnels (Dacremont & Sester, 2019). L'ensemble de ces influences contextuelles et leur complexité d'interaction interrogent alors sur la façon d'étudier et d'appréhender le comportement alimentaire (**Figure 4**).

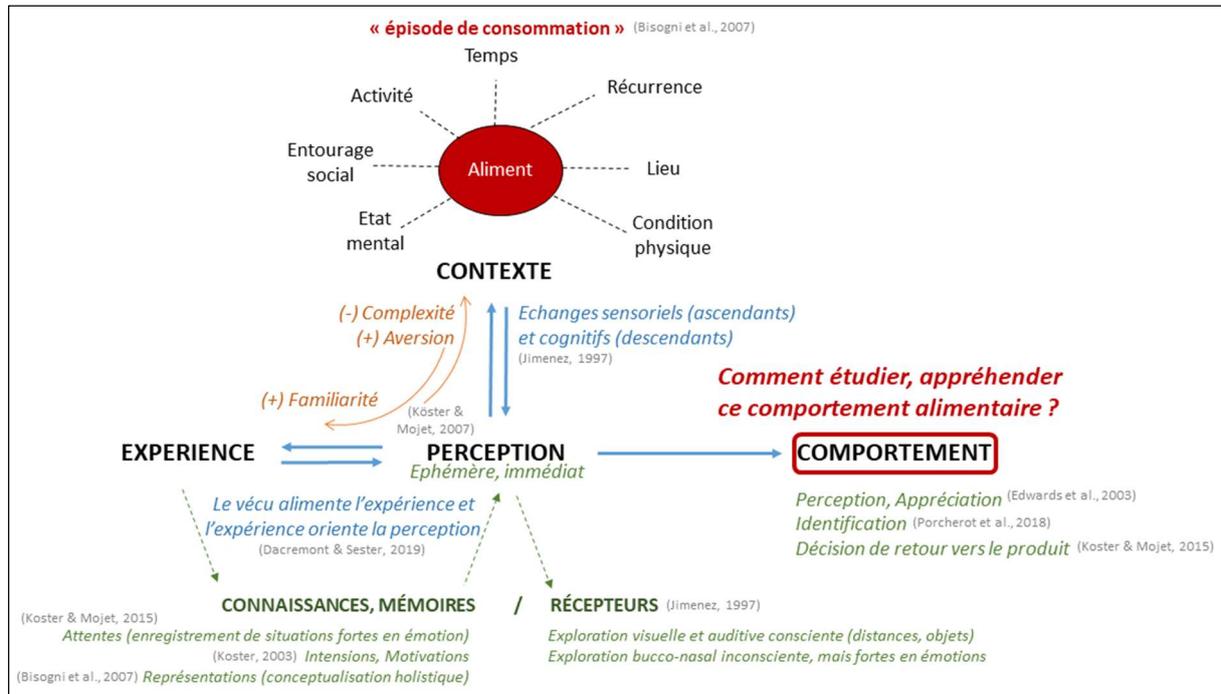


Figure 4. Schématisation bilan des phénomènes introduits.

1.2 Enjeux en évaluation sensorielle

En matière d'alimentation, le sensoriel occupe une place, peut-être inconsciente, mais non négligeable. Dans notre monde actuel où le besoin est au développement durable, bien que des technologies et des approches innovantes existent pour gérer et intensifier durablement la chaîne de l'approvisionnement agricole, en conservant ou en rétablissant la base des ressources naturelles, ces changements ne pourront s'opérer sans la prise en compte de nos modes de consommation. Des tendances de consommation positives à cet égard sont observées (aliments biologiques, régimes végétariens ou flexitariens, évitement du gaspillage alimentaire, ...), mais les perceptions sensorielles et hédoniques, de même que les attentes vis-à-vis de la nourriture font partie des nombreux obstacles au changement alimentaire. Entre les objectifs à court terme (ex. hédoniques) et ceux à long terme (ex. résultats sur la santé, impact environnemental) que servent la nourriture, les consommateurs ne veulent troquer le premier pour le second ; ils ne pourront donc être étudiés l'un sans l'autre (Aschemann-Witzel et al., 2019). Comment et

pourquoi les gens mangent-ils comme ils le font ? Ce sont des questions cruciales pour les chercheurs sur les choix alimentaires, les professionnels de la santé et de l'industrie alimentaire (Bisogni et al., 2007).

Les premières recherches sur l'alimentation se concentrent beaucoup autour des aliments et nutriments consommés ou bien sur les caractéristiques de la personne, avec beaucoup moins d'attention pour les facteurs situationnels. Pourtant lorsqu'un changement de comportement alimentaire est nécessaire, les facteurs situationnels rendent souvent difficile la mise en place des pratiques alimentaires recommandées (Bisogni et al., 2007). Parmi les facteurs contextuels par exemple, l'influence de l'état émotionnel sur les choix et les comportements alimentaires joue un rôle important dans les facteurs de développement de l'obésité où la consommation alimentaire intervient pour réduire les émotions fortes et désagréables (Köster & Mojet, 2015).

Certains problèmes de santé publique peuvent donc être encouragés par le contexte. La compréhension de notre consommation dans son contexte naît aussi des changements sociétaux bouleversant nos habitudes alimentaires (Bisogni et al., 2007). En Amérique du Nord par exemple, où l'obésité alarme depuis 1980, plusieurs facteurs participant à la prise de poids ont été étudiés, dont la disponibilité d'aliments riches en énergie, à bas prix et la taille des portions alimentaires. Si certains contextes comme les buffets, pourraient favoriser cette consommation alimentaire excessive et par conséquent l'obésité, davantage de recherches contextuelles seront donc nécessaires pour comprendre cette relation entre buffets, apports énergétiques et prises de poids (Temple & Nowrouzi, 2013).

Dans l'industrie alimentaire, de nombreux efforts sont à fournir pour aller vers les objectifs de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), vers le « mieux manger » (objectifs décrits en France par le Programme National Nutrition Santé - PNNS, lancé en janvier 2001, prolongé en 2006, puis en 2011), l'analyse sensorielle intervient à plusieurs étapes. L'étude des perceptions sensorielles et des réponses affectives est en effet essentielle à toute étude de produit alimentaire. Cette science multidisciplinaire est applicable à plusieurs niveaux, tels ceux du développement de produit, de l'amélioration de produit, du contrôle qualité, de l'étude de conservation et du développement de process. Bien que l'impression sensorielle, que se fait le consommateur du produit, commence sur le marché où de premières informations perceptives et sémantiques guideront sa sélection, les facteurs sensoriels révélés au moment de sa consommation seront des déterminants majeurs de son comportement de retour vers ce produit

(Watts et al., 1989). Et pourtant, malgré cette considération sensorielle dans l'innovation, nombreux sont les échecs de nouveaux produits alimentaires lancés sur le marché (Costa & Jongen, 2006). Quelles explications peut-on donner à cette difficulté d'acceptation ?

Les raisons de ces échecs sont multiples. Köster & Mojet (2007) expliquent par exemple comment la non prise en compte de l'évolution temporelle de l'expérience produit peut conduire à « l'ennui du produit ». À mesure de leur familiarisation avec le produit, bien qu'initialement accepté sur ses propriétés intrinsèques, les consommateurs pourront se lasser de celui-ci. Pour Christensen et al. (2016), derrière l'échec de nouveaux produits se cache un manque de prise en compte des motivations contextuelles guidant à la consommation du produit. Un produit ne trouvera pas d'intérêt à être consommé s'il ne répond pas à un besoin spécifique. Cette théorie « jobs to be done » (Christensen et al., 2016), apporte un point de vigilance sur les corrélations d'acheteurs avec leurs informations démographiques et psychographiques ; elles sont souvent utilisées par les équipes marketing, mais n'apportent pas de signification de causalité, ni ne porte d'attention sur les circonstances de consommation. Les « jobs », que nous traduirons ici par « missions », représentent ce que l'individu cherche réellement à accomplir dans une circonstance donnée ; elles sont complexes et variées. Nous avons par exemple plusieurs missions à accomplir dans nos vies : certaines sont petites (*passer le temps dans une file d'attente*), d'autres sont grandes (*trouver une carrière plus épanouissante*), certaines sont superficielles et imprévues (*m'habiller pour une réunion d'affaire après que la compagnie aérienne ait perdu ma valise*), d'autres sont récurrentes (*préparer un déjeuner sain pour ma fille à emporter à l'école*). Ces circonstances peuvent tenir une place plus importante que les caractéristiques du consommateur, que les attributs du produit, que les nouvelles technologies ou tendances. L'achat d'un produit est donc principalement guidé par le besoin de répondre à une mission. Si ce produit remplit la mission, le consommateur sera susceptible d'y revenir la prochaine fois et à chaque fois qu'il sera confronté à cette situation. Mais s'il n'y répond pas correctement, le consommateur n'y reviendra pas et cherchera une autre alternative pour la remplir.

De façon plus générale, les auteurs soulignent un décalage entre la situation réelle de consommation et les études de perceptions sensorielles et hédoniques menées en laboratoire. Au profit de la précision, en industrie alimentaire, les tests hédoniques (capturant l'appréciation du produit par les consommateurs) sont généralement mis en place en environnement neutre et contrôlé, aussi appelé « *Central Location Test (CLT)* » (Delarue & Boutrolle, 2010). Dans ce contexte contrôlé, loin du contexte réel de consommation, Köster (2003) souligne le risque de

distorsions du comportement réel par la mesure séparée de variables étroitement imbriquées et par leur recombinaison ultérieure sur des bases purement statistiques. De même, le produit testé seul en *CLT* pourrait remplir, en situation réelle, des fonctionnalités différentes selon sa combinaison avec d'autres composants du repas. Et si une expérience sensorielle reste normalement implicite et inconsciente, demander des déclarations explicites aux participants peut aller à l'encontre de l'objectif propre à l'expérience (Köster, 2003). Tandis que le contexte est souvent négligé quand il s'agit de tests alimentaires, pour d'autres secteurs industriels il prend une part importante dans l'évaluation du produit (Delarue & Boutrolle, 2010). C'est le cas en cosmétique, où en situation réelle, les produits sont généralement portés et réutilisés pendant une journée entière et où les développeurs s'intéressent davantage aux propriétés du « produit en utilisation ». Il est connu pour ce secteur, que les tests « consommateurs » ne peuvent être standardisés que jusqu'à un certain point, très souvent dépendants de différences interindividuelles (morphologie, physiologie, gestuelle). De même, en industrie automobile il sera difficile de négliger le contexte dans le processus de construction du jugement, étant donné la forte interaction de la voiture avec le contexte de la route (Delarue & Boutrolle, 2010). L'influence du contexte sur l'appréciation et le choix alimentaire questionne la validité de ces mesures perceptives et hédoniques ; d'un point de vue théorique, nous nous attendons à ce que la situation et les modalités de consommation d'un produit alimentaire exercent une forte influence sur la perception et l'appréciation de ce produit, différente selon la situation de consommation (Delarue & Boutrolle, 2010; Galiñanes Plaza et al., 2019). Inversement, il serait difficile en situation réelle de mesurer l'ensemble des variables, toutes en même temps, sur le même groupe de personnes, sans bouleverser leurs comportements habituels (Köster, 2003). Cela nous amène à nous poser la question : quel est le poids du design expérimental sur la fiabilité des données collectées (Delarue & Boutrolle, 2010) ?

Depuis la proposition de Meiselman en 1992, d'étudier l'aliment réel en contexte réel, plusieurs études ont été conduites dans un cadre naturel de consommation ; cependant, le gain de réalisme pour ces études en contexte naturel est obtenu au détriment de contrôle sur les variables contextuelles, questionnant ainsi la reproductibilité et la transférabilité des résultats (Galiñanes Plaza et al., 2019). En cette dernière décennie, plusieurs approches ont été développées pour combler ce gap entre contexte de laboratoire et contexte naturel. Elles englobent l'étude de « contexte évoqué », de « technologies immersives » ou d'utilisation de la « réalité virtuelle » (Galiñanes Plaza et al., 2019; Porcherot et al., 2018). Il n'y a toutefois, comme soulevé par Galiñanes Plaza et al. (2019), pas de critère standardisé déterminant le type

de variable à ajouter ou à ne pas ajouter, ni comment ni où le faire, questionnant encore la validité et la transférabilité des données obtenues dans ces conditions (**Figure 5**).

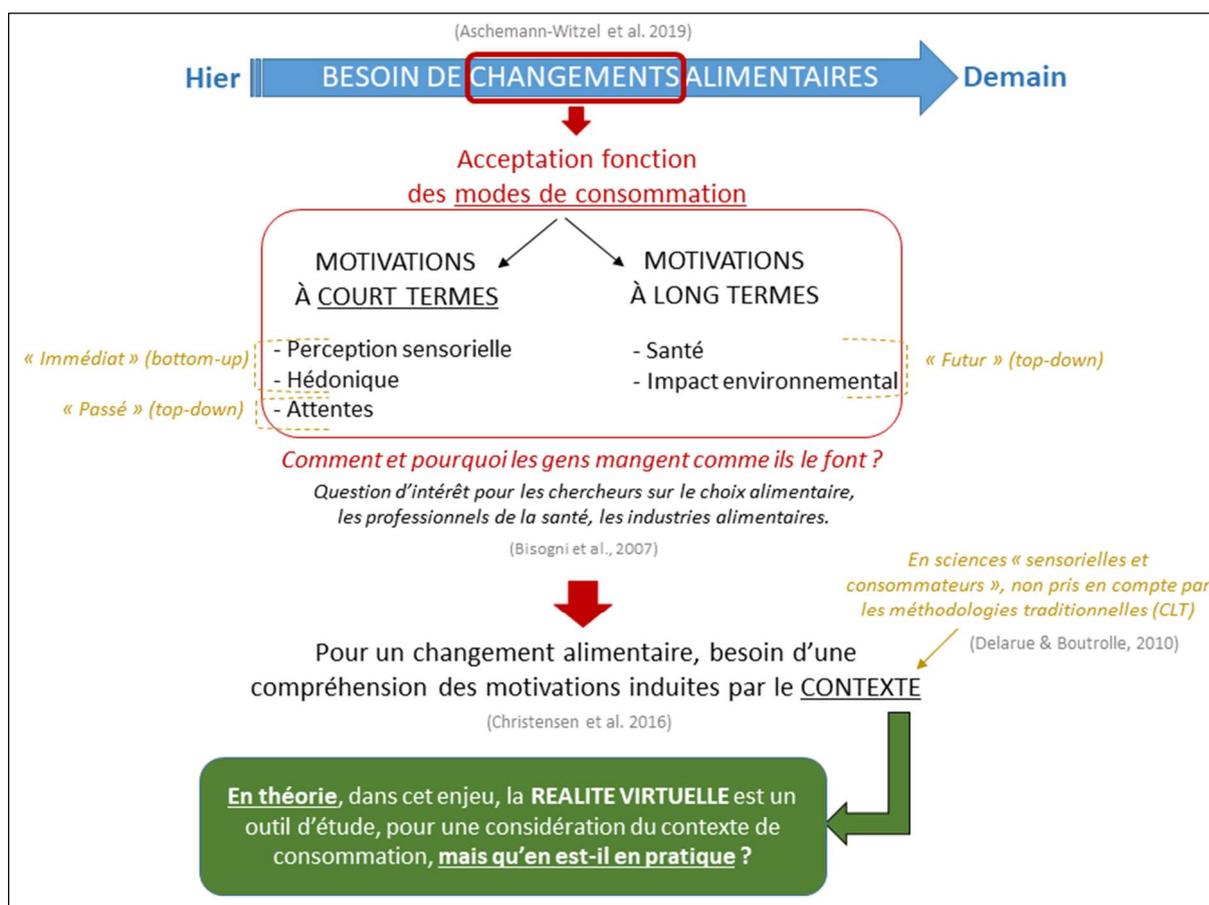


Figure 5. Schématisation bilan des enjeux introduits.

1.3 Validité et stratégies immersives

On retrouve dans la littérature une distinction entre les termes « naturel » et « naturaliste », où naturel signifie quelque chose existant dans la nature tandis que naturaliste signifie quelque chose ressemblant à la nature. Sa propre cuisine, ou un restaurant sont tous deux des contextes alimentaires naturels, pour y manger ; une cafétéria universitaire est également un contexte naturel, tandis qu'un laboratoire universitaire n'est pas un contexte naturel. Meiselman (2019) soulève alors les questions suivantes : un laboratoire peut-il être décoré pour être naturaliste, afin de ressembler à la nature ? Un laboratoire pourra-t-il un jour ressembler à un contexte naturel de consommation ?

On appelle validité écologique, la possibilité ou non de généraliser le comportement observé en laboratoire au comportement naturel dans le monde (Schmuckler, 2001). En sciences « sensorielles et consommateurs », les expériences en laboratoire, traditionnelles, appelées

« *Central Location Test (CLT)* », permettent un meilleur contrôle des conditions de réalisation de l'étude (environnement, tâche réalisée, présentation des produits), ainsi que des caractéristiques des participants (poids, état de faim, période de jeûne...). Ces facteurs assurent la capacité d'expliquer les relations causales entre les stimuli et la réponse, mais dans un cadre éloigné du contexte réel de consommation, ils rendent difficile la généralisation de ces résultats au monde réel. Inversement, les expériences en environnements naturels de consommation peuvent manquer de contrôle sur ces facteurs. Elles assurent certes une plus grande validité écologique avec des relations naturelles entre les participants et les stimuli, sans restriction ni contrôle de l'environnement, mais rendent plus laborieuse, par la perte de contrôle, l'explication des relations causales entre les stimuli et la réponse (Galiñanes Plaza et al., 2019).

Afin de combiner le contrôle et la prise en compte du contexte, de nouveaux cadres méthodologiques d'études sensorielles s'installent alors peu à peu en laboratoire, allant d'une simple évocation du contexte par la présentation d'un scénario écrit, à l'enrichissement perceptif des cabines de tests sensoriels (ajout odeurs, d'images, ...), jusqu'à la reconstruction d'environnements physiques et depuis peu, d'environnements virtuels (Porcherot et al., 2018). À travers ces diverses approches, se mêlent stimulations cognitives et perceptives, allant d'évocations seules, à des environnements simulés plus ou moins riches et interactifs. Les stratégies immersives, combinant stimulations cognitives et perceptives, semblent s'approcher davantage de la logique mécanique du réel, dans laquelle l'information est traitée par alternance, entre perception directe (« *Bottom-Up* ») et représentation cognitive (« *Top-Down* ») (Jimenez, 1997). Mais arriveront-elles à immerger suffisamment le participant pour l'amener à un comportement représentatif de son quotidien réel de consommation ?

N'ayant pas de critère explicitement défini pour reconstruire un cadre écologiquement valide (Schmuckler, 2001), que valent ces approches cherchant à évoquer un épisode de consommation (Bisogni et al., 2007) ? Répondent-elles à l'objectif d'appréhender la perception d'un produit dans son contexte réel de consommation ? Comme le souligne Köster (2003) : « *trouver toutes les situations dans lesquelles les gens mangent des choses ne sera pas trop difficile. Nous pourrions utiliser notre propre imagination et la compléter avec un simple questionnaire ou même avec des discussions de groupe. Représenter les situations sous une forme telle que tous les individus puissent s'y identifier est beaucoup plus difficile* ».

Parmi ces nouvelles approches contextuelles, la réalité virtuelle (VR, « *Virtual Reality* »), bien qu'étant un concept ancien mais d'utilisation nouvelle dans le domaine

« sensoriel et consommateurs », attire et interroge. Elle est définie par la finalité « *de permettre à une personne, ou à plusieurs, des activités sensorimotrices et cognitives dans un environnement artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel* » (Fuchs, 1996). En comparaison avec un environnement physiquement recréé, l'environnement *VR* peut rapidement être modifié pour en changer le contexte, en passant par exemple d'une cuisine à un espace public, pour dupliquer l'évaluation d'une même odeur (Porcherot et al., 2018). Et au-delà du contexte, la *VR* présente un potentiel intéressant pour tester des produits en phase amont de conception, comme cela a déjà été exploré dans d'autres domaines (Kadri, 2007), ainsi que pour faciliter l'étude des interactions sensorielles intermodales (Narumi et al., 2011), l'avantage ici étant d'y intégrer le contexte contrairement à d'autres technologies. Mais sa présence étant récente dans le domaine « sensoriel et consommateurs », sa capacité à transformer les pratiques méthodologiques actuelles (ses avantages, ses limites) restent encore à approfondir (Jaeger & Porcherot, 2017).

À travers ce manuscrit de thèse nous répondrons donc à la problématique suivante : « **Comment augmenter la validité écologique de la mesure sensorielle par l'évocation d'un épisode de consommation à l'aide de la réalité virtuelle ?** ». Pour y répondre nous explorerons dans un premier chapitre, l'impact de l'enrichissement perceptif sur le sentiment de présence. Puis nous regarderons dans un second chapitre, la définition de l'épisode de consommation. Et pour finir nous identifierons dans un troisième chapitre, la possibilité d'une mise en pratique de cet outil virtuel pour une évaluation de produit.

ÉTAT DE L'ART

2 ÉTAT DE L'ART

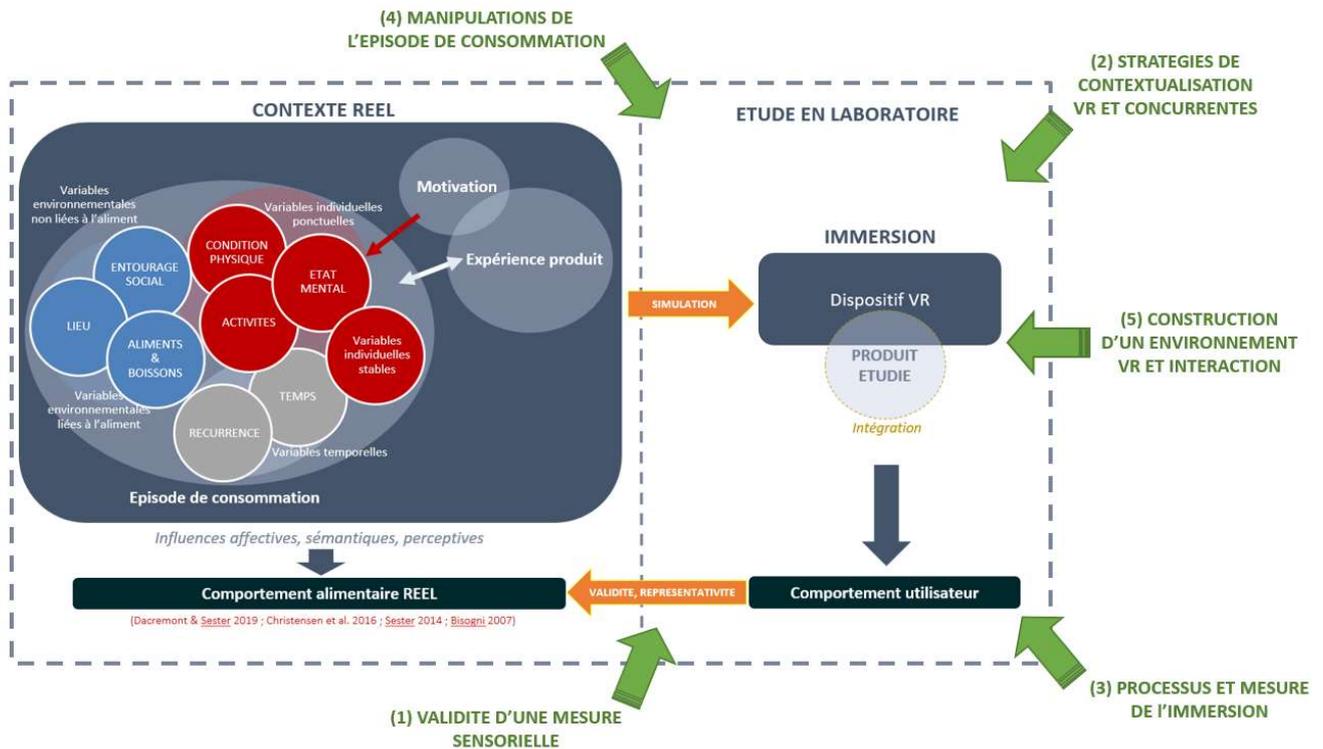


Figure 6. Représentation schématique du positionnement des notions introduites par l'état de l'art (*en vert*).

2.1 Validité d'une mesure sensorielle et enjeux

2.1.1 Qu'est-ce que la validité ?

2.1.1.1 *Concept de validité de la mesure (interne / externe)*

La validité des données expérimentales est souvent évaluée selon deux perspectives complémentaires : la validité interne et la validité externe (Galiñanes Plaza et al., 2019). La validité interne fait référence à la capacité des données expérimentales à fournir une compréhension et à expliquer les relations causales au sein d'une expérience. La validité externe fait référence à la capacité des résultats d'une expérience donnée à être généralisés à d'autres situations. Selon Galiñanes Plaza et al. (2019), passer d'expériences contrôlées à des expériences naturelles implique un compromis entre ces deux perspectives.

2.1.1.2 Concept de validité en recherche « humaine » (écologique)

En 1977 Bronfenbrenner, soulève la question de l'écologie expérimentale de la recherche sur le développement humain. Il invite à une nouvelle approche de cette recherche, en tenant compte de l'interaction entre l'humain en croissance et les environnements changeants dans lesquels il vit et grandit réellement (Bronfenbrenner, 1977). La « **validité écologique** », apparentée à l'idée de validité externe, est considérée par Schmuckler (2001) comme faisant référence à la possibilité, ou non, de généraliser le comportement observé en laboratoire au comportement naturel dans le monde. Le questionnement de la validité écologique sonde plusieurs dimensions du travail expérimental : la nature du cadre expérimental (contexte), des stimuli étudiés (produit) et de la réponse de l'observateur utilisée comme mesure (tâche) (Schmuckler, 2001). À ces trois dimensions, Galiñanes Plaza et al. (2019) proposent l'ajout d'une quatrième : la nature des participants.

2.1.1.2.1 Garantir la validité écologique : Nature de l'environnement où prend place l'expérimentation (contexte)

Pour garantir la validité écologique, l'environnement dans lequel prend place l'expérimentation (contexte) doit assurer la représentativité et le caractère naturel du cadre de recherche. L'environnement doit donc contenir des caractéristiques cruciales du cadre naturel, afin d'être fonctionnel dans la production et l'observation, pour permettre aux acteurs de l'expérience de se comporter comme à leur habitude (Schmuckler, 2001).

Dans le domaine alimentaire, les « *Central Location Tests (CLT)* », d'environnement neutre et contrôlé, sont utilisés au profit de la précision pour favoriser la validité interne de la mesure. Par le contrôle du contexte, il devient plus facile en effet d'expliquer les relations causales des variables isolées. Cependant, la recombinaison ultérieure, sur des bases purement statistiques, de ces variables étroitement imbriquées et mesurées séparément, n'est pas sans conséquence sur la représentativité du comportement. Par la perte de naturel du contexte, les résultats perdent de leur capacité à être généralisés aux situations réelles (Delarue & Boutrolle, 2010). Il serait néanmoins difficile en situation réelle de mesurer l'ensemble des variables, toutes en même temps, sur le même groupe de personnes, sans bouleverser leur comportement habituel (Köster, 2003). Ce qui attire notre attention sur les mots de Schmuckler (2001) : « *contenir des caractéristiques cruciales du cadre naturel, afin d'être fonctionnel [...] permettre aux acteurs de l'expérience de se comporter à leur habitude* » ; sous-entendant l'éventualité de

simuler un contexte, sans qu'il soit complètement réaliste, à la condition qu'il induise un comportement suffisamment naturel.

Les questions importantes que soulève Schmuckler (2001) est de déterminer pour qui l'environnement expérimental doit-il être représentatif ? Et le contexte réel de qui doit-il simuler ? À cela nous pourrions ajouter la question du comment : comment simuler un contexte induisant un comportement représentatif ?

2.1.1.2.2 *Garantir la validité écologique : Nature des stimuli examinés (produit)*

Pour garantir la validité écologique, les stimuli examinés (le produit) doivent, tout comme le contexte, assurer la représentativité et le caractère naturel du cadre de recherche. L'observateur porte un jugement sur les objets naturels et quotidiens avec lesquels il entre en contact. Dans la définition de Schmuckler (2001), le stimulus correspond à une occurrence ponctuelle au niveau des récepteurs sensoriels, qui peut ne pas être informative quant à sa source, ou bien un évènement riche et imbriqué impliquant des objets, des surfaces et leurs relations. Il s'agit d'évènements de réalité primaire, constituant les aspects principaux du monde qui nécessitent et reçoivent l'attention des animaux, avec une perception impliquant la collecte d'informations (souvent intermodales) dans un flux spatio-temporel continu (Schmuckler, 2001). En sciences sensorielles, le stimulus correspond au produit testé.

Dans le domaine alimentaire, en *CLT*, le produit est généralement testé seul alors qu'il pourrait remplir, en situation réelle, des fonctions différentes selon sa combinaison avec d'autres composants du repas (Köster, 2003), avec une taille de portions souvent plus petites qu'en environnements plus naturels (Galiñanes Plaza et al., 2019). Selon la taille de l'aliment testé au fil du temps, aussi appelée « unité de référence alimentaire » (*eating reference unit*) (bouchée, plat, repas ou régime alimentaire), le niveau de complexité, l'importance temporelle et l'importance spatiale seront perçus différemment (Galiñanes Plaza et al., 2019). De même, les associations aromatiques entre les produits, modulent l'appréciation et la complexité perçues (Eschevins et al., 2018). Certaines études tiennent compte du repas plutôt que du produit isolé, mais la définition du repas n'est pas standardisée, étant dépendante de la culture et des orientations des chercheurs (Galiñanes Plaza et al., 2019). De même, les méthodes de préparations et cuissons sont souvent optimisées et standardisées lors des tests pour minimiser les variations entre les lots de produits, pourtant, comme le soulignent Galiñanes Plaza et al. (2019), le mode de préparation des aliments intervient dans la formulation du jugement

hédonique. En situation réelle des variations peuvent en effet se produire dans les méthodes de préparation, susceptibles d'en impacter le goût et la discrimination des produits, des variations dont les données obtenues en tests standardisés ne rendent pas compte. Les études laissant les participants préparer les produits par eux-mêmes, selon leurs propres habitudes, tel qu'ils le feraient en conditions naturelles, amèneraient donc davantage de validité quant à la nature du produit (Galiñanes Plaza et al., 2019).

Dans cette réflexion Schmuckler (2001) pose la question de la pertinence des stimuli s'ils sont retirés de leur contexte naturel : s'agit-il de stimuli critiques pour déterminer le comportement ou la perception ? Quelle est l'importance de ces stimuli dans la population de stimuli possibles ? Du point de vue alimentaire, cela soulève donc la question de la représentativité du produit isolé de son contexte, ainsi que du focus porté sur un échantillon non représentatif de l'ensemble alimentaire auquel il pourrait être mêlé.

2.1.1.2.3 Garantir la validité écologique : Nature du comportement / réponse requis(e) du participant à l'expérience (tâche)

Pour garantir la validité écologique, comme les stimuli et le contexte, la réponse requise du participant à l'expérience (tâche) doit être représentative et naturelle, échantillonnant le comportement le plus approprié pour la problématique étudiée, représentant une partie importante du répertoire comportemental. Bien que de nombreux et différents comportements soient possibles, s'ils ne surviennent qu'en situation contrainte, leur importance dans le fonctionnement psychologique est discutable. Ce comportement observé doit donc être pertinent pour le processus psychologique étudié (Schmuckler, 2001).

Dans le domaine alimentaire, au cours d'études « sensorielles et consommateurs », les participants répondent généralement à un questionnaire après avoir goûté un produit. Le retour du participant sur le produit est souvent demandé par évaluation explicite, tandis qu'en situation réelle de consommation l'expérience sensorielle reste plutôt implicite et inconsciente. Demander des déclarations explicites aux participants semble donc déjà aller à l'encontre de l'objectif propre de l'expérience (Köster, 2003). À cela s'ajoute le cadrage de la tâche, le nombre de questions et la manière de les poser, qui sont susceptibles d'impacter les réponses des consommateurs (Galiñanes Plaza et al., 2019). En situation réelle, la consommation de l'aliment peut également être parallèle à une activité (Bisogni et al., 2007) : des différences d'attention portée à l'aliment ou de perception du temps pourront impacter le jugement, la prise

de décisions et en affecter le résultat d'un test hédonique ou d'une expérience de choix (Galiñanes Plaza et al., 2019). Si la tâche est peu naturelle en *CLT*, en situation de test à domicile « *Home-Use Test* » (*HUT*) la tâche n'est plus contrôlée. Mais la famille, consciente qu'une évaluation du produit lui est demandé, va finalement consacrer au produit une attention beaucoup plus grande qu'elle ne le ferait normalement (Köster, 2003).

Favoriser la représentativité de la tâche en situation expérimentale, implique alors la question suivante : quelle est la position de l'aliment au sein de l'épisode de consommation ? Est-il aussi au centre de l'attention du consommateur que le permet une situation contrôlée ?

2.1.1.2.4 *Garantir la validité écologique : Nature des participants*

Pour Galiñanes Plaza et al. (2019), la nature des participants entre également dans la poursuite de la validité écologique. En effet, les croyances, les attitudes, les intentions, les connaissances et l'exposition initiale, étant susceptibles d'impacter les perceptions et les décisions, il convient donc d'adapter le recrutement des participants à l'objectif de l'étude. Pour être en mesure de généraliser les résultats à une population (spécifique ou diversifiée), les participants recrutés devront en être représentatifs. Mais au-delà de cette sélection représentative, l'état d'esprit des participants représente une réelle difficulté : leurs motivations et leur implication peuvent grandement différer en situation expérimentale, de la réalité (Galiñanes Plaza et al., 2019). Arriveront-ils, hors contexte, à retrouver leurs motivations pour le produit ? Participent-ils par faim (dégustation gratuite), par contrainte (rapport étudiant-enseignant), par curiosité pour l'étude (intérêt pour la recherche, non naïfs), ou bien par motivation pour l'indemnisation (compensation / remerciement, opposés à la logique du quotidien du consommateur où son alimentation lui coûte) ?

2.1.2 *Comment mesurer la validité ?*

Dans cette quête de validité émergent de nombreuses méthodologies « sensorielles et consommateurs ». Mais l'ambiguïté entre quêtes de validités, interne et externe, complexifie la décision du chercheur quant au choix méthodologique répondant au mieux à son objectif. Galiñanes Plaza et al. (2019) illustrent cette ambiguïté par le discours suivant : « *Si un chercheur mène une expérience dans un contexte d'intérêt, sans modifier l'écologie de ce contexte particulier, la validité interne, ainsi que la validité écologique de ce contexte, peuvent être assurées. Cependant, si ce chercheur mène une expérience dans un contexte qui diffère*

fortement du contexte d'intérêt, ou doit en modifier ce contexte pour établir une validité interne, les inférences peuvent ne plus garantir la validité écologique. ». Afin d'aider à cette prise de décision méthodologique, différents indices sont identifiés dans la littérature pour tenter d'approcher de façon plus quantitative les validités, interne et externe, de ces mises en places expérimentales.

2.1.2.1 *Mesure de validité interne*

La validité interne renvoie à la comparaison des produits entre eux, avec l'objectif d'assurer que les différences observées soient effectivement dues à la nature de ces produits eux-mêmes et soient bien indépendantes des conditions expérimentales mises en œuvre. L'évaluation de la validité interne de la mesure « sensorielle et consommateurs » est souvent associée aux notions de fiabilité, robustesse et reproductibilité (Galiñanes Plaza et al., 2019) :

- **Fiabilité** : « degré auquel le résultat d'une mesure, d'un calcul ou d'une spécification peut être considéré comme précis. » (*Oxford, « Reliability »*)
- **Robustesse** : « mesure de la capacité de la méthode à ne pas être affectée par des variations faibles mais délibérées des paramètres de la méthode (environnement, protocole, laboratoire, équipement, personnel, ...) ».
- **Reproductibilité** : « capacité d'une expérience ou d'un essai scientifique à être répétés pour obtenir un résultat cohérent ». (*Oxford, « Replicability »*)

Ces critères sont généralement permis en « *Central Location Test* » (*CLT*) grâce au contrôle des variables expérimentales par l'application de normes (normes ISO - standard international) qui établissent un cadre méthodologique pour expliquer les relations causales. L'observation d'un écart entre prédictions faites en laboratoire et celles faites en situation réelle remet cependant en question la notion de fiabilité (Galiñanes Plaza et al., 2019).

Dans la littérature « sensorielle et consommateurs », associée à cette notion de validité interne, nous retrouvons l'évaluation suivante des données collectées sur les produits :

- **Répétabilité de l'évaluation** (Bangcuayo et al., 2015; Hathaway & Simons, 2017; Hein et al., 2010, 2012) : Répétition d'une évaluation hédonique entre deux laps de temps donnés (plusieurs jours à plusieurs semaines) ou sur un produit dupliqué dans la même séance d'évaluation, puis analyse de leur proximité.

- **Puissance du test hédonique / Discrimination** (Bangcuyo et al., 2015; De Andrade et al., 2016; Hathaway & Simons, 2017; Hein et al., 2010, 2012; Hersleth et al., 2015; Holthuysen et al., 2017; Jaeger et al., 2017; S.-E. Kim et al., 2016; Liu et al., 2017; Lusk et al., 2015; Sinesio et al., 2018, 2019) : Évaluation de produits différents (en termes hédoniques, sensoriels ou d'intention d'achat, ...) et analyse de la finesse de leur discrimination sur l'échelle de notation.

2.1.2.2 *Mesure de validité externe*

De cette notion de validité externe, dérive l'idée de validité écologique, capacité à généraliser le comportement observé en laboratoire, au comportement naturel. Cependant, aucun critère explicite n'a été proposé pour appliquer ce concept à une évaluation de la recherche. Sans critère d'appréciation de la validité écologique, les stimuli, le contexte, ou la tâche, jugés écologiquement valides pour certains chercheurs peuvent être perçus par d'autres comme arbitraires, triviaux ou écologiquement invalides (Schmuckler, 2001). Mais si ces trois dimensions réunies de la validité écologique (nature du contexte, du stimulus et de la tâche) amènent au « sentiment de présence », alors indirectement une évaluation de la validité écologique est possible via l'exploration de la capacité immersive du dispositif expérimental amenant au sentiment de présence * (Gorini et al., 2010; Schmuckler, 2001). **Ce sentiment de présence sera davantage détaillé en partie « 2.3. L'immersion ».*

Selon la définition de Schmuckler (2001), si la validité écologique de la méthode de recherche est suffisante, alors nous nous attendons à ce que le participant se comporte « à son habitude », comme il le ferait d'ordinaire en situation réelle. Pour qualifier le dispositif expérimental sur sa capacité à reproduire le réel, au-delà de la capacité immersive, nous retrouvons les mesures suivantes :

- **Cohérence du comportement / de la tâche accomplie** (Allirot et al., 2014; Andersen et al., 2018; Bangcuyo et al., 2015; Bell et al., 1994; De Andrade et al., 2016; Hein et al., 2010, 2012; Jaeger et al., 2017; Ouellet et al., 2018; Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019; Ung et al., 2018; van Herpen et al., 2016) : sélection de produit (choix, quantité, variété, apport calorique) ; performances de mémorisation ; facilité de recherche de produit, temps passé sur les produits, zone explorée, informations regardées ; faim, envie pour un produit, motivations ; durée d'évaluation du produit,

temps passé sur la tâche, ..., analysés par comparaison directe à la situation réelle ou identification de réponses aux attentes pour ce type de situation.

- L'épisode réel de consommation étant décrit comme un ensemble congruent (Bisogni et al., 2007), l'étude des **associations produit–contexte et de leur congruence** peut également être une piste d'évaluation (Andersen et al., 2018; Bell et al., 1994; Giacalone et al., 2015; Liu et al., 2017; Sester et al., 2013) : choix de produits selon le contexte ; évaluation du caractère approprié du produit au contexte évoqué ; questionnements indirects sur la typicité des produits dans un contexte donné ; comparaison indirect des attentes réelles aux observations comportementales de la condition immersive ; cohérence du choix de la récompense avec le contexte précédemment évoqué ; envie pour un produit plus congruent.
- La comparaison entre les conditions expérimentales, sur la **discrimination des produits**, sur leur **appréciation moyenne** ou sur les **préférences des consommateurs** (Bangcuyo et al., 2015; Bell et al., 1994; De Andrade et al., 2016; Hathaway & Simons, 2017; Hein et al., 2010, 2012; Holthuysen et al., 2017; Jaeger et al., 2017; S.-E. Kim et al., 2016; Liu et al., 2017; Sinesio et al., 2018), peut également être une piste. Si l'on cherche à maximiser la validité interne, la plus forte discriminabilité sera certes attendue, mais si l'on recherche une maximisation de la validité externe le résultat le plus proche du cadre réel peut être recherché, encore faut-il connaître cette référence (cadre réel).

Pour Jaeger & Porcherot (2017), la validité écologique n'est ni simple, ni bien définie. Il faut donc accepter que les réponses à ces questions « quand la validité écologique est-elle requise ? » et « avec quelle importance ? » restent très spécifiques à l'étude.

2.2 Stratégies de contextualisation

On observe un conflit entre la volonté de maintenir ce que l'on pense être un contrôle scientifique adéquat, et le souhait d'imiter, aussi fidèlement que possible, les éléments critiques du contexte, du stimulus et de la tâche, caractéristiques de la situation réelle. Ce conflit conduit généralement, soit vers une perte de contrôle en essayant de rendre la recherche valide, soit vers la mise en place de situations complètement artificielles par l'ajout de contraintes expérimentales. Pour atténuer ces tensions, Schmuckler (2001) suggère de sacrifier la validité

de certaines dimensions, tout en maintenant la validité d'autres, cependant, il n'y a pas de critères pour déterminer ces dimensions primaires. Dans cette quête de compromis, une grande variété de cadres méthodologiques a été mise en place au cours de la dernière décennie et l'évaluation sensorielle s'est élargie au-delà des méthodes traditionnelles *CLT*. Ces nouveaux cadres méthodologiques intègrent le contexte avec plus ou moins de stimulations perceptives et cognitives. Nous retrouvons : des environnements naturels (ou pseudo-naturels), comme les lieux naturels de consommation, les expériences de terrain et les *Home-Use Test (HUT)* ; des évaluations contextualisées réalisables en box, comme les contextes de consommation évoqués, la pertinence du produit dans son utilisation, les box enrichis ; ainsi que, des dispositifs immersifs, allant d'environnements physiques aux technologies immersives.

2.2.1 Environnements naturels (ou pseudo-naturels)

2.2.1.1 Lieux naturels de consommation

Par définition, une expérience naturelle ne permet ni de manipuler le stimulus, ni d'influencer le processus de génération des données. Le chercheur profite ainsi, au-delà de son influence, d'un changement de contexte, de cadre se produisant par causes naturelles, ou de changements sociaux (Galiñanes Plaza et al., 2019). Comme le soulignent Jaeger & Porcherot (2017), l'étude du comportement au-delà du laboratoire n'est pas nouvelle, mais elle semble aller dans la direction du besoin d'augmenter la validité écologique, par un cadre plus attractif que celui du laboratoire, où les facteurs existent et interagissent librement. Dans cette stratégie, le lieu de test correspond à n'importe quel endroit où manger se produit naturellement (restaurant, café, bar, salle de pause au travail, cafétéria d'école ou d'université, chez soi, ...). Cet environnement riche permet, au-delà de l'acceptabilité et de la perception du produit, d'explorer l'expérience de consommation et la réponse comportementale (choix, ration) pouvant s'appuyer sur des données d'observation. La comparaison directe entre les contextes naturels doit cependant être regardée avec précaution car le lieu et l'entourage social y sont confondus (Jaeger & Porcherot, 2017).

2.2.1.2 Expériences de terrain

Les expériences de terrain sont, d'après la définition donnée par Galiñanes Plaza et al. (2019), une expérience en théorie idéale, dans le sens où l'on est capable d'observer un sujet dans un cadre contrôlé mais où ce sujet ne perçoit aucun des contrôles comme n'étant pas

naturel, sans tromperie pratiquée (Galiñanes Plaza et al., 2019). L'avantage en est l'accès à de « vrais » consommateurs (et non à des étudiants universitaires ou à du personnel d'entreprise), pour lesquels l'emplacement du test peut être étudié, afin de faciliter l'accès aux consommateurs cibles (ex. âge), plutôt que de chercher un lieu type de la consommation du produit comme par exemple : les festivals d'art, de musique et alimentaires, les campus universitaires, les marchés fermiers, les bureaux, les centres commerciaux, les centres d'activités pour personnes âgées, les halls d'immeubles, les piscines, les salles de classes ou périscolaires, ... Par comparaison aux laboratoires, ces expériences de terrain nécessitent cependant une planification minutieuse et le gain en validité écologique reste spécifique à chaque étude (Jaeger & Porcherot, 2017).

2.2.1.3 Home-Use Test (HUT)

Hors « *Central Location Test (CLT)* », les « *Home-Use Test (HUT)* » sont les plus utilisés. L'évaluation des produits est menée chez le consommateur, où les produits sont souvent consommés plusieurs fois, sur des volumes plus importants que le volume d'une bouchée et sur une période d'usage plus étendue. L'acceptabilité moyenne du produit y est connue pour être plus élevée qu'en protocole *CLT*. Les évaluations au-delà de l'hédonique y sont de plus en plus recherchées, mais les différences observées entre *CLT* et *HUT* sur les réponses hédoniques ne se généraliseront peut-être pas aux autres réponses perceptives (ex. émotions, bien-être, satisfaction) (Jaeger & Porcherot, 2017). Le chercheur perd également une grande visibilité sur les conditions de réalisation du test.

2.2.2 Évaluations contextualisées (réalisables en box) / *CLT*-modifiés

2.2.2.1 Contextes de consommation évoqués

Au cours d'une expérience sensorielle en laboratoire, un contexte de consommation peut être évoqué pour cadrer l'évaluation. Cette évocation est généralement présentée par un scénario sous la forme d'un bref texte (plus ou moins détaillé) décrivant la situation dans laquelle il est demandé au consommateur de s'y imaginer (exemples : De Andrade et al., 2017; Hein et al., 2010; Jaeger et al., 2017; Lusk et al., 2015; Piqueras-Fiszman & Jaeger, 2014a, 2014b). La modification des protocoles traditionnels de tests *CLT* avec l'accompagnement du produit par un scénario semble s'ancrer de plus en plus pour approcher le contexte. Bien que le scénario ne fournisse une expérience physique réaliste, l'évocation du contexte peut aider à supprimer mentalement le caractère artificiel des environnements *CLT* et à créer un cadre de

référence commun aux participants, pertinent pour les produits (comme le vin) connus pour être fortement dépendants du contexte (Jaeger & Porcherot, 2017). L'utilisation d'un scénario est une facilité de mise en œuvre pour intégrer le contexte à l'étude du produit, elle laisse également une liberté de projection personnelle, cependant, ce travail d'imagination peut être exigeant pour le consommateur (Jaeger & Porcherot, 2017; Köster, 2003). Pour Köster (2003), en tenant compte de la paresse des personnes et de l'effort cognitif demandé, bien qu'offrant un cadre, l'utilisation seule d'un scénario écrit pourrait être insuffisante et détournerait l'attention de l'aliment testé. Jaeger & Porcherot (2017) soulignent également le besoin d'évaluations plus approfondies sur le mérite des contextes évoqués en *CLT*, avec le besoin de compréhension quant aux types de situations que l'évocation seule du contexte pourrait aider.

Pour réduire cet effort cognitif, des auteurs se sont intéressés à la présentation auditive du scénario, mais sans différence reportée (Jaeger & Porcherot, 2017). Pour faciliter l'évocation, d'autres moyens plus suggestifs peuvent également accompagner le scénario, allant vers un enrichissement perceptif plus ou moins important de la cabine de test sensoriel (*détaillé en partie « 2.2.2.3. Box enrichis »*).

2.2.2.2 Pertinence produit dans son utilisation

Comme le soulignent Jaeger & Porcherot (2017), les fortes performances sensorielles et hédoniques ne garantissent pas que le produit sera consommé fréquemment, ni ne sera approprié à la situation que les développeurs du produit ont en tête. L'étude de la pertinence du produit dans son utilisation (« *appropriateness* »), via les méthodes *Item-By-Use (IBU)*, peut être un moyen d'explorer les concepts sous-jacents aux choix alimentaires.

La pertinence du produit y est traditionnellement évaluée pour une large possibilité de consommations et situations d'usages, sur une échelle en 7-points depuis « 1 : pas du tout approprié » jusqu'à « 7 : très approprié ». Cette méthode s'adapte à un petit comme à un grand nombre de situations pouvant recouvrir un grand nombre de dimensions contextuelles (Qui mange ? Quand ? Où ? Avec qui ? Pour combien de temps ? Dans quelles conditions physiques et psycho-sociales ? ...). Elle est utilisée pour tous types de produits (alimentaires, cosmétiques, ménagers, durables, ...) et différents types de stimulations (produit réel, présentation sémantique, images). Le mode de collecte peut également être réadapté (échelles de catégories, échelles linéaires, évaluation *CATA* « *Check-All-That-Apply* »). La limite étant la répétitivité de

la tâche, susceptible de devenir chronophage et d'être biaisée, si beaucoup de produits et situations d'usage y sont testés (Jaeger & Porcherot, 2017).

Pour une meilleure estimation des dynamiques contextuelles, la pertinence d'usage du produit peut également être étudiée via d'autres approches que l'approche *IBU*, telles que les grilles-répertoires, les « *focus groups* », les interviews ou les associations sémantiques. Ces méthodes apportent également des informations précieuses sur la segmentation des consommateurs (Jaeger & Porcherot, 2017).

2.2.2.3 *Box enrichis*

Pour se rapprocher du contexte réel de consommation, diverses modifications du protocole *CLT* peuvent être envisagées. Les contraintes *CLT* peuvent être remplacées en similitudes aux contraintes réelles : en testant chaque produit par exemple au moment de la journée où il serait normalement consommé, en le servant de la manière dont il serait utilisé en situation réelle, en l'accompagnant d'autres produits, en laissant au consommateur une liberté de préparation selon ses habitudes personnelles de consommation, en créant une ambiance ou une atmosphère sociale, ... Plus ou moins de modifications du protocole *CLT* peuvent être mises en place, selon le degré de validité écologique nécessaire à l'objectif de l'étude (études méthodologiques vs développement de produits) (Jaeger & Porcherot, 2017).

À la différence d'un scénario seul, l'évocation de l'épisode de consommation peut également être enrichi d'informations perceptives (visuelles, sonores, olfactives). La stimulation visuelle de l'épisode au travers d'images ou de vidéos, peut par exemple être efficace pour évoquer des situations générales ; elle y sera plus suggestive qu'un bref texte descriptif. Il sera néanmoins, par ce support suggestif, plus difficile de faire en sorte que tout le monde puisse s'y identifier. Une adaptation pourra par exemple être nécessaire entre des cultures aux coutumes différentes (Köster, 2003).

2.2.3 Dispositifs immersifs

Pour Porcherot et al. (2018), l'immersion conserve l'idée d'une configuration contrôlée des paramètres de laboratoire, tout en s'appuyant sur la manipulation de variables contextuelles et l'observation de leurs effets sur le comportement. Ces dispositifs immersifs offrent un puissant cadre perceptif, par la création en laboratoire d'expériences multi-sensorielles. Velasco

& Obrist (2020) illustrent ce cadre conceptuel (expériences multi-sensorielles) comme l'image d'une impression sensorielle de tournesol (couleur, texture, odeur, ...) en l'absence même de présence de fleur réelle. Aujourd'hui la simulation d'un environnement est possible par de nombreux moyens, que nous découperons ici en environnements « physiques » et « technologiques ».

2.2.3.1 Environnements physiques

Nous désignons ici par « environnements physiques » les environnements issus d'une reconstruction matérielle palpable, par opposition aux environnements numériques dont l'illusion d'un lieu est « éphémère ». Dans cette manière de reconstruire un lieu physiquement, nous distinguons trois stratégies relatives aux types d'expériences visées : « artistiques », « prototypiques », ou « théâtralisées ».

Expériences « artistiques »

Par expériences « artistiques », nous pensons à l'exemple des restaurants expérimentaux, dont le but est généralement de créer une expérience culinaire avant-gardiste, souvent loin de notre quotidien réel (**Figure 7**). Ils peuvent néanmoins parfois être utilisés comme alternative aux *CLT*, comme les restaurants « Restaurant of the Future » (Wageningen, Pays-Bas) et « l'Institut Paul Bocuse » (Lyon, France), pour la conduite de recherches sur l'appréciation, le comportement alimentaire et la mise en place de nouvelles stratégies santé (Jaeger & Porcherot, 2017).



Figure 7. Restaurant sous la mer, « UNDER » (Norvège).

Gauche : Vu de l'extérieur ; Droite : Vu de l'intérieur.

Expériences « prototypiques »

Par expériences « prototypiques », nous pensons par exemple aux maisons témoins, ou véritables cuisines expérimentales fonctionnelles (exemple : Masson et al., 2017), qui représentent des lieux réels, typiques et précis, mais non représentatifs du quotidien individuel des consommateurs, ne pouvant recréer le lieu personnel selon les habitudes de chacun.

Expériences « théâtralisées »

Par expériences « théâtralisées », nous pensons aux salles contexte, qui ont pour stratégie d'amener les éléments de décors clés à l'évocation d'un contexte, sans pour autant rentrer dans une représentation détaillée, afin de laisser au participant une marge de projection de son propre univers quotidien, tel un décor de théâtre (exemple : Sester et al., 2013). Une combinaison de stimuli visuels, auditifs, tactiles et/ou olfactifs peut y être utilisée (Jaeger & Porcherot, 2017).

2.2.3.2 Technologies immersives

La technologie immersive est définie par Suh & Prophet (2018) comme une technologie qui brouille la frontière entre les mondes, physique et virtuel, permettant aux utilisateurs de ressentir un sentiment d'immersion à l'aide d'une grande qualité ou quantité d'informations sensorielles. Les technologies immersives, incluant les réalités : augmentée (*AR*, « *Augmented Reality* »), virtuelle (*VR*, « *Virtual Reality* »), ou mixte (*MR*, « *Mixed Reality* »), sont de plus en plus omniprésentes dans notre vie quotidienne (Suh & Prophet, 2018).

Selon le continuum Réalité-Virtualité, initialement introduit par Milgram & Kishino (1994) (**Figure 8**), les technologies de réalité augmentée (*AR*) et de réalité virtuelle (*VR*) représentent des zones sur le continuum, allant des environnements réels à virtuels, dans le domaine général de la réalité mixte (*MR*). Sur ce continuum, la réalité virtuelle (*VR*) peut être vue comme une virtualité augmentée (*AV*, « *Agmented Virtuality* »). Dans un monde virtuel pouvant simuler le monde réel parfois enrichi d'objets physiques (réels), la réalité virtuelle / virtualité augmentée permet à l'utilisateur de contrôler et guider ses actions. Tandis que la réalité augmentée enrichit le monde réel d'objets virtuels, en présentant en temps réel à l'utilisateur, des entités virtuelles superposées à l'environnement réel. Les technologies, de réalité augmentée et de réalité virtuelle / virtualité augmentée, créent un certain degré de réalité

mixte, permettant d'amener à l'utilisateur un sentiment d'immersion dans un environnement synthétique où coexistent des objets physiques et virtuels. Ce sentiment d'immersion est amené différemment selon la technologie utilisée, mais aucune partie du continuum n'est suggérée plus immersive qu'une autre (Suh & Prophet, 2018).

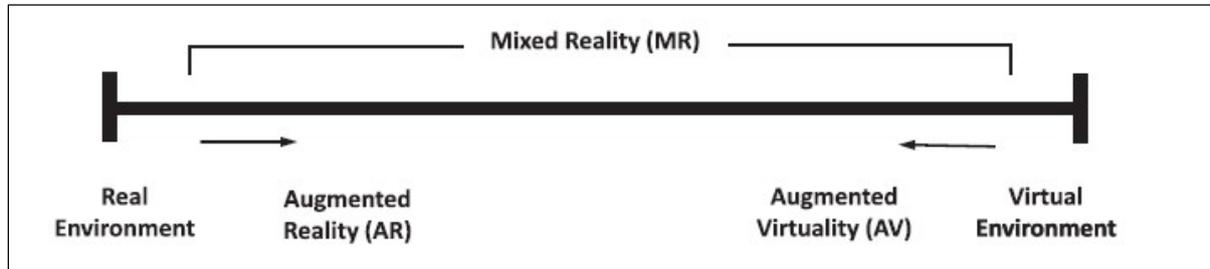


Figure 8. Continuum Réalité-Virtualité (Milgram & Kishino, 1994; Suh & Prophet, 2018).

Technologie de réalité augmentée

La réalité augmentée est décrite par Suh & Prophet (2018), comme une technologie de réalité mixte superposant des informations numériques (objets virtuels générés par ordinateur) au monde réel, dans une interactivité en temps réel. Via cette implémentation d'éléments virtuels, la réalité augmentée peut améliorer les qualités visuelles, auditives et tactiles d'un utilisateur.

La technologie de réalité augmentée la plus accessible utilise la caméra du smartphone comme interface de suivi de l'utilisateur, affichant en direct à l'écran la visualisation d'un environnement mixte (éléments réels et virtuels) (Suh & Prophet, 2018), c'est l'exemple de l'application « PokemonGo ® ». D'autres moyens technologiques plus sophistiqués, tels que les « Microsoft HoloLens ® », permettent la visualisation d'éléments virtuels en superposition au monde réel via le port de « lunettes AR » (**Figure 9**).

En sciences « sensorielles et consommateurs », la réalité augmentée attire par son potentiel à moduler l'aspect d'un produit, favorisant l'étude des interactions cross-modales ou l'aide à la conception de produit. L'étude de Narumi et al. (2011), « MetaCooki+ », a par exemple utilisé une technologie de réalité augmentée pour donner à un biscuit nature, l'illusion visuelle et olfactive d'une couche de chocolat (couche marron + odeur de chocolat) ou d'une recette au thé vert (coloration verte + odeur de thé), amenant l'illusion de ces perceptions en bouche (**Figure 10**).



Figure 9. Exemples de réalité augmentée.

Gauche : via une interface mobile, PokémonGo ® (Doctissimo, 2018)

Droite : via des lunettes AR, Microsoft HoloLens ® (Microsoft, 2021)

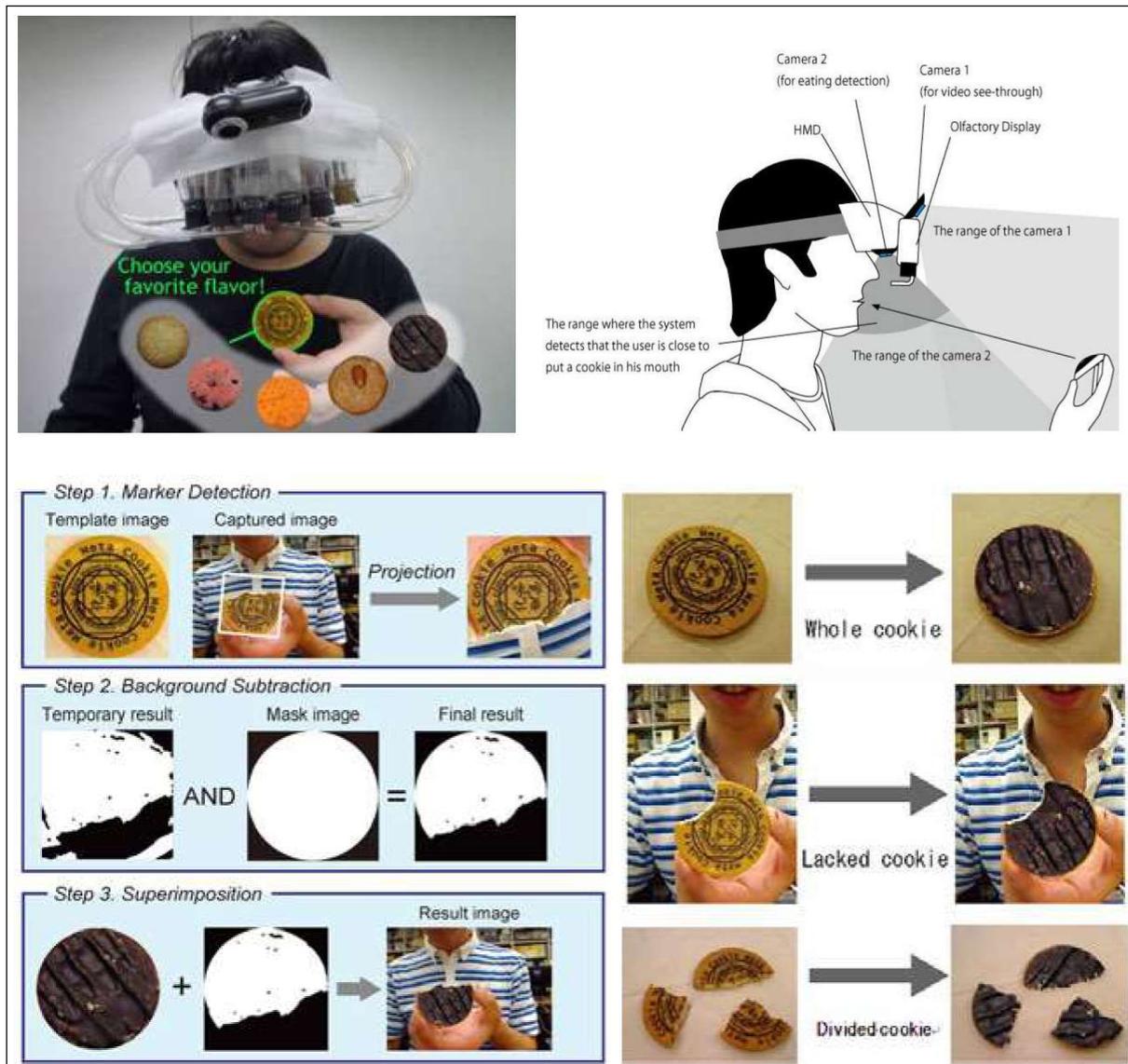


Figure 10. Modulations visuelle et olfactive de biscuits (Narumi et al., 2011).

Technologie de réalité virtuelle

La réalité virtuelle est définie par Fuchs (1996) comme le concept suivant : « *Permettre à une personne, ou à plusieurs, des activités sensorimotrices et cognitives dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une simulation de certains aspects du monde réel* ». La définition de la réalité virtuelle est basée sur l'immersion d'une personne dans un monde virtuel, mais parler seulement d'immersion serait omettre l'innovation de la réalité virtuelle qui est de permettre d'AGIR dans un monde virtuel, on y associe donc aussi le terme d'interaction (Fuchs et al., 2006).

Pour Suh & Prophet (2018) deux classes peuvent être répertoriées : la réalité virtuelle immersive et la réalité virtuelle non-immersive. Les technologies de *VR* non-immersives, affichent du contenu virtuel via un écran d'ordinateur, sans équipement supplémentaire, ne permettant pas d'amplifier l'expérience immersive. L'interaction y est permise par des interfaces plus traditionnelles, telles que claviers et souris. Les environnements virtuels basés sur le Web, comme Second Life ® ou Minecraft ®, sont des exemples de réalité virtuelle non immersive, dans lesquels l'utilisateur incarne un personnage, dans un monde au design à son image, avec une grande liberté d'interactions (Suh & Prophet, 2018). Pour les technologies de *VR* immersives, l'utilisateur peut interagir avec son environnement via un système de suivi plus complexe, comme le visiocasque (**Figure 11**), où les mouvements de l'utilisateur sont suivis dans l'espace, lui offrant une immersion profonde, avec une évolution de l'affichage en temps réel. Ces technologies *VR* plus immersives bloquent les repères visuels de l'environnement physique (réel) de l'utilisateur pour créer un environnement plus maîtrisé et proximal qu'en réalité virtuelle non immersive (Suh & Prophet, 2018). Certaines technologies permettent également la capture en temps réel d'informations de l'utilisateur, plus riches. Siegrist et al. (2019) ont par exemple utilisé, dans leur étude en supermarché virtuel, un visiocasque équipé d'un système oculométrique (*eye-tracking*), permettant la mesure implicite d'informations. D'autres moyens techniques de réalité virtuelle immersive tels que les dispositifs *CAVE* (*Cave Automatic Virtual Environment*) offrent une plus haute performance graphique ; mais ces dispositifs très onéreux se limitent à l'usage professionnel. Dans ce type de configurations *CAVE*, la projection 3D de l'environnement virtuel n'est pas gérée par un casque, mais par une pièce où les projections murales évoluent selon les mouvements de l'utilisateur. Dans leur étude sur la spatialisation d'arôme, Ischer et al. (2014) utilisent par exemple une base de dispositif *CAVE* et soulignent la rareté du dispositif sophistiqué présenté, de par sa forte contrainte d'acquisition très onéreuse (**Figure 12**).

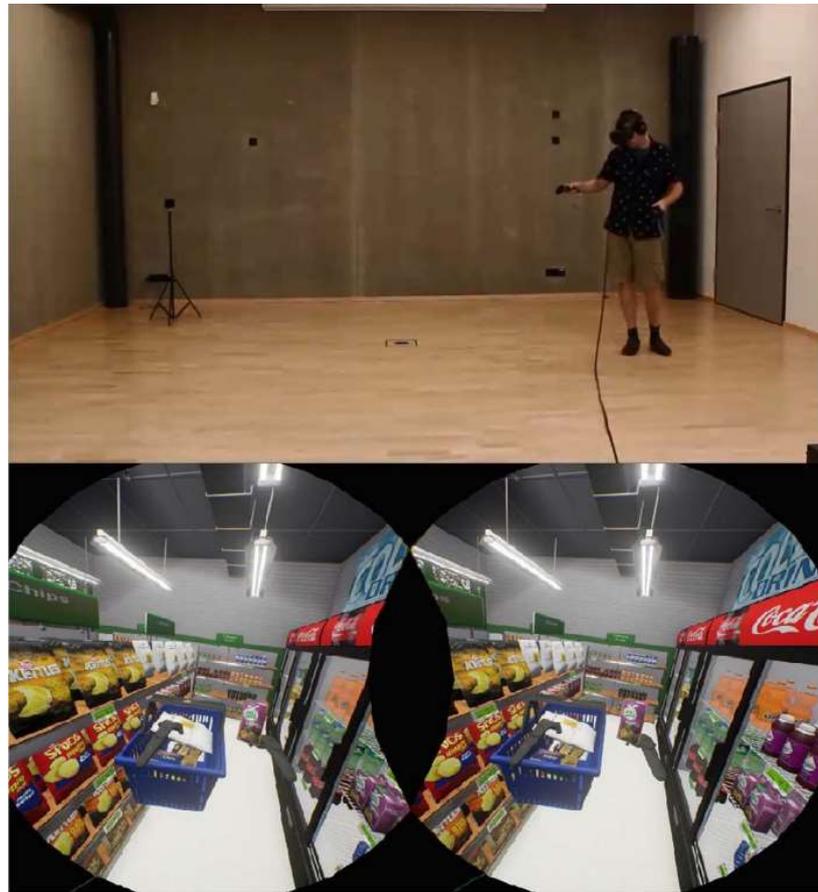


Figure 11. Exemple de dispositif *VR* visiocasque, immersion en supermarché virtuel (Schnack et al., 2019).

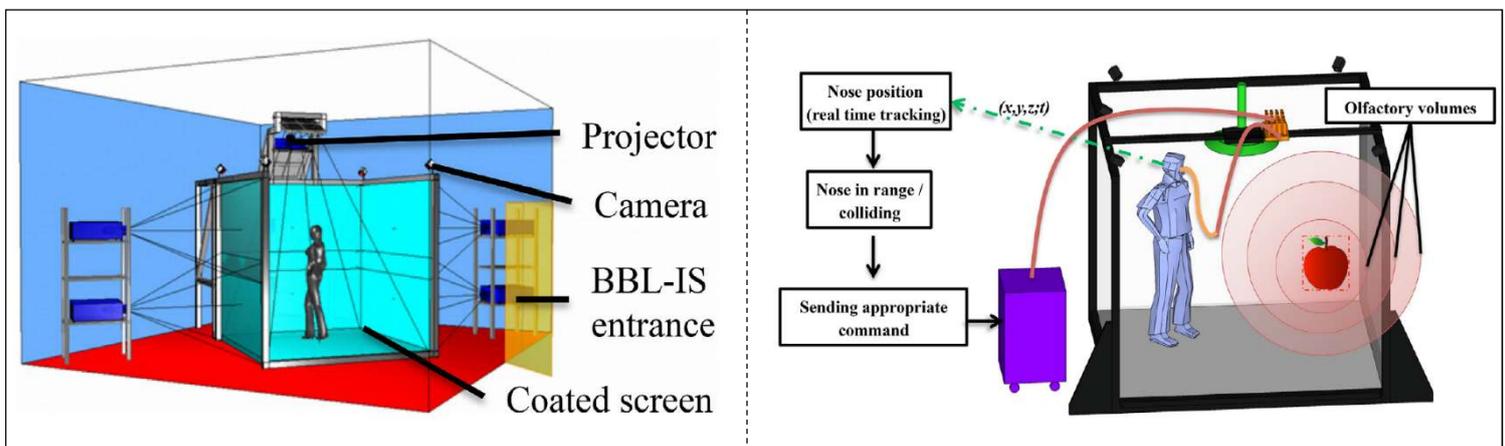


Figure 12. Exemple de dispositif *VR CAVE* et spatialisation d'odeurs (Ischer et al., 2014).

Les formes immersives de la réalité virtuelle, notamment la technologie de visiocasque, intéressent tout particulièrement les sciences « sensorielles et consommateurs ». Tout d'abord, elles attirent par leurs facultés à recréer un contexte de consommation, facilement interchangeable et plus immersif qu'un simple écran (Porcherot et al., 2018; Schnack et al., 2019). Ensuite, de par sa caractéristique d'occultation visuelle complète de l'environnement

physique, le visiocasque pourrait être un moyen intéressant pour moduler des caractéristiques du produit, comme récemment abordé par Ammann, Stucki, et al. (2020) sur l'étude des interactions cross-modales (couleurs et identification aromatique) (**Figure 13**). Le visiocasque de réalité virtuelle ouvre donc, par son aptitude à combiner la modulation du produit et l'intégration du contexte, davantage d'opportunités d'applications VR, comme l'aide à la conception (Blumenthal & Masson, 2019; Petiot & Grognet, 2006; Poirson et al., 2007, 2013, 2020; Kelly et al., 2011; Dagher & Petiot, 2007; Perrot et al., 2006, 2011; Madoumier et al., 2019), jusqu'aux tests en contexte de produits n'existant pas encore (Garbez et al., 2016). *Davantage de détails sur la technologie de réalité virtuelle sont présentés en partie 2.5. « Construction d'un environnement virtuel et interactif ».*



Figure 13. Exemple de modulations visuelles du produit en réalité virtuelle.
Gauche : Vues VR ; Droite : Saisie réelle (Ammann, Stucki, et al., 2020).

Où situer la « Vidéo 360° » ?

Certaines stratégies d'intégration du contexte sont difficiles à situer, comme les images et vidéos 360° présentables via des interfaces plus « simplistes » de visiocasques (ex. casque « *samsung Gear VR* ® », fonctionnant avec un smartphone). Avec un écran immersif mais peu interactif, peut-on encore parler de réalité virtuelle ? L'utilisation de visiocasques pour la présentation d'images et de vidéos, offre toujours un cadre plus immersif qu'un écran classique (TV, présentation d'images sur tablette) en bloquant les repères visuels de l'environnement physique de l'utilisateur. Mais la présentation d'un environnement virtuel en vidéo 360° permet moins d'interactions avec l'environnement qu'une stratégie de présentation de réalité virtuelle immersive classique (**Figure 14**), appelée « *iVR* » ou « *3D modelling-VR* » par certains auteurs pour la différencier de ces vidéos 360°. Alors devrait-on parler d'écran immersif ou peut-on

parler de *VR* non-interactive ? L'interaction étant définie comme l'une des composantes principales de la réalité virtuelle, il est difficile d'admettre que la vidéo 360° puisse être considérée comme réalité virtuelle, cependant l'adaptation visuelle en temps réel de l'image à la direction du regard constitue bien une première couche d'interactions sensorimotrices. En sciences « sensorielles et consommateurs », cette technologie « *VR-360* » attire pour son faible coût et sa praticité de partage auprès des consommateurs, à la condition de disposer d'un smartphone et d'un support en carton (**Figure 15**). La faible interaction permise avec l'environnement (et le faible réalisme de cette interaction) n'est néanmoins pas sans conséquence sur l'immersion, bien moins élevée qu'en *VR* classique (interactive, modélisée) (Sinesio et al., 2019). À cela s'ajoute la non intégration du produit, généralement testé à l'aveugle ou nécessitant le retrait régulier du casque au cours de l'évaluation (Andersen et al., 2018; Sinesio et al., 2019).



Figure 15. Exemple de support en carton pour lecture de vidéos *VR-360* sur smartphone.

VIRTUAL REALITY vs. 360 VIDEO

PHOTOGRAPHY



Digital Environment



Live Action

MOBILITY



Immersive world that you can walk around in (as long as you are not "tethered" or connected to a computer)



360 degree view from camera's perspective, but limited to filmmaker's camera movements

VIDEO TIMELINE



Video can progress through a series of events or experience can be simply an existing world to be explored by the user



Video progresses on a timeline created by the filmmaker's camera movements

PLATFORMS



Full experience requires a VR headset (can be "tethered" or mobile)



Available on 360 compatible players including YouTube (desktop and mobile)

STORY



Filmmaker does not control physical location of viewer in the built environment (as long as you are not tethered) and as such must capture attention and also motivate user to travel in the direction of the events of the story



Filmmaker controls physical location of camera, but must capture attention of viewer to direct the story

Figure 14. Comparaison VR vs vidéo 360° (Ullman, 2020).

2.3 L'Immersion

Comme précédemment expliqué, la validité écologique, dérivant de la notion de validité externe, représente la capacité à généraliser le comportement observé en laboratoire, au comportement naturel (Schmuckler, 2001). Les stratégies immersives pourraient être un moyen de généraliser davantage les résultats obtenus en laboratoire, en réduisant ce gap entre le laboratoire et la situation réelle de consommation (Delarue & Boutrolle, 2010; Galiñanes Plaza et al., 2019). Mais peu de critères explicites ayant été proposés pour appliquer ce concept, l'étude des capacités de ces dispositifs mérite attention. Si les trois dimensions réunies de la validité écologique (nature du contexte, du stimulus et de la tâche) amènent au sentiment de présence (Gorini et al., 2010; D. R. Mestre et al., 2006; Schmuckler, 2001), alors indirectement une évaluation de la validité écologique est possible via l'exploration de ce sentiment de présence. Dans cette partie nous explorerons, dans un premier temps, le concept de présence, avec les notions d'immersion et d'interaction amenant à ce sentiment, puis dans un second temps, les processus sous-jacents à la mise en place de ces mécanismes, ensuite dans un troisième temps, leurs méthodes d'évaluation actuelles répertoriées dans la littérature.

2.3.1 Présence, Immersion, Interaction (conceptualisation)

La présence correspond au sentiment d'être là dans l'environnement (Barfield & Hendrix, 1995). Ce sentiment d'existence au sein de l'environnement est renforcé par la réponse de l'environnement à nos actions et/ou par l'interaction sociale avec les autres (Heeter, 1992; Zahorik & Jenison, 1998). Cette notion fait l'objet de beaucoup d'études en Réalité Virtuelle, où il peut en effet sembler difficile d'imaginer de se sentir présent dans un monde inexistant, illusoire, virtuel. Mais ce sentiment de présence n'est pas pour autant spécifique à la réalité virtuelle, car il est également possible pour un lecteur de s'imaginer être très vivement présent dans l'univers décrit, de s'y construire une représentation mentale de son corps et des actions qui lui sont possibles. Pour distinguer la formation de la présence liée à l'exposition à un média (livre, écran, dispositif *VR*, scène, ou autre ...) Wirth et al. (2007) nomment présence spatiale ce « sentiment d'être là », en référence à cette auto-localisation perçue (« *je suis là* ») dans l'environnement présenté par le média. Lorsqu'une personne, dans sa perception, ne reconnaît plus le rôle du média comme étant à l'origine de sa stimulation perceptive ou cognitive (appelé « illusion perceptive de non-médiation »), elle atteint un état psychologique dans lequel, non seulement les objets médiatisés y sont vécus comme réels, mais elle expérimente aussi le sentiment d'être située au milieu de ces objets, avec l'impression d'appartenir à un lieu physique

différent de son emplacement réel et d'y percevoir des possibilités d'action (Lombard et al., 2000; Wirth et al., 2007).

Dans une certaine mesure la présence dans l'environnement médiatisé induit une phase de « départ » du réel (oubli de l'environnement physique), préparant « l'arrivée » dans ce nouvel univers (construction d'une représentation mentale de l'espace et projection) (T. Kim & Biocca, 1997; Lombard et al., 2000; Schubert et al., 1999a, 2001, 1999b).

La mise en place de cette présence spatiale implique à la fois des processus sensoriels, moteurs et cognitifs. Pour atteindre cet état, interviendront des facteurs liés au média et des facteurs liés à l'individu, pouvant se substituer l'un à l'autre. La présence peut donc être atteinte de façon plus ou moins active : si le média est riche dans l'accompagnement moteur et sensoriel l'individu pourra se laisser « porter » vers la présence ; dans le cas contraire, la présence pourra toujours être atteinte par l'utilisateur dans un processus cognitif plus actif (Fuchs et al., 2006; Wirth et al., 2007). Du côté des facteurs liés au média se différencient : ses capacités immersives, accompagnant la perception d'auto-localisation par la stimulation sensorielle de l'utilisateur, de ses capacités interactives, accompagnant la perception des possibilités d'agir par détection motrice de l'utilisateur (Fuchs et al., 2006). Du côté des facteurs liés à l'utilisateur émergent des traits personnels, des processus attentionnels et motivationnels. Ces facteurs liés à l'utilisateur sont en mesure de pallier le média, par la mise en place de processus cognitifs solides, afin d'arriver à la perception d'auto-localisation et à celle des possibilités d'action (Wirth et al., 2007).

2.3.2 Processus d'immersion et formation de la présence

En se référant à une partie de la littérature psychologique autour de la notion de présence, non-spécifique à la VR, Wirth et al. (2007) modélisent le processus de formation de la présence en deux paliers, opposant des facteurs liés au média et à l'utilisateur. À ce premier modèle de formation de la présence, vient se recouper un second modèle : le point de vue concepteur théorisé par Fuchs et al. (2006) de l'immersion en réalité virtuelle, duquel semble émerger un troisième palier de présence vers l'illusion complète de la réalité amenée par l'immersion et l'interaction entre l'ordinateur et l'utilisateur. Une autre formation de l'immersion décrite par Auvray (2004) en cinq étapes peut également s'ajouter à ces modélisations.

Construction de la présence

Wirth et al. (2007) théorisent la formation de la présence spatiale en deux niveaux dans lesquels des facteurs amenés par le média (texte écrit, images, scène, VR, ...) et l'utilisateur (consommateur) interviennent (**Figure 16**).

Le premier niveau de ce processus est la mise en place de la représentation mentale de l'espace médiatisé. Il revient à se demander, si la stimulation perçue représente un espace ou une pièce et si oui, de quel type d'espace ou de pièce s'agit-il ? À ce premier niveau l'attention allouée au média est un moyen clé pour lancer le processus. Une bonne attention favorisera la mise en place de cette représentation mentale de l'espace appelée « modèle de situation spatiale » (*SSM – Spatial Situation Model*), dont la mise en place est indispensable à l'émergence de la présence spatiale.

Le second niveau de ce modèle constitue l'émergence de la présence spatiale à partir du *SSM* construit. La formation de notre représentation mentale de l'espace amène en effet au questionnement d'hypothèses perceptives spécifiques (que nous pourrions formuler de la manière suivante : suis-je situé(e) dans cet espace, dans cette pièce ?), aussi appelé questionnement de l'hypothèse du média en tant que cadre de référence égocentrique primaire (*PERF – Primary Egocentric Reference Frame*).

Nous résumons ce modèle (Wirth et al., 2007) de la façon suivante :

Base du processus de formation de la présence spatiale (niveau 1)

Le démarrage du processus commence par l'attention portée au média. L'attention allouée au média par l'utilisateur peut être volontaire, comme involontaire.

Une attention involontaire peut-être allouée au média de manière spécifique s'il répond aux besoins, aux motivations ou aux intérêts de l'utilisateur. De manière non spécifique, une attention involontaire est allouée si le média présente de nouveaux stimuli ou changements rapides et surprenants du stimulus (ex. propriétés collatives : nouveauté, surprise, complexité, pertinence), alors susceptibles de déclencher une réaction d'orientation. La réaction d'orientation préparant les organes sensoriels et le système de traitement de l'information à la

saisie, amène à des mouvements spontanés des yeux et de la tête vers la direction présumée de la source de stimuli. À cette réaction, s'ensuit un comportement exploratoire.

Les processus cognitifs de l'attention à court terme étant très rapides et automatiques, la réaction d'orientation y est principalement affectée par les variables de forme (par opposition à celles de contenu). Pour l'attention plus persistante les variables de forme, comme celles de contenu, importent (*exemple de variables de contenu : l'humour et la compréhensibilité qui influencent l'attention des jeunes pour la télévision*). Les facteurs sensoriels, la richesse sensorielle et la « vividité » (= qualité de produire des images mentales très claires à l'esprit de l'individu – « Vividness », Oxford) contribuent à une allocation durable de l'attention. La « vividité » est plus précisément définie par Slater & Wilbur (1997) comme la caractérisation de la simulation médiatique en termes de résolution (*détail de l'information*), de fidélité (*conformité de la représentation*) et de variété d'énergie pour une modalité particulière. Le caractère « vivide » de la réalité virtuelle inclut, par exemple, la qualité de son rendu visuel (allant de la modélisation « fil de fer » au photoréalisme), de même que la résolution des pixels. Les variables affectant à la fois les réponses d'orientation à court terme et l'allocation d'attention plus persistante, sont des facteurs médiatiques pertinents pour la présence spatiale. Le traitement des caractéristiques liées au contenu du média comprend également des processus d'implication plus complexes. Mais la frontière entre simple attention et implication cognitive plus élevée reste difficile à définir.

Si l'attention reste portée sur le média sans interruption, des processus cognitifs supérieurs, tels que la construction d'une représentation mentale d'un espace médiatisé, se produisent (sans quoi ils pourraient ne pas émerger ou s'effondrer). Plus un média émet d'informations sensorielles, plus il est probable que l'attention de l'utilisateur persiste. L'attention involontaire sera davantage soutenue par un flux continu d'informations très détaillées, qu'un flux d'entrée interrompu et/ou moins détaillé. La largeur de la gamme perceptive recouverte par le média (nombre de modalités sensorielles auxquelles la média s'adresse), ainsi que la profondeur (quantité de données que le média encode dans une modalité donnée), sont importantes. Mais un excès d'informations trop complexes et détaillées peut inversement surcharger sensoriellement et surmener l'organisme, produisant de la fatigue au lieu du sentiment de présence.

L'utilisateur peut également volontairement diriger son attention vers le média sans qu'il y ait nécessairement de sources d'informations saillantes externes, affectant le processus

d'attention. Une attention contrôlée peut être allouée au média, si son contenu (objet, activité, enjeu, ...) rejoint l'intérêt personnel et spécifique de l'utilisateur. La motivation de l'utilisateur à s'occuper du média augmentera sans ressource motivationnelle externe pour maintenir son engagement. Mais l'état de l'utilisateur (fatigue ou diverses conditions émotionnelles) pourra également influencer sa disposition motivationnelle et affecter son processus d'attention contrôlée. Certains traits personnels, tels que l'intelligence, le genre et l'âge, pourraient aussi intervenir dans l'attribution d'attention.

Dans le développement de la présence spatiale, l'attention involontaire induite par le média et l'attention contrôlée par l'utilisateur peuvent toutes deux être impliquées, avec de plus ou moins fortes contributions. La lecture d'un texte par exemple, requerra davantage de motivations (attention contrôlée) pour maintenir le processus. À l'inverse, un environnement virtuel attirera facilement l'attention (involontaire) de l'utilisateur, réduisant ainsi le poids de la motivation dans l'expérience de présence.

Si l'attention se porte davantage sur le média que sur l'environnement réel, ce média peut déployer ses capacités à induire l'état de présence spatiale. L'utilisateur attentif traite alors les indices spatiaux et les intègre à sa représentation mentale de l'espace, c'est le processus de formation d'un modèle de situation spatiale (*SSM*). Au cours de ce processus l'utilisateur perçoit certains indices spatiaux, les organise en une structure spatiale et recherche dans son esprit un scénario spatial approprié.

Ce scénario activé contient les indices spatiaux nouvellement perçus (traitements ascendants / « *Bottom-Up* »), complétés d'éléments conceptuels liés aux connaissances antérieures d'environnements spatiaux de l'utilisateur (traitements descendants / « *Top-Down* »). Au-delà du média interviennent alors les mémoires et les cognitions spatiales personnelles pertinentes. Selon les compétences et la perspective, différents modèles mentaux peuvent être construits à partir d'un même espace. Tout au long de son exposition au média l'utilisateur continue, d'une part, à capter des informations spatiales dont il compare la congruence au *SSM* et d'autre part, à construire pour étendre ce *SSM*, ou le spécifier, ou bien le remplacer complètement. Si au niveau du média, la représentation de l'espace est peu intuitive ou fragmentée (ex. lecture de descriptions textuelles de l'espace) alors la connaissance et l'imagination spatiales de l'utilisateur seront d'un intérêt pertinent.

Pour faciliter la construction du *SSM* (et donc de la présence spatiale), le média doit fournir des détails saillants pour aider à l'imagination d'un espace plausible et cohérent. Les indices spatiaux, comme la perspective en peinture, aident à recréer l'illusion d'un arrangement spatial, telle l'illusion de profondeur. La plupart des indices spatiaux sont liés à la modalité visuelle, mais d'autres modalités peuvent intervenir, comme la spatialisation sonore, les indices haptiques et ceux vestibulaires. En ce qui concerne la lecture d'un texte, ces indices spatiaux sont liés à la forme et au contenu de la langue.

La quantité d'indices spatiaux, ainsi que leur précision et leur cohérence, optimisent la construction du *SSM*. La perception ou l'imagination spatiales nécessitent un certain niveau de contrastes pour discriminer les indices spatiaux, afin de les assembler en objets, puis de les relier cognitivement les uns aux autres. La consonance entre les modalités sensorielles aidera également à la construction d'un *SSM* cohérent. Pour la construction d'environnements immersifs, les éléments doivent avoir un sens pour l'utilisateur. S'ils sont plausibles, à travers leurs caractéristiques (échelle, coloration, texture, ...), ces éléments pourront être acceptés comme des « blocs de construction spatiale » et utilisés pour la formation d'un *SSM* cohérent. Un média offrant une variété d'indices spatiaux, concis, liés de manière cohérente et plausible, de préférence au sein de différentes modalités sensorielles, devrait évoquer des *SSM* plus riches et plus cohérents pour l'utilisateur, en comparaison des médias ne présentant que quelques indices diffus et incohérents. Des indices incongrus attireront donc l'attention, mais sans contribuer à un *SSM* fort et cohérent.

Si l'utilisateur du média possède une grande imagerie visuelle spatiale, il sera d'autant plus facile pour lui d'établir une représentation mentale solide de cet espace présenté. En effet, sa facilité à produire des images spatiales vives (imagination) facilitera sa lecture et sa compréhension de l'espace, il lui sera également plus facile de compléter le *SSM* d'informations en mémoire pour augmenter sa richesse et sa cohérence, lorsque les données spatiales fournies par le média seront pauvres. Et comme pour l'attention contrôlée, les variables d'état peuvent interférer sur l'imagerie visuelle spatiale dans la construction de *SSM*.

Émergence de la présence spatiale (niveau 2)

Après construction du *SSM*, l'utilisateur du média n'arrive pas nécessairement à la présence spatiale, il peut en effet se construire une représentation mentale de l'espace sans s'y sentir au centre, en train d'en vivre l'expérience. Pour passer de la construction du *SSM* (*je*

visualise une cuisine) à la présence spatiale (*je suis dans cette cuisine*) d'autre processus cognitifs et/ou perceptifs interviennent. Lorsque le *SSM* est stable, l'utilisateur positionne alors sa propre expérience entre les deux environnements spatiaux à sa disposition : s'il se sent dans l'environnement spatial médiatisé, l'état de présence spatiale est atteint, mais s'il reste dans l'environnement « réel » cette présence spatiale n'a pas lieu. Pour atteindre la présence spatiale l'utilisateur définit alors perceptivement son référentiel égocentrique primaire (le *PERF* – « *Primary Ego Reference Frame* »).

Pour identifier sa position dans l'espace, l'individu fait des mises à jours constantes de sa représentation mentale de l'espace, en vérifiant la cohérence entre sa représentation et les retours sensoriels du média (indices notamment visuels et vestibulaires) et en se référant aux traitements de l'information spatiale du quotidien (monde réel). Il construit alors sa représentation mentale du monde médiatisé (environnement immédiat au minimum) sur une perspective à la première personne, appelée cadre de référence égocentrique (l'*ERF* - « *Egocentric Reference Frame* »). Tous les objets y compris son propre corps sont situés en référence à l'*ERF*, qui indique ainsi où se situe l'individu, jusqu'à atteindre l'état de présence spatiale semblable au ressenti quotidien d'être présent dans une pièce, un paysage, une voiture, etc. Dans certains cas, l'environnement médiatisé peut offrir un cadre de référence égocentrique (*ERF*) imbriqué à la construction du *SSM*, comme c'est le cas pour les jeux vidéo présentés visuellement « à la première personne » (*FPS* – « *First-Person Shooter* »). Mais chaque modalité sensorielle peut amener à un *ERF* différent, avec notamment des confusions entre *ERF* à l'origine du média et *ERF* à l'origine du monde réel, c'est alors à l'individu de faire le choix de celui qui constituera son *ERF* primaire (son *PERF*) dans lequel il placera sa capacité d'action. Il n'atteindra donc la présence spatiale que s'il accepte le média en tant que *PERF*.

De façon général, la perception se divise en trois étapes : la formulation d'attentes sur des expériences passées (ex. « *ce site archéologique est peut-être un temple historique* »), la recherche d'informations perceptives en lien avec l'hypothèse formulée (ex. « *la recherche d'indices religieux, de symboles, de statues, ...* »), la confirmation ou la réfutation de l'hypothèse. Notre perception dépend donc de « ce qui est », mais dépend aussi de nos hypothèses stockées en mémoires, de « ce qui pourrait être ». Si l'hypothèse formulée est forte, notre perception mettra plus d'accent sur des traitements « *Top-Down* » de l'information (*activée avec peu d'indices et plus difficilement réfutable*), tandis qu'une hypothèse faible apportera davantage de traitements « *Bottom-Up* » à notre perception. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées en même temps et d'intensités différentes. Si l'hypothèse est rejetée

alors le processus reprend sur la formulation d'une nouvelle hypothèse. La formation de plusieurs *ERF* renvoie vers la formulation d'une hypothèse sur l'environnement ayant le plus de sens à être accepté en tant que *PERF* (environnement réel ou médiatisé). Les indices spatiaux apportés par le média et l'imaginaire spatial de l'individu, renforceront alors, par la formation d'un *SSM* riche et cohérent, l'hypothèse du média en tant que *PERF*. Si les informations traitées permettent de confirmer l'hypothèse du média en tant que *PERF* à plusieurs reprises et de la stabiliser dans le temps, alors l'état de présence spatiale se produit. Inversement, si des informations contradictoires à cette hypothèse du média en tant que *PERF* surviennent, cette dernière sera abandonnée ou réfutée. Comme pour les processus attentionnels, les attributs du média et les opérations internes à l'individu interviennent, pour soutenir l'hypothèse du média en tant que *PERF*.

Pour que l'*ERF* du média soit suffisamment plausible, en vue d'être accepté en tant que *PERF*, de nombreux facteurs entrent en jeu. Comme au premier niveau (formation du *SSM*), la cohérence d'indices sensoriels diversifiés favorisera l'acceptation du média en tant que *PERF*. En réalité virtuelle par exemple, l'adéquation entre l'illusion visuelle et la posture (vestibulaire) ou bien les mouvements en temps réels de l'utilisateur, favorise la crédibilité de l'hypothèse du média en tant que *PERF*. La persistance de la structure spatiale médiatisée est également importante, pour l'apport d'indices spatiaux, mais également pour limiter la réapparition de la structure spatiale réelle. Si cette structure spatiale médiatisée s'arrête, alors le test d'hypothèse se retournera progressivement vers le monde réel en tant que *PERF*. Le laps de temps nécessaire entre l'interruption des indices et la bifurcation vers un nouvel *ERF* est fonction de l'attention allouée par l'utilisateur. Une pause publicitaire accrocheuse peut par exemple très rapidement amener le téléspectateur vers de nouveaux *SSM* et *ERF* ; inversement le drame et l'intrigue du film (apportant intérêt et motivation pour soutenir l'attention) peuvent l'aider à maintenir sa construction mentale malgré l'absence momentanée de stimulus, jusqu'au retour du film. L'interactivité entre le média et l'utilisateur peut également attirer son attention et amplifier l'idée du média en tant que *PERF*, si cette interactivité calque les attentes de l'utilisateur (adéquation de la rétroaction et étendue des actions interactives possibles). Une interaction inadéquate, comme une latence, affaiblira cependant la crédibilité du média en tant que *PERF*, révélant son caractère artificiel, ou amènera à un « mal du simulateur ». La technologie *VR* utilise la plupart de ces facteurs : la congruence entre les modalités, la persistance, l'interactivité, le réalisme. Elle représente, selon ce modèle, un média puissant pour évoquer et maintenir la présence spatiale. La télévision et les livres, jouant sur des facteurs différents ou de plus faible ampleur, offrent un plus petit potentiel médiatique à l'évocation de la présence

spatiale et une plus forte probabilité de variations au cours du temps, sauf si de forts facteurs internes à l'utilisateur interviennent pour soutenir cette présence spatiale, en annulant les preuves qui contredisent l'hypothèse du média en tant que *PERF* (implication et suspension de l'incrédulité).

Si de fortes preuves viennent contredire l'hypothèse du média en tant que *PERF*, un soutien motivationnel important (forte implication) pourra aider à renforcer cette hypothèse. Étant donné qu'une hypothèse forte requiert soit une plus petite quantité d'information pour la confirmer, soit une plus grande quantité pour la réfuter, il sera d'autant plus facile d'accepter le média en tant que *PERF*, s'il est soutenu par une forte implication de son utilisateur. L'implication correspond au traitement, actif et intensif, de l'environnement médiatisé, par des formes supérieures de traitement de l'information comme la réflexion, l'interprétation, l'élaboration, l'évaluation et l'attribution de pertinence au contenu. Si l'individu est motivé pour traiter le contenu du média de manière plus approfondie, ou bien s'il est stimulé par son contenu, alors il s'y impliquera, en s'ouvrant volontairement et intentionnellement aux échanges d'informations avec le média. Dans cette interaction intense, entre le média et les valeurs, les expériences et les croyances de l'individu, interviendront des processus : cognitifs (composantes attentionnelles, inférentielles et élaboratives, explorations mentales), affectifs (saillance, attribution de la pertinence, arrivée, évaluation et interprétation de sentiments intenses et réactions émotionnelles), conatifs et/ou comportementaux (souhait d'agir dans l'environnement médiatisé, exploration active). Même si l'implication n'entraîne pas nécessairement une coupure du monde réel, indirectement l'individu concentrant ses capacités mentales au média traitera davantage d'informations médiatiques que réelles, renforçant ainsi l'hypothèse du média en tant que *PERF*. L'individu atteindra la présence spatiale en conséquence de la puissance de cette hypothèse.

Un autre processus indirect soutient la formation de la présence spatiale : la suspension de l'incrédulité (c'est le fait de ne prêter attention ni aux stimuli externes, ni aux cognitions internes, pouvant détourner l'attention du plaisir de l'expérience et de l'environnement médiatisé). Le poids du visiocasque *VR*, la texture des pages du livre, l'odeur du pop-corn du cinéma, la vue du clavier de l'ordinateur ou les bruits environnants, sont des exemples de distractions de nature technologique. La distraction peut également porter sur le contenu tel qu'une mauvaise intrigue narrative, irréaliste ou invraisemblable. L'utilisateur peut alors ignorer consciemment ou inconsciemment les interférences potentielles à son immersion (jusqu'à un certain seuil en fonction de ses objectifs et de ses motivations). La suspension de

l'incrédulité affaiblit l'hypothèse de la réalité en tant que *PERF* en ignorant les distractions du monde réel. Elle renforce l'hypothèse du média en tant que *PERF* en ignorant les distractions du média pouvant contredire les connaissances de l'individu (ex. ignorer la mauvaise représentation de la gravité dans un film de science-fiction) et en ignorant les informations contradictoires de son esprit (ex. ignorer le souvenir de sa journée de travail pendant la lecture d'un livre).

Sur ces processus, le trait personnel majeur à considérer est l'absorption, c'est-à-dire la motivation et l'habileté de l'individu à traiter un objet de manière élaborée. Un utilisateur à l'absorption élevée aura plus de facilité à s'intéresser au média et à s'impliquer dans l'expérience. Elle influe par conséquent positivement sur l'attention, l'identification des structures spatiales, l'implication et la suspension de l'incrédulité. Elle offre alors une plus grande chance d'accepter l'hypothèse du média en tant que *PERF* et d'atteindre l'état de présence spatiale. Selon le type de média, les composantes pertinentes de l'absorption diffèrent. Dans un processus de lecture, une composante majeure de l'absorption est la capacité d'expérimenter des rêveries précises et généralisées, facilitant la construction du *SSM* et la perception d'y être situé. Pour les médias audiovisuels, la composante synesthésique de l'absorption est l'une des plus pertinentes, améliorant le *SSM* et renforçant l'hypothèse du média en tant que *PERF*, par le déclenchement de sensations imaginées sur d'autres modalités sensorielles que celles stimulées par le média.

En résumé, pour Wirth et al. (2007), confirmer l'hypothèse du média en tant que *PERF* et faire émerger la présence spatiale du *SSM*, fait intervenir trois processus : la puissance immersive de l'environnement médiatisé, l'implication de l'utilisateur et sa suspension de l'incrédulité. Dans une certaine mesure ces trois processus peuvent se substituer l'un à l'autre. Mais derrière cette idée de puissance médiatique se dissimule peut-être également la puissance interactive de l'environnement médiatisé (soutien moteur), que Fuchs et al. (2006) décrivent dans leur théorisation de l'immersion *VR* comme vase communicant à la puissance immersive (stimulations sensorielles).

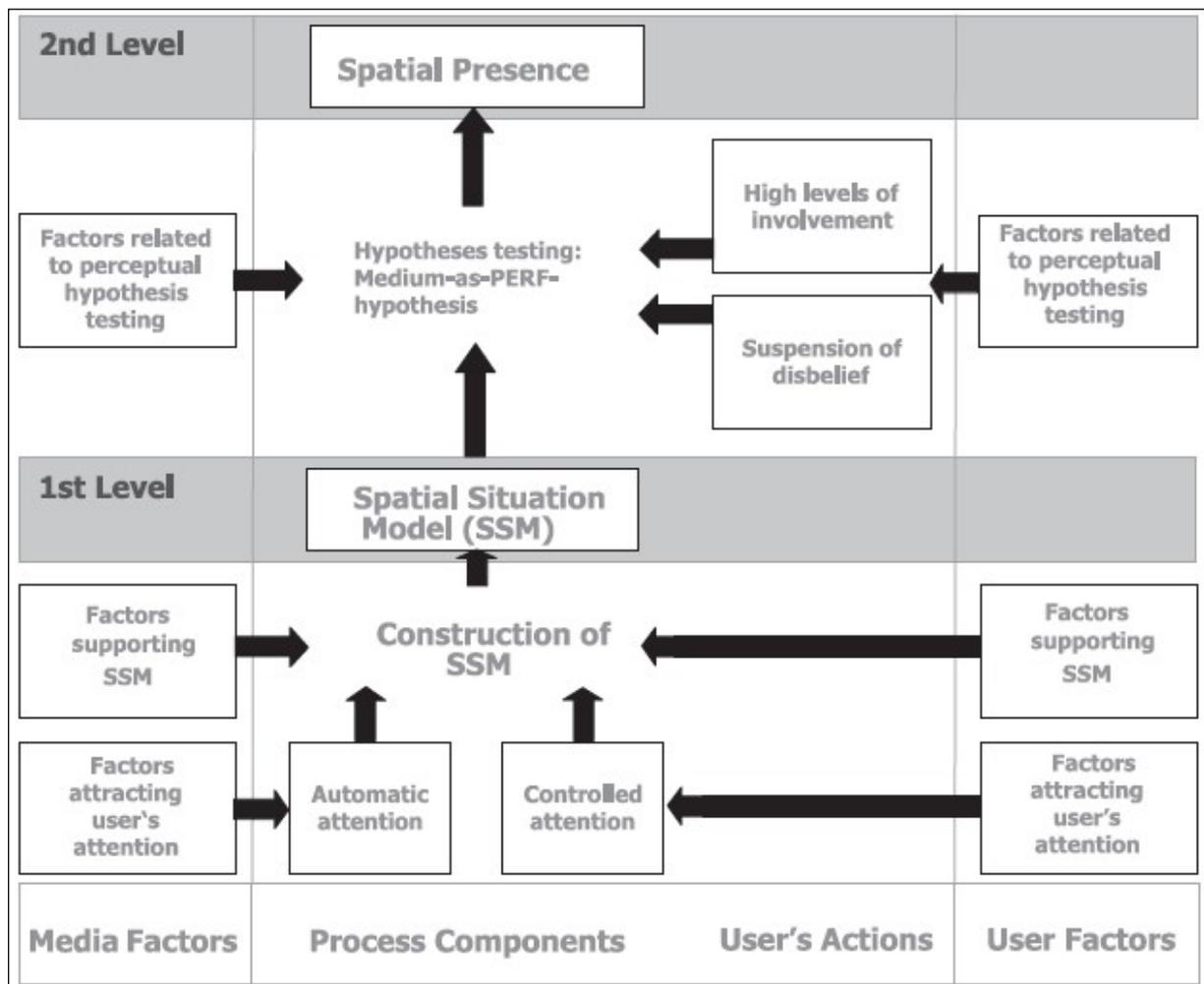


Figure 16. Formation de la présence spatiale : Modèle de Wirth et al. (2007).

Ce modèle confirme les doutes de Köster (2003) quant à l'intégration du contexte en études « sensorielles et consommateurs » par l'intermédiaire d'un scénario, où le lecteur joue un rôle important dans sa propre immersion. La présentation du contexte via un média plus immersif, comme l'utilisation d'une salle contexte ou d'un dispositif de réalité virtuelle, semble donc intéressante pour limiter ce poids des processus motivationnels internes à l'individu, plus imprévisibles et susceptibles de diverger d'un participant à l'autre. Cependant, si ces médias aux pouvoirs très immersifs amènent à l'utilisateur une grande quantité d'informations, leur risque de présenter des incohérences face aux attentes de l'utilisateur n'en est-il pas plus élevé ?

Évolution de l'immersion en réalité virtuelle (VR)

À travers l'immersion et l'interaction, Fuchs et al. (2006) présentent un modèle opérationnel pour les concepteurs VR sur plusieurs niveaux, similairement au modèle de présence :

Au démarrage de leur réflexion, Fuchs et al. (2006) placent l'homme au centre de l'objectif de conception d'un dispositif de réalité virtuelle (VR). Cette approche anthropocentrique (et non techno-centrique) présente le monde virtuel immersif tel qu'il doit être perçu par l'utilisateur auquel il s'adresse (**Figure 17**). De cette objectif naissent trois niveaux d'analyse du processus d'interfaçage « homme-ordinateur » et des dispositifs à concevoir (**Figure 18**).

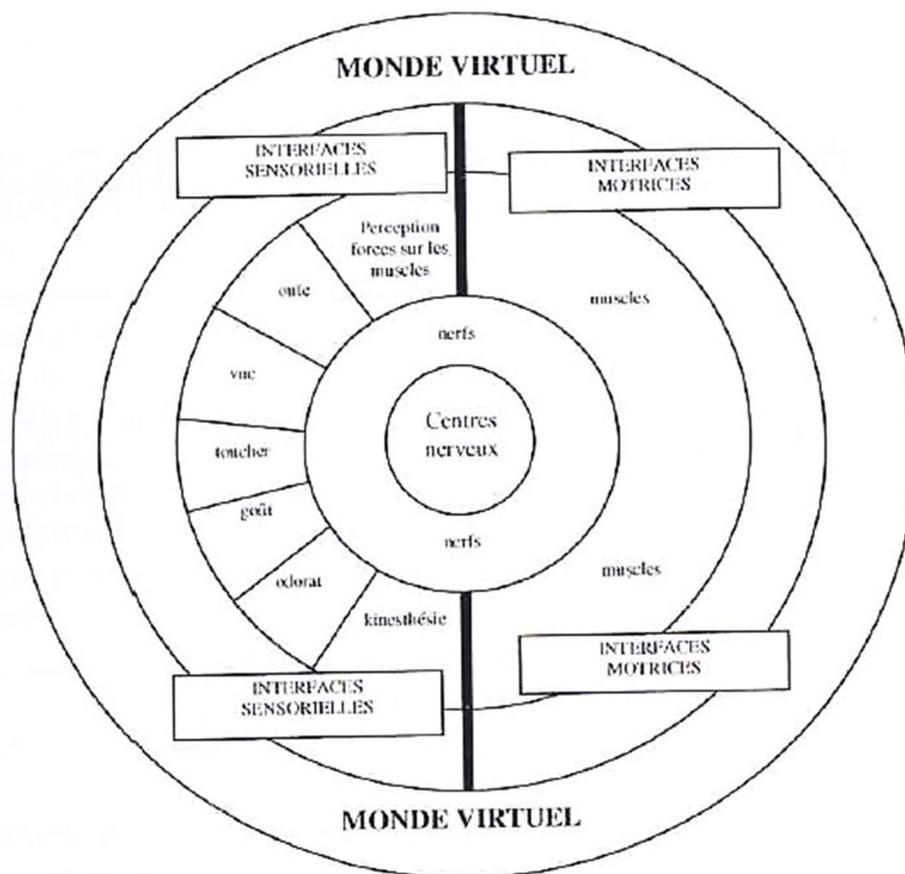


Figure 17. Schématisation de l'objectif de l'utilisateur en réalité virtuelle : représentation anthropocentrique de la perception du monde virtuel par l'homme (Fuchs et al., 2006).

Le premier niveau est un interfaçage physique entre l'homme et le monde virtuel. Il s'agit de la construction de l'immersion et de l'interaction sensorimotrices. L'ordinateur est physiquement connecté au corps de l'utilisateur, relié à ses sens et à ses réponses motrices. Ce

premier niveau semble en adéquation avec le premier palier du modèle de Wirth et al. (2007) ; le processus de formation de la présence démarre sur la base d'une représentation mentale de l'espace, dans un comportement exploratoire, testant la cohérence des repères spatiaux du monde virtuel, aux connaissances physiques du monde réel.

Le second niveau de conception correspond à l'assistance des processus cognitifs mis en œuvre par l'utilisateur dans son interfaçage avec l'environnement virtuel. À ce niveau se construit l'immersion et l'interaction cognitives. Dans la conception de l'interfaçage il faut comprendre à partir de quels processus mentaux l'utilisateur va-t-il agir et penser ? Deux catégories de processus cognitifs vont être impliquées pour permettre une interaction et une immersion efficaces et pseudo-naturelles : (1) les « **Schémes Comportementaux Importés (SCI)** » et (2) les « **métaphores avec ou sans substitution sensorimotrice** ».

(1) Dans ses activités sensorimotrices et cognitives, l'utilisateur peut faire appel à certains automatismes qu'il a assimilés dans le monde réel en les mettant en œuvre dans le contexte de l'activité à réaliser dans le monde virtuel. Un schème représente l'organisation mentale des actions, telles qu'elles se transfèrent et se généralisent lors de la répétition de ces mêmes actions en des circonstances analogiques. Les schèmes constituent les moyens que l'utilisateur possède pour assimiler les situations et les objets auxquels il est confronté. L'intelligence sensorimotrice parvient à résoudre un ensemble de problèmes d'actions (ex. atteindre des objets) en constituant un système complexe de schèmes d'assimilation et à organiser le réel selon un ensemble de règles spatio-temporelles et causales. **Dans un environnement virtuel interactif la personne exploitera donc la même démarche que dans un monde réel, pour organiser le virtuel selon l'ensemble de ses propres règles spatio-temporelles et causales.** Dans cette modélisation comportementale du monde virtuel, nous retrouvons un ensemble de règles auxquelles l'utilisateur sera confronté pour progresser dans le monde virtuel. Pareillement au second palier du modèle de Wirth et al. (2007), l'utilisateur va confronter ses connaissances logiques comportementales du monde réel (processus appris en situation réelle) à ses explorations du monde virtuel, l'amenant à se positionner au cœur de l'action.

(2) Dans le cas de difficultés techniques, économiques ou théoriques ne permettant pas d'exploiter un SCI (Schème Comportemental Importé), il est possible de contourner ces difficultés en employant une **métaphore**. Au lieu d'exploiter un comportement

sensorimoteur et acquis de la personne, il lui est proposée (généralement visuellement) une image symbolique de l'action ou de la perception souhaitée. Par exemple, dans un magasin virtuel, le consommateur peut valider l'achat d'un produit en cliquant sur l'image du produit, puis sur l'icône représentant une caisse ; cette action est symbolique, elle n'est plus représentative de l'action sensorimotrice en magasin réel, l'immersion et l'interaction y sont moins pseudo-naturelles. Dans le cas d'une métaphore **avec substitution sensorielle**, la métaphore exploite un sens spécifique différent du sens stimulé dans l'action réelle. Par exemple, la détection entre deux objets peut être symbolisée par un changement de couleur. En reliant cette stratégie de conception au modèle de formation de la présence spatiale de Wirth et al. (2007), nous pouvons suspecter que l'utilisation de métaphores amènera davantage d'incohérences entre les différents cadres égocentriques de références, réel et virtuel. Le maintien de la présence nécessitera probablement un niveau supérieur d'implication de l'utilisateur et de suspension de l'incrédulité. Pour ces raisons, la familiarisation au dispositif de réalité virtuelle est une étape clé du design expérimental, pour pallier à l'intégration de nouvelles règles. A contrario, un abus de métaphores (par facilité de conception) amènera probablement vers une difficulté de la suspension de l'incrédulité, une difficulté d'implication, voire à de forts effets négatifs pour l'utilisateur (ex. « mal du cyberspace »).

Au troisième et dernier niveau présenté par Fuchs et al. (2006), le dispositif de réalité virtuelle a pour objectif de réaliser une immersion de l'utilisateur dans une activité donnée. Il s'agit de l'immersion et de l'interaction fonctionnelles. Bien que présenté comme un troisième niveau au regard de la progression de l'utilisateur dans l'espace virtuel, ce niveau est le premier niveau regardé par le concepteur. Il commencera par identifier les activités (fonctions) que l'utilisateur devra réaliser. Celles-ci guideront ses choix de conception. Comparativement au modèle de Wirth et al. (2007), ce niveau semble davantage se focaliser sur le contenu médiatique. Il semble élever l'utilisateur au-delà du sentiment d'agir dans un lieu (présence spatiale) et amène l'idée d'une expérience autonome (notion davantage détaillée par : Fuchs et al., 2003), peut-être à l'image d'une projection dans l'expérience d'un épisode de consommation (au-delà du sentiment d'être dans un lieu).

Parallèlement aux niveaux d'interactions et d'immersions sensorimotrices et cognitives pour la personne, nous retrouvons deux niveaux de fonctionnement du logiciel pour le monde virtuel. Symétriquement à l'immersion et à l'interaction sensorimotrices, l'ordinateur gère en

temps réel la partie du logiciel permettant une réalisation physique du monde virtuel : il s'agit de la simulation basée sur les lois physiques (la mécanique, l'optique, la biomécanique, etc.) agissant sur les objets et les êtres animés. Face à l'immersion et à l'interaction cognitives, une autre partie du logiciel gère la modélisation comportementale du monde virtuel, en fournissant la simulation des comportements des êtres animés et des Aides Logicielles Comportementales (ALC) associées aux processus cognitifs, pour faciliter l'immersion et l'interaction cognitives de la personne. Au niveau de l'immersion et de l'interaction fonctionnelles, l'objectif d'activité à exercer par l'utilisateur est décomposable en comportements de bases, appelés « Primitives Comportementales Virtuelles » (PCV), dont il faudra bien définir et identifier les spécificités. Nous comptons quatre catégories de PCV : observer le monde virtuel, se déplacer dans le monde virtuel, agir sur le monde virtuel et communiquer avec autrui ou avec l'application (**Figure 18**). Pour notre utilisation *VR* (application au domaine « sensoriel et consommateurs »), les PCV regroupent probablement l'ensemble des comportements relatifs à la dégustation, l'évaluation du produit et la réalisation d'une activité congruente à l'épisode de consommation évoqué.

Sur ces trois niveaux de fonctionnement décrit par Fuchs et al. (2006), des facteurs relatifs aux capacités immersives et interactives du dispositif de réalité influenceront sur l'état de présence de l'individu tel que présenté par le modèle de Wirth et al. (2007). Pour Slater & Wilbur (1997), la caractérisation de la technologie de réalité virtuelle donne une évaluation du degré d'immersion. Les auteurs découpent ce degré d'immersion en plusieurs dimensions, telles que la description de jusqu'où la technologie peut-elle apporter à l'individu une illusion de réalité inclusive (en excluant la réalité physique), extensive (en considérant un éventail de modalités sensorielles), englobante (en présentant un champ panoramique) et vivide (en préservant la résolution, la fidélité et la diversité de sources de stimulation dans une modalité particulière) ? Chacune de ces dimensions existant à plusieurs niveaux, à des niveaux fondamentaux comme à des niveaux plus élevés, agissent sur le système nerveux autonome, sur les réponses cognitives et comportementales.

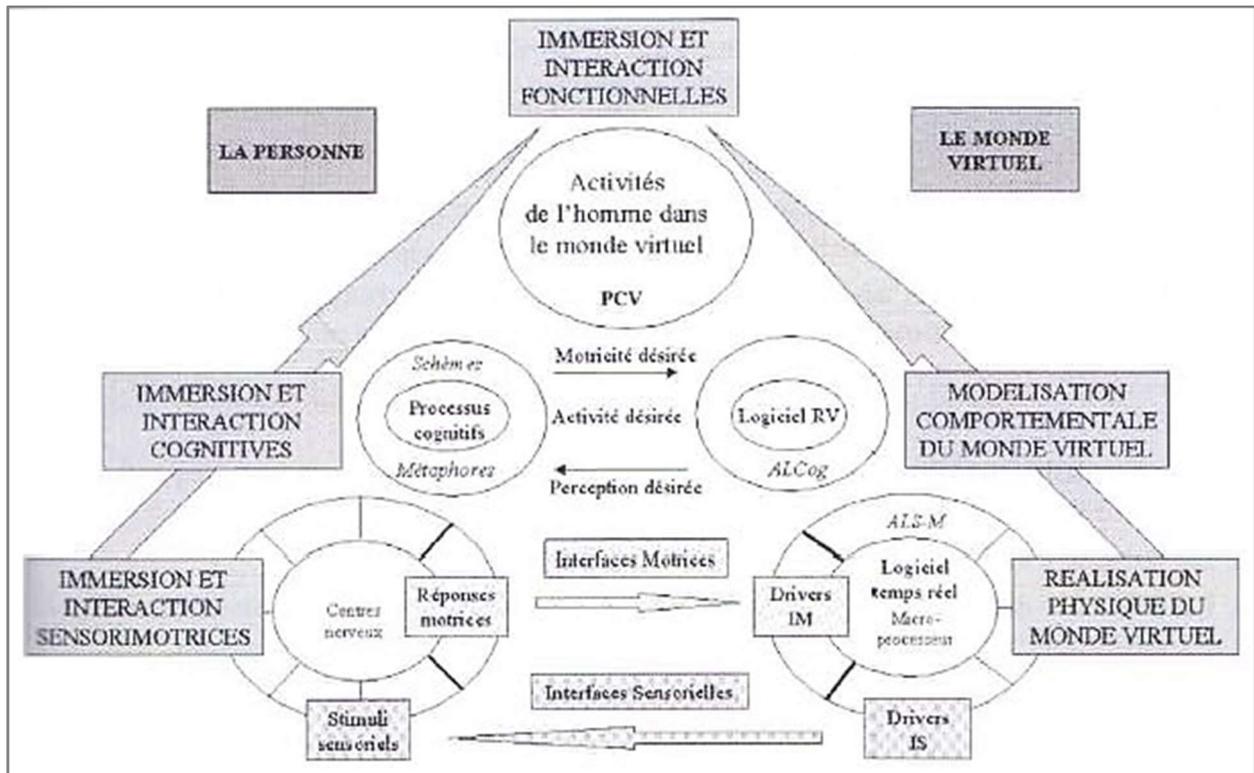


Figure 18. Schématisation de la conception VR autour de la progression de l'utilisateur : représentation technocentrique de référence (Fuchs et al., 2006).

Parallèlement à ces modèles, Auvray (2004) décrit l'immersion en 5 étapes, à travers l'appropriation d'un dispositif de substitution sensorielle :

Suite à l'étude de l'utilisation de dispositifs de substitution sensorielle, Auvray (2004) identifie cinq étapes d'appropriation de l'outil permettant à l'utilisateur de s'immerger dans l'espace ouvert par celui-ci : le contact, l'attribution distale, la maîtrise de l'espace distal, la localisation distale et la constitution d'une expérience distale. À la première étape, (1) étape de contact, intervient l'apprentissage des régularités sensorimotrices nécessaires à stabiliser et à maintenir le contact perceptif avec les stimulations engendrées par le dispositif de substitution sensorielle. En faisant le parallèle avec le modèle de Wirth et al. (2007), nous pourrions dire que l'attention mène à cette étape de contact avec le média. L'étape suivante (2) d'attribution distale correspond à la compréhension, par l'utilisateur, que ses sensations lui sont apportées par la rencontre d'un objet provenant de l'espace perceptif (que lui ouvre l'outil). À cette étape, l'utilisateur se constitue un espace, un objet, à la manière dont il prépare ses « briques de construction » de l'espace mental dans le modèle de Wirth et al. (2007). À la troisième étape, (3) étape de maîtrise de l'espace distal décrite par Auvray (2004), l'utilisateur se construit un nouvel espace perceptif ouvert par le dispositif de substitution sensorielle. Il apprend ici à maîtriser un nouvel espace perceptif, en dépit des changements dans la stimulation sensorielle.

Dans cette étape le modèle de situation spatiale (*SSM*), tel que décrit par Wirth et al. (2007), semble suffisamment solide pour se maintenir, malgré les changements environnants. À la quatrième étape, (4) étape de localisation distale, survient l'impression d'être dans l'espace perceptif ouvert par la médiation technique. Elle implique une automatisation du nouveau couplage sensorimoteur, qui permet à l'utilisateur de se sentir entièrement là où il agit. Ici, la présence spatiale du second niveau de Wirth et al. (2007) est atteinte. La dernière et cinquième étape, (5) étape de constitution d'une expérience distale, naît d'un apprentissage perceptif et du partage de l'expérience perceptive, permettant de constituer le sens, l'émotion et les valeurs communes attachées à cette expérience. Nous retrouvons ici l'idée d'une expérience à la fois autonome et partagée renforçant le sentiment d'existence, se recoupant avec le niveau d'immersion et d'interaction fonctionnelles de Fuchs et al. (2006), de même qu'avec la notion de présence sociale (Heeter, 1992). Cette description de l'immersion par Auvray (2004) nous conforte dans l'idée d'un niveau de présence supérieur à la présence spatiale, amenant une forte impression de réalité par l'autonomie et le partage.

Appropriation et schématisation bilan

En tenant compte de ces approches différentes, du sentiment de présence ou d'immersion, relativement dépendantes de l'angle de vue applicatif de chaque auteur, nous proposons la version enrichie du modèle de Wirth et al. (2007) ci-après, en **Figure 19**.

En environnements immersifs physiquement recréés, le média n'impliquera pas de changement de réalité physique. Nous supposons alors qu'au premier niveau de formation de la présence, l'individu se créera très rapidement sa représentation mentale de l'espace, à la différence d'une lecture de scénario ou d'une immersion en environnement numérique. Les processus de formation du *SSM* entre la lecture d'un scénario et l'immersion en environnement numérique semblent également s'opposer. Tandis que l'environnement numérique recherche une simulation du réel, la lecture d'un scénario vise à ramener en tête des souvenirs et/ou des connaissances du réel. Les facilités d'immersion entre ces différentes stratégies ne toucheront peut-être pas les mêmes profils d'utilisateurs. D'autre part, nous pouvons également nous attendre à ce que, de par leurs fortes stimulations perceptives, les environnements immersifs physiques et numériques amènent de façon plus consensuelle au second niveau de présence spatiale. Le scénario, lui, dans une stratégie d'évocation plus conceptuelle, nécessitant un certain niveau d'intérêt et d'imagerie mentale, est moins susceptible de faire l'unanimité. Cependant, il laisse peut-être davantage de liberté de projection quant au contenu, en faveur

d'un dernier niveau de présence plus « expérientiel ». Le couplage d'un scénario à une immersion perceptive (physique ou virtuelle) pourrait aussi aider à l'orientation des hypothèses en faveur du média en tant que *PERF* et favoriser la présence spatiale, allégeant la perception des incohérences médiatiques. Nous pouvons aussi imaginer que l'orientation de ces hypothèses pourra varier selon la culture et les croyances. La présence ou l'absence « des croissants sur la table du petit-déjeuner » n'aura, par exemple, probablement pas les mêmes répercussions sur la perception du moment de consommation selon l'historique de la personne immergée. Ce troisième niveau sera peut-être plus sensible à identifier s'il soulève une grande variabilité individuelle.

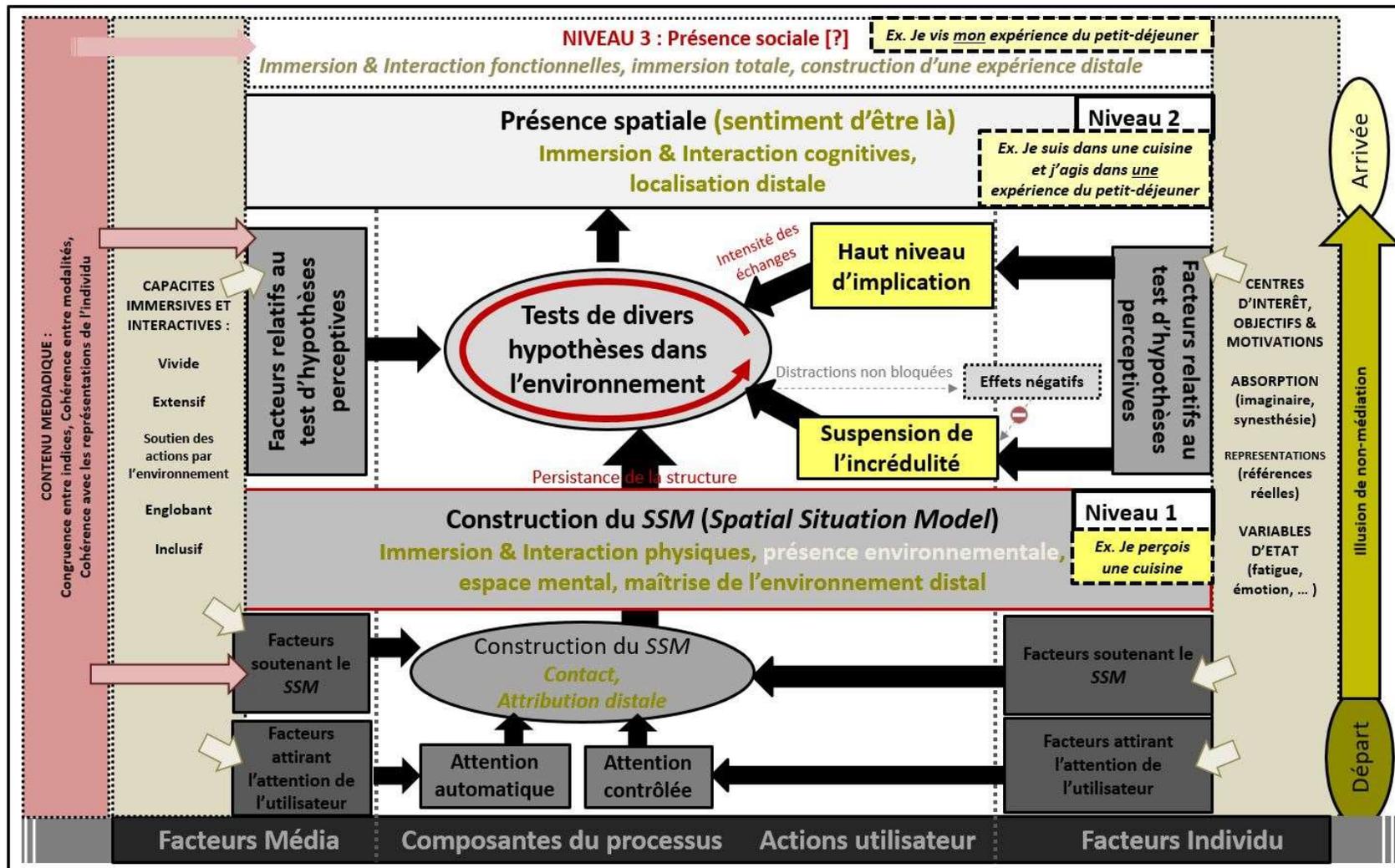


Figure 19. Modèle de présence sur la base du modèle de Wirth et al. (2007), enrichi des notions de Auvray (2004), Barfield & Hendrix (1995), Fuchs et al. (2003, 2006), Heeter (1992), T. Kim & Biocca (1997), Lombard et al. (2000), Lombard & Ditton (1997), Schubert et al. (1999a, 1999b), Sheridan (1992), Slater & Wilbur (1997), Zahorik & Jenison (1998).

2.3.3 Méthodes de mesure de l'immersion et de la présence

L'immersion (ou description de jusqu'où la technologie procure l'illusion de réalité – Slater & Wilbur, 1997) peut par combinaison à l'interaction amener au sentiment de présence (Fuchs et al., 2003), au sentiment d'être là. La notion d'immersion n'étant pas complètement stabilisée, sa mesure reste encore peu consensuelle. Au sein de la littérature concernant la « réalité virtuelle » où la notion de présence a été maintes fois questionnée, nous retrouvons deux types de mesures : explicites et implicites.

Parmi les mesures explicites (ou déclaratives), nous retrouvons de nombreuses variantes de questionnaires de présence, constitués de plus ou moins d'items selon l'étude. Dans ces questionnaires, les notions d'immersion, d'interaction (facteurs liés au média) et d'engagement (facteur lié à l'utilisateur) s'entremêlent dans l'évaluation de la perception du média par l'utilisateur ; son ressenti face au média lui permet d'accéder à ce sentiment de présence. Pour la littérature *VR*, ces questionnaires semblent davantage axés sur les notions du premier niveau du modèle de présence de Wirth et al. (2007), avec le questionnement de la représentation mentale de l'espace (immersion et interaction physiques) [exemples : « *Presence Questionnaire (WS-PQ)* » de Witmer & Singer (1998) ; « *Presence Questions* » de Slater et al. (1995) ; « *SUS-PQ* » développé par Slater, Usoh et Steed, repris par Usoh et al. (2000) ; « *Presence and Tactile Engagement* » de Biocca et al. (2001) ; « *ITC-Sense of Presence Inventory, ITC-SOPI* » de Lessiter et al. (2001) ; « *Immersive Tendencies Questionnaire* » (*ITQ*, révisé en 2004) ; « *Igroup Presence Questionnaire* » (*IPQ*, 2016) ; Utilisation par Fajta et al. (2016) des questionnaires « *BDI questionnaire* » et « *questions of Reality Judgment and Presence Questionnaire (RJPQ)* » ; « *Multimodal Presence Scale (MPS)* » de Makransky et al. (2017)].

Le questionnaire de Witmer & Singer (1998) semble être l'un des plus répandus, avec l'avantage de disposer d'une version française officielle « *Questionnaire sur l'État de Présence (QEP)* » traduite par le laboratoire de Cyberpsychologie de l'Université du Québec en Outaouais, Canada (UQO, 2002). Ces questionnaires de présence restent néanmoins très spécifiques à l'évaluation des caractéristiques médiatiques de la réalité virtuelle ; de nombreux items ne pourraient être transposés pour d'autres médias.

Pour la littérature « sensorielle et consommateurs », le second niveau de présence (immersion et interaction cognitives) est plus questionné, à travers les notions d'engagement et de cohérence situationnelle [exemples : « *Survey to Measure User Engagement* » de O'Brien

& Toms (2010) ; « *Engagement questionnaire* » de Bangcuyo et al. (2015), repris par Hathaway & Simons (2017) et Sinesio et al. (2018) ; questionnaire d'efficacité d'évocation du scénario de Hein et al. (2010), repris par Hein et al. (2012) et Lusk et al. (2015) ; vivacité de l'évocation questionnée par S.-E. Kim et al. (2016) ; questionnaire d'engagement et praticité d'usage *VR* de Andersen et al. (2018) ; questionnaire d'engagement de Sinesio et al. (2019)]. Nous retrouvons ici des items plus transversaux aux différents types de médias, avec le questionnement de l'implication du consommateur et de la manière dont les facteurs médiatiques ont été en mesure de l'aider à s'impliquer dans l'expérience.

Généralement, les questionnaires de présence de la littérature *VR* sont utilisés pour identifier le niveau d'un dispositif de réalité virtuelle, notamment sa capacité d'immersion dans un espace. Ils n'ont cependant pas été développés sur des environnements recréés du quotidien, tel que visés dans une application « sensorielle et consommateurs ». À titre d'exemple, l'étude de la présence en *VR* de Biocca et al. (2001) immerge l'utilisateur dans une situation de découpe de cadavre, loin des situations quotidiennes recherchées pour une application « alimentaire ».

Les questionnaires d'engagement retrouvés en études « sensorielles et consommateurs » sont, eux, habituellement utilisés dans la comparaison de dispositifs contextuels. Ils n'ont cependant encore été que peu utilisés pour la comparaison de dispositifs de réalité virtuelle à d'autres stratégies de contextualisation [étude comparative avec *VR-360* : Andersen et al. (2018) ; études comparatives avec *VR* plus poussée : Porcherot et al. (2018), Schnack et al. (2019), Sinesio et al. (2019)]. Les salles contextes (environnements physiques), les boxes enrichis ou les simulations numériques sur ordinateur (PC classiques) ont été davantage étudiés et comparés sur ces questions (Bangcuyo et al., 2015; M. Hannum et al., 2019; M. E. Hannum et al., 2020; Hathaway & Simons, 2017; Lichters et al., 2021; Sinesio et al., 2018). Aujourd'hui l'étude de Sinesio et al. (2019) est l'une des rares et première à confronter les environnements immersifs, de type physique vs numérique.

Par ailleurs, ces mesures déclaratives manquent encore de matière sur le ressenti « expérientiel », où notre troisième niveau suspecté de présence (immersion et interaction fonctionnelles – Fuchs et al., 2006) n'est pas explicitement questionné. La question la plus explicite de présence retrouvée, « felt like the real world » (échelles de likert en 7-points) / « I feel like in a real shop / in a real bar / in a real ... » (Hathaway & Simons, 2017; Sinesio et al., 2019), reste encore ambiguë sur le fait d'évaluer le sentiment d'être dans un lieu (niveau 2) ou dans une expérience (niveau 3). Pour tester cette immersion totale, certains auteurs se sont intéressés aux illusions perceptives amenées par le sentiment de présence. Sester et al. (2013)

et Andersen et al. (2018) ont par exemple questionné la chaleur perçue de leurs environnements, afin d'en tester l'illusion apportée par l'ambiance (ambiances « iceberg » et « désert » pour Sester et al., 2013 ; ambiance « plage » pour Andersen et al., 2018), bien que cette variable « température » n'ait été ici modulée. Dans un questionnement beaucoup moins direct de la proximité de la situation immersive vécue au réel, Ouellet et al. (2018), eux, se sont intéressés à la corrélation entre les performances de mémorisation des participants immergés en magasin virtuel et les résultats d'un questionnaire d'auto-évaluation de leur perception de leurs facilités habituelles de mémorisation en magasin réel. Aujourd'hui, encore qu'effleuré sur un faible nombre d'items, le questionnement explicite de ce dernier niveau « expérientiel » de présence manque de développement. De manière implicite, ce niveau pourrait être approché par l'identification de la représentativité d'un comportement observé en situation expérimentale. Néanmoins, cette analyse comportementale nécessitera la connaissance du comportement spécifique de réponse à la situation réelle (comparaison réel-virtuel).

Les mesures implicites reposent sur des observations comportementales ou des mesures physiologiques. Bien que très différentes d'une étude à l'autre, nous notons une base sous-jacente commune : l'idée d'essayer de retrouver en virtuel, les lois du monde réel. La présence spatiale est identifiée si le participant prend en compte les lois physiques du monde réel dans son expérience virtuelle, comme le fait de pivoter pour passer dans un couloir étroit (Mestre, 2018 ; **Figure 20**), de s'arrêter face à un précipice (Meehan et al., 2005), de choisir de marcher plutôt que de voler au-dessus du monde virtuel (Murray et al., 2000; Usoh et al., 1999), etc. L'acceptation du média en tant que *PERF*, peut également être repérée par la priorité donnée au média dans une incohérence perceptive entre réel et virtuel. Dans l'étude de Slater et al. (1995), les participants immergés indiquaient par exemple la direction du visuel de la radio (objet virtuel) comme origine sonore, tandis que le son présenté provenait en réalité d'une autre direction.

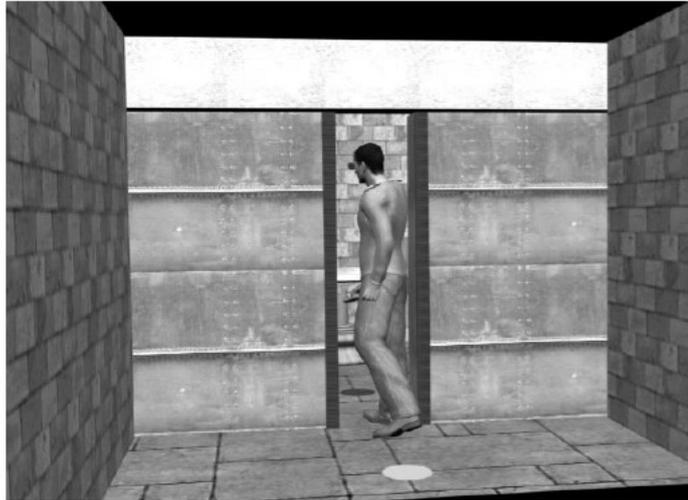


Figure 20. Rotation d'épaule dans un passage étroit (Mestre, 2018).

Pour les mesures physiologiques, il s'agit d'identifier la réponse physiologique, et/ou les conséquences d'une émotion forte, en réaction à la situation évoquée, conformément à la réaction réelle connue (ou attendue). Par exemple, en immersion dans une activité stressante, la présence spatiale pourra être détectée par augmentation du pouls ou réaction électrodermale (conductance cutanée) (Meehan et al., 2005 ; **Figure 21**). Ces observations étant le résultat d'une réaction (réponse physiologique, prise de décision comportementale), cela témoignera de l'implication du consommateur dans l'expérience et de son état de présence. Elles peuvent cependant manquer de précision (Fink et al., 2007) ; il ne faudra donc pas s'attendre à un comportement totalement identique au réel.



Figure 21. Immersion face à un précipice (Meehan et al., 2005).

Gauche : Environnement VR ; Droite : Aménagement de l'espace réel.

Le troisième niveau hypothétique de présence (« présence expérientielle » : *je suis dans mon petit-déjeuner*) sera peut-être plus fin à détecter ; car il relève de subtilités d'action « personnelles », dont nous n'en connaissons pas aussi bien le réel (en comparaison des

réactions « physiques » mieux connues, tel que : s'arrêter face à un précipice – Meehan et al., 2005). Nous pourrions par exemple assez facilement prédire que les consommateurs tiendront leur cuillère de façon plutôt similaire pour se servir autour d'un buffet ; mais leur manière de se servir en nourriture (choix des aliments, tailles des portions, etc.) diffèrera d'un individu à l'autre. Pour accéder à ce niveau de présence, la comparaison à la situation réelle spécifiquement étudiée semble nécessaire pour en identifier les règles sous-jacentes.

2.4 Manipulation de l'épisode

Comme décrit par Bisogni et al. (2007), l'épisode de consommation peut être décomposé en huit dimensions interconnectées : aliments et boissons ; lieu ; temps ; activité ; entourage social ; état mental ; condition physique ; récurrence. Les caractéristiques de ces dimensions ne sont pas exclusives et peuvent se recouper. Les dimensions de lieu, entourage social et temps sont par exemple souvent reliées (ex. « *au travail, je suis avec les collègues, pendant ma journée de travail* »). Majoritairement ces épisodes de consommation sont nommés par des labels conventionnels, comme le petit-déjeuner, le dîner, la pause, l'encas, ... Mais ces labels conventionnels peuvent aussi être modifiés, apportant quelques précisions telles que repas d'anniversaire, dîner tardif, pause rapide, ... Et pour certains épisodes leur appellation relève de constructions uniques, telles que le café du matin. Au minimum, deux autres dimensions entourent celle « d'aliments et boissons », formant un tout congruent et susceptible d'influer sur notre comportement.

Aliments et boissons

La dimension « aliments et boissons » se caractérise par les éléments suivants : le type d'aliment (produit), son style de préparation, ses combinaisons (ex. pâtes gratinées, concoction, dîner télé, ...), la quantité consommée, la manière de manger (contenants, ustensiles) et l'origine de la préparation (ex. fait-maison, pris à emporter, ...) (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, cette dimension aliments et boissons est au centre de l'attention avec le produit testé. Mais ce produit testé est souvent standardisé en échantillon et isolé des autres produits accompagnant l'épisode de consommation. Certaines études en contexte essaient néanmoins de conserver un certain degré de naturel autour du produit, malgré les contraintes de l'étude. En buffet virtuel par exemple, une large variété de produits sont proposés, pour lesquels leur seule simulation visuelle aide à pallier les contraintes potentielles de conservation

(Persky et al., 2018; Ung et al., 2018) ; l'évaluation des produits ne pourra cependant pas dépasser le stade de leur sélection. D'autres auteurs, tel que Sinesio et al. (2019), jouent par exemple sur la présentation du produit dégusté, ici les bières étaient servies fraîches dans de véritables verres à bière, à l'image d'une consommation réaliste en termes de présentation, mais dans la contrainte d'un nombre limité de gorgées pour préserver la limite alcoolémique des participants. Du fait de nombreuses contraintes expérimentales, la considération du naturel des caractéristiques du produit ne peut se faire qu'au détriment d'autres de ses aspects. À la différence d'un épisode réel de consommation formant un tout congruent, la dimension « aliments et boissons » porte un poids particulier en études « sensorielles et consommateurs ». Dans une application industrielle traditionnelle, nous recherchons soit le produit approprié pour un contexte déjà connu (Andersen et al., 2018; Bangcuyo et al., 2015; Delarue et al., 2019; Persky et al., 2018; Sester et al., 2013; Sinesio et al., 2019), soit le contexte approprié pour un produit existant (Porcherot et al., 2018; Stelick et al., 2018). Le produit est donc géré séparément des autres dimensions de l'épisode de consommation (Jaeger et al., 2019).

Lieu

La dimension « lieu » se caractérise par les éléments principaux suivants : la localisation générale (ex. à la maison, au travail, au restaurant, en voiture, ...), l'endroit spécifique au sein de cette localisation générale (ex. sur la table de la cuisine, devant la télé, à mon bureau, à la machine à café, sur le parking, dans le jardin, ...), l'accessibilité à la nourriture / au stockage / aux équipements de préparation (disponibles, autorisés) et la condition de l'environnement physique (météo, température) (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, lorsqu'il y a contextualisation, la dimension de « lieu » est la plus explorée et la plus modulée de l'épisode de consommation, sous divers aspects multi-sensoriels. Le lieu peut être présenté en box par une évocation sémantique (Dorado et al., 2016) souvent assez détaillée, mais parfois juste limitée à un « titre » (Jaeger et al., 2019). Pour les stratégies plus immersives ce lieu est principalement évoqué par des stimulations visuelles (Chicchi Giglioli et al., 2019; Ferrer et al., 2013; Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Siegrist et al., 2019; Ung et al., 2018) et parfois couplées avec des indices olfactifs et/ou sonores (Andersen et al., 2018; Bangcuyo et al., 2015; Faita et al., 2016; Hathaway & Simons, 2017; Ischer et al., 2014; Porcherot et al., 2018; Schnack et al., 2019; Sinesio et al., 2019; Stelick et al., 2018). Les environnements immersifs numériques (*VR*) ou physiques (salle contexte) apportent également une capacité d'action dans cette dimension de lieu, par une interaction plus ou moins poussée (marche, observation, saisie, etc.). Dans certaines études le contexte autour des « aliments et

boissons » est même parfois résumé au « lieu » (Ferrer et al., 2013; Ischer et al., 2014; Stelick et al., 2018; Ung et al., 2018).

Temps

La dimension « temps » se caractérise par les éléments suivants : le moment chronologique (date et heure), la relation temporelle de l'épisode à d'autres activités / responsabilités / événements (ex. après m'être réveillé(e), en préparant à manger, avant d'aller au travail, pendant mes congés, ...) et la perception du temps par l'individu (ex. je suis pressé, pour passer le temps, j'anticipe l'arrivée de quelqu'un, ...) (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, la temporalité des séances immersives est peu raccordée à la temporalité réelle de l'évocation. Mais cette temporalité est parfois resituée à travers l'évocation de la situation dans sa relation temporelle à d'autres activités ou responsabilités (ex. Faita et al., 2016). D'autres auteurs, comme Delarue et al. (2019), ont également noté lors d'une étude sur les bières (sans alcool) une moins forte influence d'un temps incongru à la dégustation en environnement immersif qu'en box traditionnels. Mais pour certains types de produits où le rythme physiologique importe, comme les boissons alcoolisées, les expérimentateurs peuvent se caler sur une temporalité au plus proche de l'épisode réel, même en environnements immersifs (ex. Sinesio et al., 2019).

Activité

La dimension « activité » se caractérise par les deux traits suivants : la nature de l'activité (courses, ménage, soins des animaux de compagnie, tâches parentales, travail, loisirs, sociabilisation, divertissements, ...) et l'importance de l'activité par rapport à la consommation d'aliments et boissons (activité secondaire ou primaire à l'attention de l'individu, exemple : « regarder un magazine disponible en déjeunant » vs « prendre son petit déjeuner en travaillant au bureau ») (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, l'activité première est souvent allouée à la tâche de l'étude expérimentale : une évaluation explicite du produit, non représentative de l'activité réelle de l'épisode. La mesure expérimentale apporte donc un premier lot de contraintes sur la dimension activité. Le focus porté à la dégustation est également amplifié du fait de cette mesure expérimentale, où l'aliment reste en toutes circonstances au centre de l'attention (Galiñanes Plaza et al., 2019; Köster, 2003). Certaines études parviennent néanmoins à détourner l'activité

réelle de l'épisode pour en faire une mesure implicite congruente. Une prise de décision, une sélection de produits en buffet, un choix de produits en rayons de supermarché, sont des exemples de cas de figures où l'activité congruente à l'épisode devient la mesure implicite étudiée (Chicchi Giglioli et al., 2019; Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019; Ung et al., 2018). Et certaines études minimisent également ce biais en ayant recours à des mesures implicites sophistiquées, comme l'oculométrie (ex. Siegrist et al., 2019).

Entourage social

La dimension « entourage social » se caractérise par les éléments suivants : le nombre de personnes présentes, leur genre, leur relation à l'individu (compagnon, enfant, parent), leur rôle dans l'environnement social (hôte, invité, cuisinier, serveur, aide-soignant), l'équilibre des pouvoirs entre les personnes présentes (patron, employé) et les processus sociaux saillants dans l'épisode (écoute, rapprochement, réconfort) (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, cette dimension sociale peut être amenée sémantiquement par l'évocation d'un entourage social à travers un scénario. Le scénario peut également laisser libre court à l'imagination, de manière à ce que chacun puisse y projeter son propre environnement social en congruence. En immersion cette dimension peut être approchée par l'organisation volontaire de séances collectives en environnements physiques (Sester et al., 2013; Sinesio et al., 2019) ou l'intégration d'avatars en environnements numériques (Persky et al., 2018; Porcherot et al., 2018; Schnack et al., 2019; Sinesio et al., 2019). Mais cette dimension ne peut être totalement représentative étant donné les contraintes de recrutement (ex. séances collectives entre participants ne se connaissant pas), ou au vu des contraintes et limites techniques (ex. maîtrise de la configuration et de la crédibilité des avatars *VR*). Au-delà du visuel (images de fond), le fond sonore peut aussi jouer dans la modulation de cette dimension (ex. bruit de discussions, Schnack et al., 2019 ; murmures au loin, Faita et al., 2016).

État mental

La dimension « état mental » se caractérise par les éléments suivants : **l'objectif que l'individu essaie d'atteindre au cours de l'épisode (qui peut être lié aux aliments et boissons ou lié au bien-être de l'individu, exemple : « je ne souhaite pas que les produits se perdent » vs « je devrais manger plus de légumes »)**, les émotions de l'individu au cours de l'épisode (type et intensité) et ses sentiments envers le produit (ex. « sympa à manger ») ou

envers d'autres événements / personnes / objets (ex. « inquiet pour mon travail ») (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, l'état mental n'est manipulé que sur des études d'objectifs spécifiques, ciblées sur des états de stress ou d'induction émotionnelle (ex. Ammann, Hartmann, et al., 2020; Faita et al., 2016), par la mise en scène de scénarios attendus comme émotionnels. Il s'agit plus généralement d'études davantage psychologiques que sensorielles. Autrement, l'utilisation d'un scénario écrit peut toujours tenter de ramener le participant à son contexte motivationnel (ex. Siegrist et al., 2019). Mais les motivations du participant restent plus ou moins biaisées de par son recrutement. Les participants sont en effet conscients de participer à une étude, où ils effectuent bien souvent une activité d'évaluation non naturelle et reçoivent parfois une compensation monétaire (Galiñanes Plaza et al., 2019), créant un décalage entre leurs motivations pour l'étude et leurs motivations réelles pour l'épisode évoqué.

Condition physique

La dimension « condition physique » se caractérise par les éléments liés à l'alimentation, comme l'appétit et l'hydratation, et d'éléments liés à d'autres états physiques, comme la fatigue, la maladie ou les blessures, variables en nature et en intensité (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, comme pour l'état émotionnel, la condition physique est difficilement manipulable, en dehors d'études spécifiques (nutritionnelles ou sur l'état d'éveil) pouvant précisément viser à l'induction d'un état physiologique. Bien que cette dimension soit difficilement modulable, le participant peut néanmoins être incité à s'approcher d'un certain état physiologique par les instructions d'avant séance, telles que « ne pas manger dans l'heure précédant la séance, ... ». De même le choix de l'horaire de la séance peut indirectement favoriser un état physique et mental en cohérence avec l'épisode de consommation simulé. Inversement, la fatigue de la tâche ou du dispositif immersif (effets négatifs) diminueront la cohérence de la condition physique du participant en laboratoire face à sa condition en situation réelle.

Réurrence

La dimension « récurrence » reflète la répétition de la situation de consommation, elle se caractérise par les éléments suivants : la possibilité de la répétition de l'épisode (ex. rare,

situation spéciale, routine), sa fréquence de répétition (ex. tout au long de la journée, chaque jour, une fois par semaine) et la combinaison des caractéristiques répétitives des autres dimensions (ex. « un truc de mec » reproduit un même cadre social dont l'emplacement et les aliments peuvent varier ; « le *Pepsi* du matin » reproduit une même consommation à la même heure dont le lieu, l'entourage social et l'activité peuvent varier) (Bisogni et al., 2007).

En laboratoire, la récurrence est également de manipulation complexe. Mais nous approchons dans une certaine mesure cette dimension par le choix des participants, leur sélection sur des critères : de familiarité, d'habitude à l'épisode de consommation, de fréquence de consommation du produit cible (ex. expérience, expertise – Ballester et al., 2008; Chollet et al., 2005; Chollet & Valentin, 2001; Gómez-Corona et al., 2016; Honoré-Chedozeau et al., 2019; Nacef et al., 2019; Valentin et al., 2003). La réplication de la séance crée également une certaine récurrence pour le participant (Bangcuayo et al., 2015; Hathaway & Simons, 2017; Hein et al., 2010, 2012), bien que sa représentativité face à la réalité de « l'expérience produit » en soit peu connue. La réplication de séance est en effet plutôt amenée dans un choix métrologique pour le test de validité interne.

—

L'épisode de consommation, tel que défini par Bisogni et al. (2007), se conceptualise autour d'une proximité des variables stables de l'individu (ex. la culture - Ares et al., 2015, 2016; Blancher et al., 2008; Jesionkowska et al., 2008). Bien que ces variables ne soient manipulables, la *VR* pourrait représenter une passerelle pour faciliter ces travaux à distance.

En situation réelle, ces huit dimensions sont décrites par Bisogni et al. (2007) comme un ensemble congruent. En laboratoire, l'aliment étant au centre des questionnements de l'étude, l'épisode est souvent traité de façon discontinue entre l'aliment et le reste de son contexte de consommation. Le raccord entre l'aliment isolé et son contexte est ensuite réévalué par des études de pertinence « produit - contexte » (« *appropriateness* »), pour reconstituer la congruence de l'épisode (Jaeger et al., 2019). D'un point de vue perceptif, la dimension de « lieu » demeure la principale caractéristique simulée de l'épisode de consommation. Au global, la présentation de l'épisode de consommation en laboratoire est soumise à des contraintes telles que celui-ci ne peut qu'en partie simuler la réalité (*exemples de manipulations contextuelles : voir Annexe 1*). L'utilisation d'un scénario (parfois couplé au perceptif, ex. Siegrist et al., 2019) peut néanmoins aider à l'évocation des dimensions qui ne pourront être modulées. Mais perceptivement, comme conceptuellement, aujourd'hui il manque un consensus sur la manière de recréer un épisode de consommation et l'origine du design de ces reconstructions reste très

rarement renseigné ; alors comment définir le contenu médiatique ? **Si le processus de présence requiert une cohérence entre le contenu médiatique et les représentations du réel de l'utilisateur, avec quel degré de précision aurons-nous besoin de l'identifier ? Par ailleurs, si seules les dimensions de « lieu » et « d'aliments et boissons » restent facilement manipulables en conditions expérimentales, comment en sélectionner au mieux les éléments pour redonner du poids aux autres dimensions ?**

2.5 Construction d'un environnement virtuel et interactif

Parmi les dispositifs permettant l'évocation d'un épisode de consommation, le concept de réalité virtuelle (*VR*) attire tout particulièrement le domaine « sensoriel et consommateurs ». Comme précédemment expliqué, la *VR* permet à la fois d'évoquer un contexte, d'immerger perceptivement le consommateur au sein de ce contexte et d'aisément manipuler ce contexte, ou encore de moduler le produit testé au centre de ce contexte. Au regard de sa définition : « *Permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensorimotrice et cognitive dans un monde artificiel, créé numériquement, qui peut être imaginaire, symbolique ou une stimulation de certains aspects du monde réel* » (Fuchs et al., 2006), mêlant immersion et interaction, la *VR* semble mettre toutes les chances de son côté pour amener au sentiment de présence. Mais la manipulation de l'épisode de consommation au sein d'un environnement *VR* invite à de nombreux choix technologiques. En effet, la réalité virtuelle étant décrite comme un concept, libres sont les chemins pour y accéder. Bien que conceptuellement attractive, son caractère numérique interroge sur la maîtrise et les limites technologiques actuelles pour atteindre cet objectif de présence en environnement virtuel. Alors comment crée-t-on une réalité virtuelle ?

Aujourd'hui, bien que le concept de réalité virtuelle paraît inviter à une expérience multi-sensorielle, vers l'illusion totale d'un monde inexistant, les technologies *VR* actuelles se développent surtout autour de la modalité visuelle. Les systèmes *CAVE*, comme les dispositifs visiocasques, offrent par la projection visuelle une première barrière de séparation entre les mondes, réel et virtuel (Suh & Prophet, 2018). Cette projection visuelle détaillée entoure l'utilisateur (murs du *CAVE*) ou en donne l'illusion complète (lunettes du visiocasque). Pour fournir l'illusion d'auto-localisation et donner au participant sa capacité d'agir dans le monde virtuel, le dispositif doit capter l'activité motrice de l'utilisateur pour en adapter en temps réel la présentation visuelle de l'environnement. Le premier niveau d'équipement *VR* constaté dans la littérature correspond à la capture des mouvements de tête pour permettre l'illusion d'une exploration visuelle (ex. Andersen et al., 2018). Le second niveau d'équipement *VR* noté,

correspond à la capture de la position des mains, très souvent amenée par l'intermédiaire de manettes (ex. Chicchi Giglioli et al., 2019). Les manettes constituent une interface commune entre les mondes, réel et virtuel ; elles apportent à la fois un repère à l'utilisateur de sa position dans l'espace et lui offrent la possibilité de modifier son environnement (saisie, sélection, etc.). La capture de mouvements constitue un axe technologique clé du développement de la réalité virtuelle. Dans la conception du monde virtuel, les images et les vidéos 360° capturées du monde réel sont les plus faciles d'accès. Pour une conception interactive, il existe de nombreux logiciels de modélisation d'espaces 3D ; Unity® et Unreal® sont aujourd'hui les plateformes (moteurs de jeux) les plus couramment utilisées. Les possibilités de conception sont vastes, mais dépendantes néanmoins du niveau d'expertise et de maîtrise des logiciels. Pour permettre une évolution autonome de l'utilisateur dans l'espace virtuel, des composantes paramétriques peuvent être renseignées pour chaque objet, afin de lui prédire un comportement physique (ex. ce cube est soumis à la gravité). Plus les objets seront renseignés et plus l'utilisateur sera en mesure d'explorer et d'interagir avec l'environnement virtuel (cf. notion d'autonomie - Fuchs et al., 2003), mais plus l'ordinateur requerra en puissance pour faire fonctionner ce monde virtuel. Les dispositifs *CAVE*, très imposants et onéreux, gagneront en performances graphiques et en puissance de calcul face aux visiocasques, plus abordables en termes de coûts et portatifs. Le design des environnements virtuels présentés sera limité par la performance du visiocasque. Les visiocasques les plus performants, tel que HTC Vive® et Oculus® très en vogue sur le marché actuel, représentent pour le domaine « sensoriel et consommateurs » le meilleur compromis de réalité virtuelle entre performance, mobilité et accessibilité.

La réponse perceptive des dispositifs de réalité virtuelle est aujourd'hui particulièrement développée dans la modalité visuelle, celle-ci constitue en effet pour l'Homme une modalité importante à sa représentation spatiale (Jimenez, 1997). D'autres modalités se développent peu à peu pour parfaire l'illusion d'un monde virtuel, comme la spatialisation sonore (Balan et al., 2014), le retour haptique (Chan et al., 2016) et plus récemment la spatialisation d'odeurs (Ischer et al., 2014; Porcherot et al., 2018). Au regard du continuum « réalité-virtualité », la réalité virtuelle peut également varier en son degré de réalité mixte et intégrer, par des éléments physiques communs à ces deux mondes, d'autres modalités perceptives (Suh & Prophet, 2018). **Mais face à la grande diversité de mise en place VR, les études font défaut quant à la répercussion de ces modulations sur le ressenti de l'utilisateur. Et plus généralement, dans une stratégie de contextualisation de l'expérience « sensorielle et consommateurs » la position de la réalité virtuelle aux autres options méthodologiques est encore peu connue. Par ailleurs, si la VR est aujourd'hui très centrée sur la modalité visuelle, comment l'intégration de l'aliment à l'espace virtuel est-elle gérée ?**

La particularité du domaine « sensoriel et consommateurs » dans l'utilisation de la réalité virtuelle relève de l'attention portée au produit au centre de la mesure. La réalité virtuelle attire pour sa capacité à intégrer le contexte de consommation, et ainsi gagner en validité écologique par une meilleure prise en compte de cette dimension. Mais, il n'est pas pour autant question de troquer la validité du stimuli (produit) à celle du contexte. Dans cette quête de validité écologique la perception et l'interaction avec le produit restent toutes deux primordiales à conserver. Jusqu'ici, plus communément utilisée en domaine non-alimentaire [ex. industrie automobile, De Sa & Zachmann (1999), Herbeth & Blumenthal (2019), Lawson et al. (2015) ; ex. industrie aéronautique, Makris et al. (2012)], la réalité virtuelle reste encore peu adaptée à l'alimentaire, où l'intégration du produit demeure un challenge. En sciences « sensorielles et consommateurs », les premières études utilisant l'outil de *VR* ont des questionnements limités par l'interaction uniquement visuelle du consommateur avec le produit. Très souvent il s'agit de tâches de sélection, telles que le choix de produits emballés en magasin (ex. Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019). L'utilisateur n'interagit alors qu'avec le packaging du produit recréé par l'assemblage d'images 2D sur une forme géométrique simple (pavé). Peu à peu d'autres applications sur des tâches de sélection apparaissent : les buffets *VR* (ex. Persky et al., 2018; Ung et al., 2018). Celles-ci nécessitent l'intégration du visuel de l'aliment dénudé de son emballage, dans une interaction plus complexe avec davantage « d'unités d'objet ». D'un point de vue logiciel, « se servir une portion de carottes » va, par exemple, considérer chaque petit morceau comme un seul objet (Persky et al., 2018), la modélisation d'une portion comptant plusieurs morceaux revient alors à configurer une interaction avec plusieurs objets simultanément. La modélisation 3D du visuel de l'aliment « nu » est également plus complexe que celle de son packaging. Selon les techniques de modélisation, son visuel sera plus ou moins réaliste, mais à mesure que le réalisme augmentera, la puissance de calcul nécessaire à permettre son interaction en temps réel augmentera également (Statham, 2018).

Lorsqu'une évaluation olfactive ou gustative d'un produit est nécessaire, le produit reste encore très souvent testé à l'aveugle (ex. Andersen et al., 2018; Van der Wal et al., 2020) ou bien il nécessite le retrait du visiocasque pour être observé (ex. condition « *VR-360* » de l'étude de Sinesio et al., 2019), quand il est question de technologie *VR* « vidéo 360° ». Les propriétés réelles, olfactive et/ou gustative, du produit sont donc intégrées à l'expérience au détriment de son visuel. Dans les domaines non-alimentaires l'intégration d'éléments physiques en mouvement (par opposition aux éléments statiques, moins problématiques) peut se faire par l'intermédiaire de *trackers* fixés directement aux objets réels (Caserman et al., 2019). L'intégration de l'aliment en mouvement avec l'utilisateur représente un défi par son aspect évolutif. En effet, l'aliment étant destiné à être mangé, un *tracker* ne peut y être fixé. Même si

certaines chercheurs travaillent au développement de *trackers* comestibles (Oku et al., 2018; Uji et al., 2017), le recul est insuffisant concernant l'altération sensorielle du produit que ces *trackers* pourraient susciter (*trackers* en gelée, à base d'algues et de sucre). Le *tracking* de l'aliment doit donc être contourné dans une estimation de sa position. Pour les technologies avancées de visiocasque (*iVR*), le *tracking* de la position de la main peut être un moyen pour estimer la position de l'aliment dans sa manipulation par le consommateur. Généralement après identification de la main (s'il y a), l'image virtuelle est découpée sur les bords du produit repéré pour le laisser apparaître dans l'environnement virtuel (ex. condition « *iVR* » de l'étude de Sinesio et al., 2019). Cette stratégie laisse apparaître dans toute sa validité le visuel réel du produit, mais crée cependant un décalage dans la continuité de l'image, où le produit réel peut dénoter de son contexte virtuel. Une autre stratégie serait de mêler le visuel virtuel du produit et le *tracking* de la main, synchronisant ainsi les deux positions de produits, réelle et virtuelle. Quelques études récentes avancent peu à peu vers cette direction. Elles permettraient dans un premier temps de conserver une continuité visuelle entre le produit et son contexte (ex. Ammann, Hartmann, et al., 2020; Ammann, Stucki, et al., 2020) et dans un second temps de moduler artificiellement le visuel du produit testé (ex. « café », Wang et al., 2020 ; « thé » Huang et al., 2019 ; « jus », « cake », Ammann, Stucki, et al., 2020), ouvrant ainsi vers des applications plus poussées d'aide à la conception ou d'études d'interactions cross-modales. La validité de cette stratégie questionne néanmoins le réalisme visuel du produit alimentaire « nu » amené en *VR*.

Globalement, au regard des contraintes techniques entourant l'intégration de l'aliment au monde virtuel, sommes-nous aujourd'hui capables par l'intermédiaire de la réalité virtuelle de gagner en validité sur la nature du contexte, tout en préservant la validité de la nature du stimuli étudié (produit) ?



Figure 22. Parallèle des évolutions entre la consommation et le visuel du produit en réalité virtuelle.

PROBLÉMATIQUE

3 PROBLÉMATIQUE

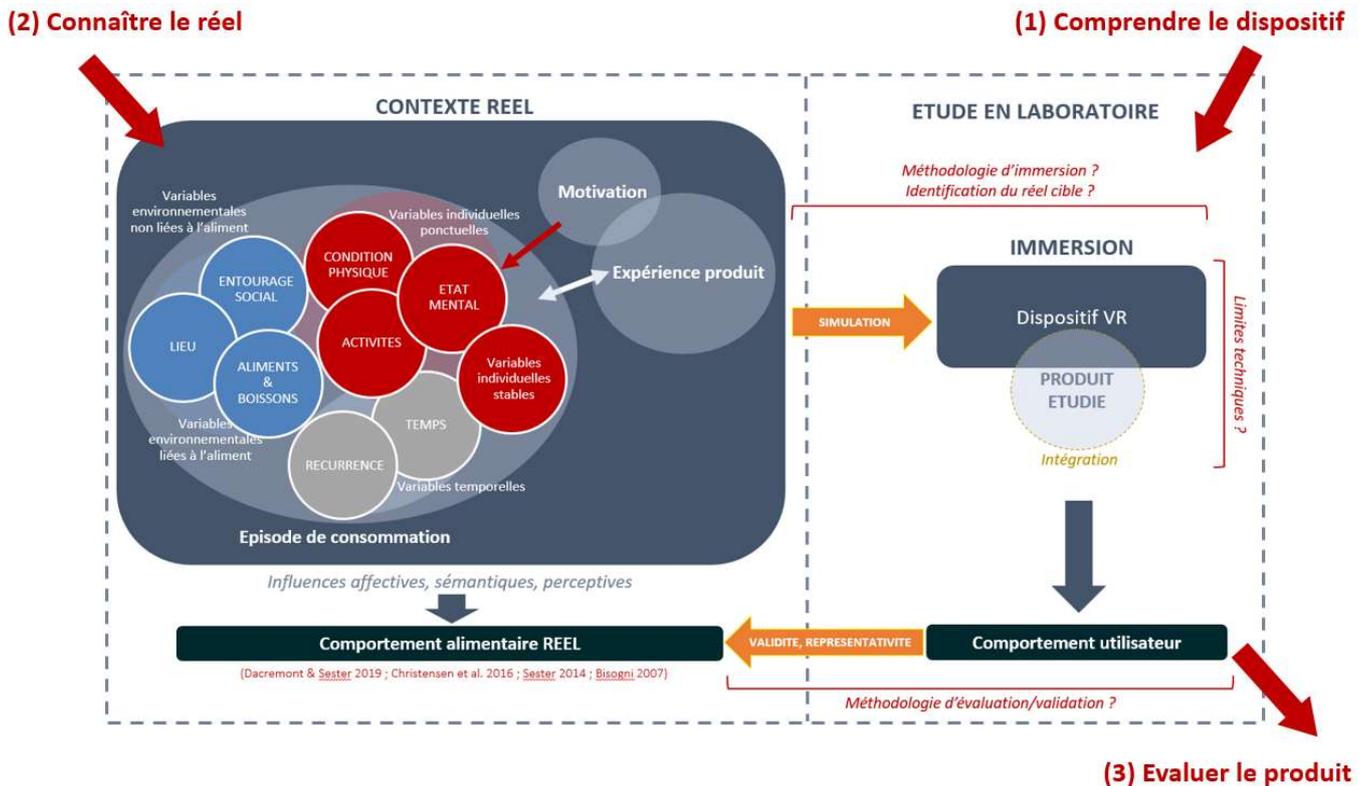


Figure 23. Représentation schématique du lien entre nos questionnements de recherche (*en rouge*).

En résumé, dans un enjeu de changements alimentaires, l'acceptation de nouvelles pratiques par le consommateur ne pourra se faire sans une compréhension et une considération de ses motivations à court terme en contexte réel de consommation, dont l'hédonique fait partie. Cet enjeu invite à la considération en sciences « sensorielles et consommateurs » de la notion de « validité écologique », entendue comme la capacité de généraliser le comportement observé en laboratoire au comportement naturel dans le monde. Ces laboratoires « sensoriels et consommateurs » ont en effet longtemps prêté davantage attention à la préservation d'une « validité interne », se référant à la capacité des données expérimentales à fournir une compréhension et une explication des relations causales au sein de l'expérience.

La « validité externe » de la recherche, ou sa « validité écologique », est d'une part un concept riche : la « validité écologique » de la recherche « sensorielle et consommateurs » invite en effet à de grandes considérations, allant du produit, au contexte, en passant par la tâche. Ce contexte interagit en situation réelle avec le consommateur, par de nombreuses variables au sein de l'épisode de consommation, que celui-ci expérience. Et dans cette quête de validité la route semble longue entre la situation du laboratoire et la situation réelle, pour

l'observation d'un comportement de consommation représentatif et généralisable à l'appréhension du réel. Et d'autre part, la mise en application pratique de cette notion de « validité écologique » manque de consensus. En effet, nombreuses sont les réflexions émergentes sur la nécessité des laboratoires à gagner en validité écologique, cependant rares sont les directives à suivre pour gagner en validité sur ce terrain. Intégrer le contexte de consommation à l'étude des perceptions et des comportements alimentaires soulève donc un certain nombre de questions.

Une grande diversité de moyen émerge alors de cet objectif d'intégrer le contexte de consommation, en vue d'améliorer cette « validité écologique ». Ces moyens diversifiés se jouent des stratégies de traitements de l'information, d'évocations conceptuelles seules (ex. scénario écrit) à des stimulations perceptives riches (ex. reconstructions d'environnements physiques). Chacun de ces moyens peut y intégrer plus ou moins de dimensions de l'épisode de consommation, en quantités variables d'informations sur les modalités présentées. Dans cet objectif, d'améliorer la « validité écologique », parmi ces nombreux moyens pensés, émerge le concept de « réalité virtuelle ». L'idée de *« permettre à une personne, ou à plusieurs, des activités sensorimotrices et cognitives dans un environnement artificiel, créé numériquement »* n'est pas nouvelle, mais elle n'était jusqu'alors pas envisagée en tant que moyen de réponse aux enjeux alimentaires, pour une considération contextuelle en sciences « sensorielles et consommateurs ».

Récemment abordable et démocratisée (suite à l'évolution technologique, notamment grâce au secteur du jeu vidéo) dans ce domaine scientifique « sensoriel et consommateurs », la réalité virtuelle prend peu à peu sa place, ouvrant des horizons vers une multitude d'applications. Dans sa mise en place la réalité virtuelle offre en effet la possibilité de créer un contexte éphémère différent de l'emplacement réel, de passer d'un contexte à un autre sans changer notre localisation réelle, de paramétrer et de contrôler ces variables contextuelles, en gardant la possibilité de les moduler à tout moment. Elle représente également un outil potentiel de modulation visuelle du produit alimentaire en contexte, l'opportunité d'aider à la conception de produits alimentaires ou d'aider à l'étude des interactions entre nos modalités sensorielles. Mais dans cette nouveauté, théoriquement bien pensée, sommes-nous aujourd'hui en pratique dans un gain réel de validité écologique ?

Cet outil de réalité virtuelle est, de plus, arrivé dans le domaine « sensoriel et consommateurs » avec une illusion fortement travaillée sur la modalité visuelle, ne permettant pas au démarrage l'intégration du produit alimentaire réel (ex. étude des intentions d'achat sur

le visuel d'un packaging). Aujourd'hui, cette technologie s'invite dans une application au-delà de cette modalité visuelle, vers l'exploration de l'aliment en dégustation, au cœur du quotidien alimentaire. Pourrons-nous à travers cette technologie, ce cadre artificiel, restituer à l'observation expérimentale sa validité ?

Dans cet enjeu, d'appréhender la perception en bouche d'un produit, en son contexte réel de consommation, se pose adonc la problématique étudiée dans cette thèse : « **Comment augmenter la validité écologique de la mesure sensorielle par l'évocation d'un épisode de consommation à l'aide de la réalité virtuelle ?** ». Pour répondre à cette problématique, trois axes de recherche ont été étudiés.

En premier lieu, la réalité virtuelle se démarque de l'utilisation plus classique et confortable (mise en œuvre) d'un scénario, par son apport perceptif des indices contextuels. Mais cette intégration d'indices perceptifs manque de consensus. Dans un concept de réalité virtuelle, davantage décrit par son objectif d'immersion et d'interaction que par ses mécanismes technologiques, chaque auteur reste libre de ses choix technologiques. Dans cette quête de validité écologique, la réalité virtuelle doit encore faire ses preuves. Si l'étude du caractère immersif d'un dispositif et de sa capacité à amener un sentiment de présence est un bon moyen d'approcher sa valeur écologique, alors nous aborderons à travers le premier chapitre la question suivante : **Quel est l'impact de l'enrichissement perceptif sur le sentiment de présence ?** À travers l'exploration des notions d'immersion, de présence et de leurs mesures, nous irons questionner les facteurs susceptibles d'impacter la présence. Dans un premier article nous regarderons l'impact de repères communs tactiles entre les mondes, réel et virtuel, dans l'identification des conditions adéquates d'immersion en réalité virtuelle. Puis, dans un second article, à travers la confrontation de la technologie de réalité virtuelle à d'autres stratégies de contextualisation, nous explorerons la plus-value de l'enrichissement perceptif face à l'évocation seule, sur une immersion plus ciblée en évaluation hédonique.

Derrière la technologie, se cache l'épisode de consommation, l'expérience que, dans une quête de validité écologique, nous souhaiterions amener au consommateur dans son état de présence. Mais pour l'amener à cet état ultime expérientiel, se pose la question du contenu : que cherchons-nous à lui offrir ? Que cherchons-nous à reproduire ? Quel est notre épisode de consommation ? Dans cette littérature spécifique, la question n'est ni bien définie par la notion même de validité écologique, ni très abordée par les auteurs manipulant le contexte expérimental de recherche humaine. Bien souvent l'évocation contextuelle se limite superficiellement au lieu ; or l'épisode réel de consommation semble bien plus complet. Pour

approcher davantage cette expérience, le contenu ciblé par le média semble être un point d'étude clé, non négligeable. De ce fait, dans un second chapitre nous traiterons donc la question du : **Comment définir un épisode de consommation ?** Nous explorerons à travers un premier article sur la congruence produit-contexte, la précision avec laquelle ce concept d'épisode de consommation peut être représenté dans l'esprit du consommateur et peut potentiellement impacter les choix expérimentaux pour une recontextualisation. Puis dans un second article, nous aborderons via l'étude du contenu réel d'un épisode de consommation, l'identification des indices visuels à implémenter en réalité virtuelle (éléments saillants et pertinents).

Mais, concrètement aujourd'hui, sommes-nous en mesure d'intégrer pleinement la réalité virtuelle à nos normes méthodologiques d'études « sensorielles et consommateurs » ? L'attrait du domaine pour cette technologie soulève en effet beaucoup d'idées applicatives, mais aussi des limites de l'outil jusque-là non pensé pour répondre à ces objectifs, dans lesquels la consommation alimentaire crée de nouveaux challenges. Dans un troisième et dernier chapitre nous soulèverons la question suivante : **Une mise en pratique de cet outil virtuel est-elle envisageable pour une évaluation de produit ?** À travers les deux premiers articles présentés, nous relèverons les questions relatives au cahier des charges à envisager dans la mise en place d'une étude « sensorielle » ou « consommateurs » en réalité virtuelle. L'intégration de l'aliment au monde virtuel questionne aussi bien ses aspects perceptifs (ex. qualité de la perception visuelle), que ses capacités interactives (ex. coordination de l'expérience de dégustation, de l'assiette à la bouche). Puis nous validerons, avec un dernier article, ce concept développé en identifiant, après considération des différents questionnements théoriques, la pertinence de cet outil de réalité virtuelle.

CHAPITRE 1

QUEL EST L'IMPACT DE L'ENRICHISSEMENT PERCEPTIF SUR LE SENTIMENT DE PRÉSENCE ?

4 CHAPITRE 1 : QUEL EST L'IMPACT DE L'ENRICHISSEMENT PERCEPTIF SUR LE SENTIMENT DE PRESENCE ?

4.1 Introduction

Dans cette quête de validité écologique, nombreuses sont les stratégies pour intégrer le contexte de consommation aux évaluations « sensorielles et consommateurs » de produits alimentaires (Galiñanes Plaza et al., 2019; Jaeger & Porcherot, 2017; Porcherot et al., 2018). La réalité virtuelle (*VR*) est une stratégie d'intérêt, pour sa faculté à créer des contextes éphémères, paramétrables et re-modulables. Définie comme un concept, elle a pour objectif de permettre à une personne (ou à plusieurs) une activité sensorimotrice et cognitive dans un environnement recréé numériquement. Pour arriver à cet objectif conceptuel, il existe de nombreux moyens technologiques stratégiques, intégrant plus ou moins d'informations et d'illusions perceptives (Fuchs et al., 2006; Suh & Prophet, 2018). Mais si la mise en place pratique du concept de la *VR* n'est pas strictement définie, comment ses différents modes de construction (différents choix méthodologiques en *VR*) impactent-ils la validité écologique ? Par ailleurs, bien qu'attrayante conceptuellement, la validité réelle de la *VR* face aux autres possibilités de contextualisation (pour une expérience « sensorielle et consommateurs ») reste encore à déterminer. Comment la *VR* se positionne-t-elle face à d'autres stratégies de contextualisation ?

A travers les deux articles présentés dans ce premier chapitre de thèse, nous nous intéressons à la question de la validité écologique qu'offre la réalité virtuelle, par l'enrichissement perceptif de l'expérience « sensorielle et consommateurs ». Aujourd'hui l'évaluation de la validité écologique n'est pas bien définie, mais elle peut être approchée par la mesure de l'immersion et par l'identification du sentiment de présence (Gorini et al., 2010; D. R. Mestre et al., 2006; Schmuckler, 2001). Nous explorons donc, en ce premier chapitre, la question suivante : quel est l'impact de l'enrichissement perceptif sur le sentiment de présence ? Cette question est, dans un premier temps, abordée au sein d'une mise en place du concept de *VR* : dans le premier article ci-après (**Article 1**), nous regardons l'influence des choix méthodologiques (de cette mise en place de réalité virtuelle) sur l'immersion du consommateur. Puis cette question est traitée, dans un second article en suite (**Article 2**), de façon plus générale, pour une évaluation de produit contextualisée. Nous approchons alors l'immersion en *VR* dans une comparaison avec d'autres moyens de contextualisation et notamment sa plus-value perceptive face à l'évocation seule de l'épisode de consommation.

De par sa définition conceptuelle, la mise en place *VR* questionne. Tous ces dispositifs matériels sont-ils de mêmes poids immersifs ? Du dispositif *CAVE* à la vidéo 360° le budget change et le design expérimental change aussi. En majorité, pour une utilisation grand public dans un cadre professionnel (ex. utilisation par des consommateurs, pour la recherche), les visiocasques sont les plus utilisés (Ammann, Hartmann, et al., 2020; Ammann, Stucki, et al., 2020; Andersen et al., 2018; Chicchi Giglioli et al., 2019; Faita et al., 2016; Gouton et al., 2021; Melendrez-Ruiz et al., 2021; Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019; Stelick et al., 2018; Ung et al., 2018). Les dispositifs *CAVE* sont aujourd'hui encore trop onéreux et imposants pour être démocratisés dans cet usage ; bien que rares, ils sont toutefois présents dans certaines études (ex. Ischer et al., 2014; Porcherot et al., 2018). Le visiocasque en lui-même n'apporte, au dispositif de *VR*, qu'une exploration visuelle de l'environnement numérique. Majoritairement les dispositifs de *VR* focalisent leurs illusions sur cette modalité visuelle.

Les images et les vidéos 360° se limitent à cette exploration visuelle, sur une position fixe, n'ayant pour interaction avec l'environnement numérique que l'enregistrement des mouvements de la tête de l'individu [exemples d'études avec l'utilisation du visiocasque seul (*VR-360*) : Andersen et al., 2018; Stelick et al., 2018]. Dans l'utilisation des visiocasques, des premières études soulèvent déjà le plus faible potentiel immersif d'une vidéo 360° face à la modélisation d'un environnement *VR* interactif (Sinesio et al., 2019). Pour davantage d'interactions ou d'explorations perceptives en environnement virtuel, les technologies actuelles offrent une multitudes d'éléments supplémentaires à la personnalisation d'un dispositif de *VR*. La première couche d'interactions en environnement modélisé est souvent amenée par l'utilisation de manettes tenues en mains (**Figure 24** – exemples d'études utilisant un visiocasque accompagné de manettes : Chicchi Giglioli et al., 2019; Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Schnack et al., 2019). En se substituant aux mains, ces manettes offrent un repère à l'individu et de lui-même dans l'espace ; elles lui permettent de moduler son environnement (ex. déplacer des objets) et d'avoir ainsi une exploration visuelle plus poussée. Cette riche stimulation visuelle, dans une interaction avec l'environnement, peut aussi ambitionner la création d'une illusion d'autres modalités par interférences cross-modales (Biocca et al., 2001).



Figure 24. Equipements *VR* visiocasque avec manettes pour interaction avec l'environnement virtuel (Clanché et al., 2017).

Les expérimentateurs peuvent également miser sur plus de technologie pour intégrer davantage de modalités perceptives à cette illusion de *VR*, en cohérence avec la stimulation visuelle de l'environnement numérique [Figure 25 – exemples d'études dont l'équipement de *VR* est important : Clanché et al., 2017 (étude de la motricité) ; Lopes et al., 2017 (retours haptiques)]. Mais chaque ajout technologique augmente le prix et diminue le caractère mobile du dispositif de réalité virtuelle. Dans une stratégie moins coûteuse, il est également possible de jouer sur le degré de réalité mixte du dispositif de *VR*, tel qu'il est décrit par le continuum réalité-virtualité de Milgram & Kishino (1994) (Figure 26 – exemples d'études amenant des objets physiques en *VR* : Abtahi et al., 2019; Cheng et al., 2015; Simeone et al., 2015). Dans une intégration d'éléments physiques (réels) à l'illusion virtuelle, le dispositif expérimental apporte de nouvelles modalités perceptives à l'environnement simulé, telles qu'une « haptique passive » (Han et al., 2018). Dans une stratégie de dégustation en environnement virtuel, il semble incontournable d'y recourir. En effet, la présence d'un aliment réel requiert au minimum la présence d'une table physique. Mais quel est l'impact, sur le sentiment de présence en environnement virtuel, de ces modulations perceptives dans la mise en place du concept de *VR* ?

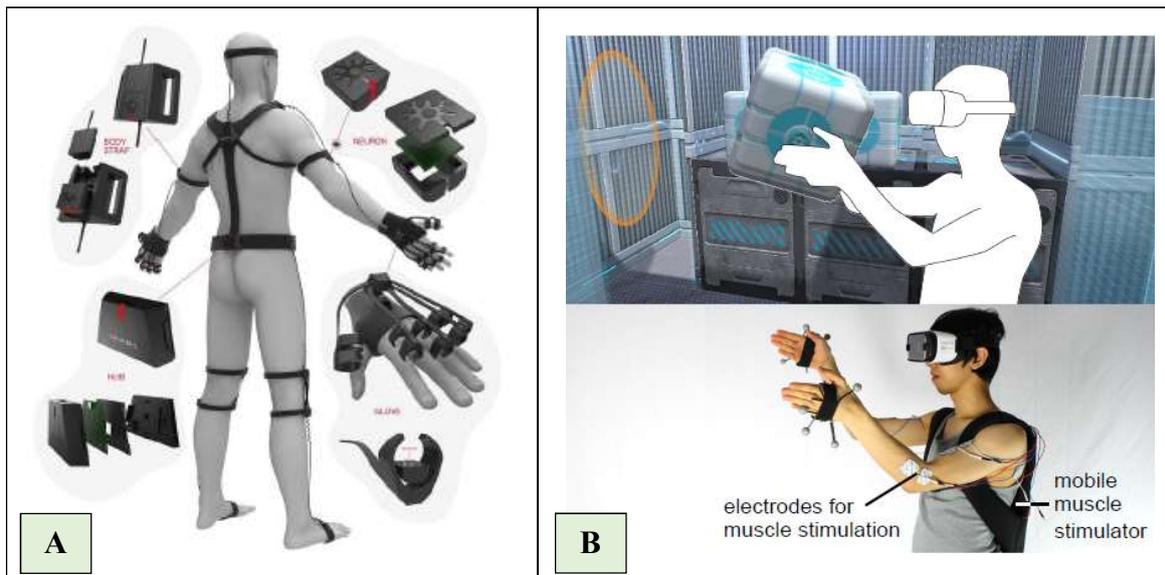


Figure 25. Equipements *VR* poussés au-delà d’une utilisation du visiocasque avec manettes :
(A) Réseau de centrales inertielles pour la retranscription en temps réel d’un avatar virtuel reproduisant les mouvements du sujet (Clanché et al., 2017) ; **(B)** *Tracking* des mains et retours haptiques par stimulation électrique des muscles, donnant l’illusion du maintien du cube virtuel observé (Lopes et al., 2017).

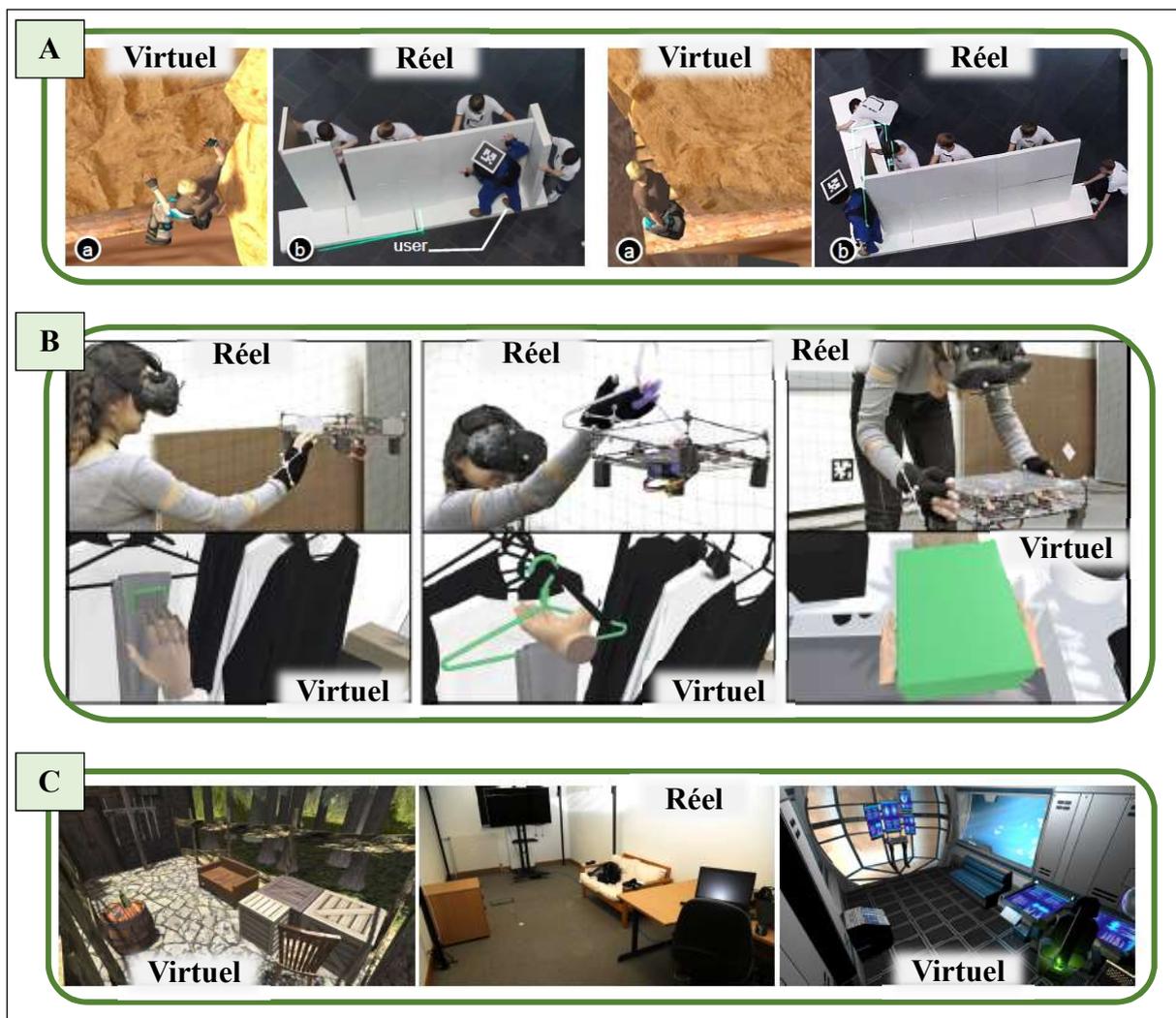


Figure 26. Utilisation d'éléments physiques en réalité virtuelle : **(A)** Utilisation d'un retour haptique passif, via le design des environnements virtuels en synchronisation à la position réelle des éléments physiques (Simeone et al., 2015) ; **(B)** Utilisation d'un décor réel mobile, pour une évolution de l'espace physique en cohérence aux stimulations visuelles de l'environnement virtuel (Cheng et al., 2015) ; **(C)** Utilisation d'un dispositif volant, développé pour un repositionnement autonome, face aux actions de l'utilisateur, avec un retour tactile en cohérence (Abtahi et al., 2019).

Dans notre première étude présentée ici (**Article 1**), nous avons testé l'influence de cette stratégie de mise en place (haptique passive), sur le sentiment d'immersion dans une cuisine virtuelle. Dans un design inter-sujets, deux conditions expérimentales étaient comparées : (1) présence ou (2) absence, d'une table physique de position synchronisée au visuel de la table de la cuisine virtuelle. En séances individuelles, 48 participants avaient été répartis entre ces deux conditions (présence ou absence de table physique) et tous reçurent l'instruction de mettre la table du petit-déjeuner pour quatre personnes. Différents produits alimentaires et éléments de

vaisselle étaient à leur disposition. Dans la réalisation de cette tâche les participants furent amenés à entrer en interaction dans la cuisine virtuelle, où ils pouvaient marcher, observer les éléments et déplacer des objets de façon pseudo-naturelle (saisie par l'intermédiaire de manettes). Nos hypothèses de départ étaient que l'ajout de repères communs entre les mondes, réel et virtuel, permettrait (A) soit de faciliter la phase de « départ » du monde réel (T. Kim & Biocca, 1997) et d'augmenter l'immersion en *VR*, (B) soit à l'inverse créerait un rappel constant du monde réel et diminuerait l'immersion en *VR*. Pour y répondre, deux types de mesures étaient utilisées pour l'évaluation du ressenti immersif des participants. Un premier lot de mesures implicites consistait en l'observation d'un comportement en réaction à la présence d'obstacles (une chaise dans le passage, un pot fleurs gênant sur la table). Un second lot de mesures explicites comprenait l'évaluation d'un questionnaire de présence et la réponse à un débriefing.

De façon plus générale à la contextualisation d'une expérience « sensorielle et consommateurs », les options méthodologiques sont nombreuses et chaque mise en place est unique (selon l'objectif de l'étude et de ses auteurs). Dans cette grande diversité de contextualisation, d'enrichissement perceptif plus ou moins complexe de l'expérience, se présentent plusieurs grandes catégories de concepts méthodologiques. Au regard des processus d'immersion et de présence (cf. modèle de Wirth et al., 2007), la première scission observable sépare la présentation sémantique (ex. lecture d'un scénario), de l'expérience multi-sensorielle, qui vise à recréer perceptivement ce qui n'est pas présent (Velasco & Obrist, 2020). En situation réelle notre représentation de l'environnement naît d'alternances de traitements ascendants « *Bottom-Up* », et descendants « *Top-Down* » (Jimenez, 1997). L'évocation conceptuelle seule, à travers la lecture d'un scénario écrit, utilise les traitements descendants pour ramener à l'esprit du consommateur des images connues du monde réel. Pour les stratégies enrichies perceptivement, le traitement de l'information devrait se reprocher davantage du réel, en jouant sur ces deux tableaux « *Top-Down* » et « *Bottom-Up* ». Mais les simulations perceptives de ces stratégies, stimulant certains aspects du réel, prennent aussi le risque d'entrer en contradiction avec les représentations du réel de l'individu.

Selon la mise en place expérimentale, les caractéristiques médiatiques, apportant les stimulations perceptives, sont plus ou moins poussées. Parmi les stratégies de fortes stimulations perceptives se distinguent deux groupes conceptuels : les environnements physiques et les environnements numériques. Les environnements physiques ont pour concept commun d'amener une partie (plus ou moins importante) des éléments réels (physiques) à l'évocation. Ce type de mise en place facilite probablement la construction de l'espace mental, en partant d'une base physique commune à l'espace réel (cf. niveau 1, modèle de Wirth et al.,

2007). Les environnements numériques ont, eux, pour idée commune, d'amener une partie plus ou moins importante des éléments virtuels (interface technologique) à l'évocation (Suh & Prophet, 2018). Ce type de mise en place facilite la logistique (stockage matériel, espace disponible, déplacement, etc.). Aujourd'hui, nous savons que les environnements physiques appelés immersifs (ex. salles contexte) peuvent être très performants face au plus petit enrichissement physique, comme les box enrichis avec photos, lumières, ou autres éléments (ex. Hathaway & Simons, 2017 – **Figure 27**). De même les environnements numériques dit immersifs (ex. réalité virtuelle) apportent davantage à l'expérience que l'interface classique d'un ordinateur (ex. Schnack et al., 2019 – **Figure 28**). Comme les salles contexte, les dispositifs de réalité virtuelle semblent permettre une interaction plus ergonomique avec l'environnement, et davantage couper les participants des informations perceptives de la situation réelle contradictoires à l'évocation (laboratoire), par comparaison avec des stratégies perceptives moins complexes (PC, box enrichi, ...). Mais que valent ces deux types d'environnement simulés, l'un face à l'autre ? Et comment se positionnent-ils face à une stratégie d'évocation seule ? La réalité virtuelle étant encore récente dans ce domaine « sensoriel et consommateurs », les études qui permettent de la positionner face aux environnements physiquement recréés (plus connus que la *VR* dans ce domaine) sont encore peu nombreuses (Sinesio et al., 2019). Les études actuelles prennent également pour référence les *Central Location Tests (CLT)*, traditionnels et non contextualisés (Bangcuyo et al., 2015; Delarue et al., 2019; Sinesio et al., 2018). Mais la comparaison à cette référence (non-contextualisée) ne donne pas d'information sur la plus-value de l'enrichissement perceptif face à l'évocation elle-même. De même le positionnement de ces simulations face à la richesse perceptive du réel est encore peu connu (Hannum et al., 2019; Lichters et al., 2021; Sinesio et al., 2019 – **Figure 29**).



Figure 27. Exemple de design expérimental comparant les box enrichis [B.] avec la stratégie de salle immersive [C.] (Hathaway & Simons, 2017).



Figure 28. Exemple de design expérimental comparant la présentation numérique par ordinateur [**gauche**] à celle par réalité virtuelle [**droite**] (Schnack et al., 2019).

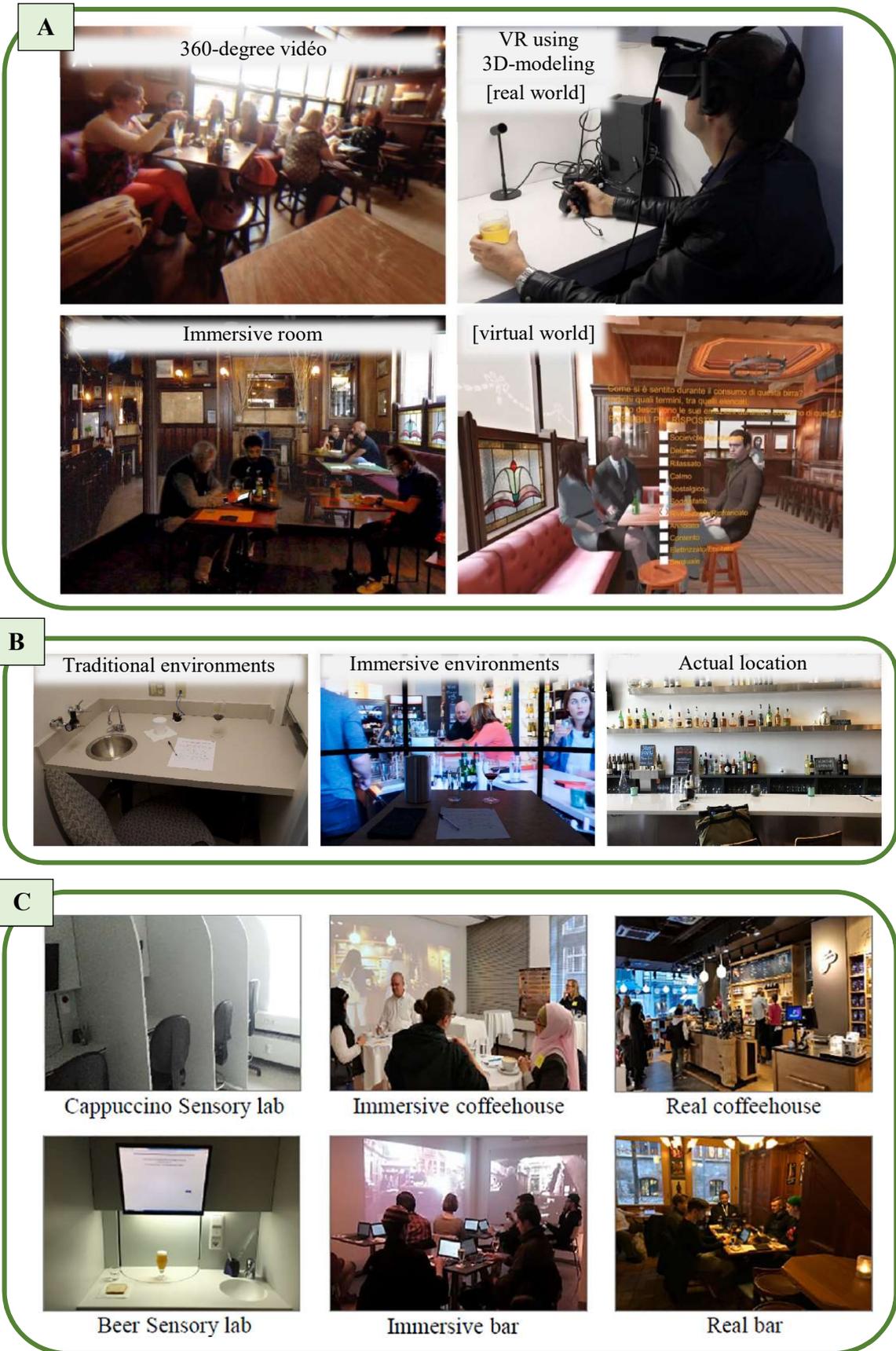


Figure 29. Exemples de design expérimentaux situant les environnements immersifs entre CLT traditionnels (non contextualisés) et environnements réels : (A) Sinesio et al., 2019 ; (B) Hannum et al., 2019 ; (C) Lichters et al., 2021.

Dans notre seconde étude présentée ici (**Article 2**), nous avons testé le poids perceptif des reconstructions, physique et numérique, face à l'évocation elle-même de l'épisode de consommation et face à la richesse perceptive du monde réel. Dans un design inter-sujet, quatre stratégies de reconstruction de l'épisode de consommation « manger un sandwich dans un parc » étaient comparées : réalité virtuelle, salle contexte, scénario seul et environnement réel. Répartis entre ces différentes conditions environnementales, 279 participants réalisèrent tous la même évaluation hédonique de cinq échantillons de sandwiches. Notre hypothèse de départ était que l'environnement réel amènerait un plus fort sentiment de présence que les cabines sensorielles (scénario seul) et que les deux configurations immersives amèneraient un état intermédiaire. Pour comparer nos conditions, nous avons réalisé deux types d'évaluation : (1) une évaluation de la validité interne des données collectées, sur des critères d'acceptabilité, de préférences, de discrimination des produits et de répétabilité pour l'une des recettes doublée ; (2) une évaluation de la validité externe à travers une mesure déclarative du sentiment de présence. En comparaison de la première étude présentée dans ce chapitre (**Article 1**), où les items questionnés restent assez spécifiques à l'outil de réalité virtuelle, le questionnaire d'immersion de cette seconde étude (**Article 2**) est davantage porté sur des items transversaux aux modes de contextualisation, inspirés de la littérature « sensorielle et consommateurs » peut-être plus axée sur les notions du second niveau du modèle de présence (Wirth et al., 2007), tel que l'implication des participants suscitée par le dispositif.

4.2 *Quel est l'impact de l'enrichissement perceptif sur le sentiment de présence : dans une mise en place de VR ? (Article 1)*

À travers la comparaison de conditions expérimentales plus ou moins complexifiées dans la mise en place du dispositif *VR* (différents degrés de réalité mixte), cet article intitulé « *Influence of common landmarks between real and virtual worlds on presence feeling (article in preparation)* », discute de l'impact des modulations perceptives spécifiques au dispositif *VR* sur le sentiment de présence, en vue d'identifier une réalité virtuelle plus aboutie.

Influence of common landmarks between real and virtual worlds on presence feeling

Maëlle-Ahou Gouton^{1,2}, Catherine Dacremont², Gilles Trystram¹, David Blumenthal¹

¹ *Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300 Massy, France.*

² *Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France.*

4.2.1 Highlights

- VR presence questionnaires are applicable to food context applications.
- VR is a flexible tool, giving the ability to add or remove physical elements according to the sensory application.
- A rapid validation of presence feeling in VR may be possible with behavioral observations.

4.2.2 Abstract

The use of Virtual Reality (VR) allows to carry out contextualized consumer tests in controlled conditions. However, a deep immersion feeling into the VR environments needs effectiveness. This study aimed at studying whether tactile landmark from the actual physical environment representation would increase the presence feeling in the VR environment. We developed a VR kitchen where participants had to set the table for meal by picking up tableware items from a shell. Participants performed the task in two experimental conditions in a between-subjects design. In the first condition (N=24), the table was only virtual. In the second condition (N=24) a physical table was actually set at the same place than its representation in the VR kitchen. Presence feeling was first assessed with two behavioral measures: avoidance of a virtual chair on the way between the shell and the table and a cumbersome flowerpot on the table. Second, presence feeling was assessed through a questionnaire based on Witmer & Singer (1998)'s one, filled up at the end of the session. Behavioral observations showed that in both conditions, participants dealt with the chair and the flowerpot according to real world laws (for instance, nobody passed through the virtual chair although possible). The presence questionnaires lead to score close to those reported in the literature. No significant difference was observed across the two experimental conditions. Overall, results indicated that enhancing the environment with haptic perceptions related to the table did not improve the immersive

37 feeling, which was already very vivid without the actual table. On an applied point of view,
38 these results showed that VR is an efficient way to immerse participants in a specific
39 environment. A physical support for samples displays can be used or not according to the
40 objective of the test.

41

42 **Key words:** Virtual reality, Presence, Food context, Passive haptic.

43

44 4.2.3 Introduction

45

46 Although sensory and consumer sciences play a key role in the understanding of eating
47 behavior and in the development of appropriate products to consumers (Christensen et al., 2016;
48 Watts et al., 1989), a gap persists between traditional laboratory studies and the daily lives of
49 participants (Delarue & Boutrolle, 2010). Schmuckler (2001) describes this ability to generalize
50 these experimental data obtained in the laboratory by ecological validity. In this quest for
51 ecological validity, the lack of consideration of the context of consumption arises. And many
52 are the studies today testifying to its influence on food choice and perception (Edwards et al.,
53 2003; Köster, 2003; Meiselman, 2019; Porcherot et al., 2018; Temple & Nowrouzi, 2013).

54

55 In search for more ecological validity in sensory and consumer sciences (Galiñanes
56 Plaza et al., 2019; Schmuckler, 2001) variety of new methodological strategies are considered
57 to take into account consumption context during food testing (Jaeger & Porcherot, 2017;
58 Porcherot et al., 2018), ranging from brief written scenarios (Dorado et al., 2016; Lusk et al.,
59 2015), to physical (Masson et al., 2017; Sester et al., 2013) and digital (Ammann et al., 2020;
60 Ischer et al., 2014; Ung et al., 2018) rebuilt environments. In this pool of strategies, Virtual
61 Reality (VR) is one of the promising one considered, as it allows a person (or several) a
62 sensorimotor and cognitive activity in an artificial world, created digitally, which can be
63 imaginary, symbolic or a stimulation of certain aspects of the real world (Fuchs, 1996).

64

65 Bringing contextual environment to the laboratory, VR gives to the sensory field the
66 opportunity to teleport participant from one consumption episode to another (Bisogni et al.,
67 2007; Porcherot et al., 2018). Also VR allows to control contextual variables and participants
68 task at the opposite of real situation testing (HUT, Field tests) (Delarue & Boutrolle, 2010;
69 Edwards et al., 2003). And it gives the opportunity to play on product conception not existing
70 yet, as well as providing support on the experimental design of cross-modal interaction studies
71 (Ammann et al., 2020; Gouton et al., 2021; Huang et al., 2019, 2020; Wang et al., 2020). For

72 all these reasons, VR seems promising for the fields of sensory and consumer sciences,
73 nevertheless whether VR improves the methodological approaches of this field remain to prove
74 (Jaeger & Porcherot, 2017). Whether VR or other immersive contextual strategies, the way to
75 rebuilt consumption environments is not consensual (Köster, 2003) neither cognitively, neither
76 perceptually. And as VR is defined as a concept more than a devise, the way to immerse is wild,
77 in range of technological ways and multi-sensorial stimulations. As defined by Suh & Prophet
78 (2018), VR is part of Mixed Reality (MR) on the Reality-Virtuality continuum, where real and
79 virtual elements are mixed.

80

81 In the look for ecological validity, presence could be a good indicator of the participant
82 immersion and the environment quality (Gorini et al., 2010; Schmuckler, 2001). Through Wirth
83 et al. (2007) presence construction model, a wide range of users and technological factors is
84 presented to impact on presence development process (attentional, motivational, traits,
85 immersive criteria, ...). But only a few have been tested in VR in the way they modulate presence.
86 As visual is the main manipulated stimulation in VR literature, visual realism is also one key
87 focus in presence modulation. Biocca et al. (2001), for example, highlighted an increase in the
88 feeling of presence between an interaction in a non-contextualized environment (moving
89 geometric shapes) and the same task in a more visually evocative situation (moving dead body
90 organs), increasing as well cross-modal illusion (haptic perception). On more subtle differences
91 in visual realism, such as the addition of shadow to bring an illusion of distance / depth, Slater
92 et al. (1995) however did not observe any visual influence on the state of presence. Conversely,
93 in non-contextualized environments, but perhaps still with too subtle visual gap, Jennett et al.
94 (2008) also did not observe any influence on the feeling of presence of the speed of visual
95 appearance of cubes in the presented game.

96

97 In sensory and consumer sciences the way authors choose to rebuilt context in VR
98 mostly depend on the food application, objectives and measures targeted. Today, product studies
99 are mainly carried out on a visual focus, where the tasks are mainly limited to product selection
100 (examples of marketing applications: Goedegebure et al., 2020; Melendrez-Ruiz et al., 2021;
101 Ruppert, 2011; Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019). Although the interaction is
102 developing to go further in the selection tasks (sorting: Xu et al., 2021; portions size: Ung et
103 al., 2018), the integration of the product in VR is still a technological challenge in development
104 (Ammann et al., 2020; Gouton et al., 2021; Sinesio et al., 2019; Wang et al., 2021). In view of
105 product integration in this virtual world, the sensory consideration of new modalities other
106 than visual questions validity preservation. Olfactory integration, much considered for cosmetic

107 products, is one of the most widely approached modalities. Exploration ranges from simplistic
108 360-video devices, with blind presentation of odorous samples, to more complex CAVE
109 devices, taking into account olfactory spatialization with participant move. With this objective
110 of integrating the food product into virtual reality, we questioned ourselves on the physical
111 support required, where, although it is comfortable to limit the physical elements in a virtual
112 environment, the consumption of a real food product, sooner or later, implies the need for a
113 physical stand, such as a simple table in a synchronized position between tactile and visual cues.
114 But what is the impact of such tactile enrichment with common landmarks on the presence
115 feeling in the virtual world?

116

117 Through the addition and suppression of a physical table coordinated with visual table
118 cues in the virtual world, this study aimed to identify the influence of common landmarks
119 enrichment in a mixed reality design on presence feeling. This study was conducted in a
120 between-subject design where participants were immersed, with or without physical table, in the
121 same VR kitchen environment. As mainly used device in VR consumer test, we worked with
122 Head Mounted Display (HTC Vive). And to drive participants to interact with the virtual world,
123 they were given the task to set the table for breakfast.

124

125 As new mythological approach in sensory and consumer sciences, we identified
126 presence assessment from other VR domains literature, where we noticed a split between
127 explicit and implicit evaluations. As explicit measurement, Witmer & Singer (1998) presence
128 questionnaire appears to be one of the most often use in VR setting assessment, which we tried
129 to complete with few additional items appropriate to our application from other questionnaires
130 (Bangcuyo et al., 2015; Biocca et al., 2001; IPQ, 2016; O'Brien & Toms, 2010; Slater et al.,
131 1995; Usoh et al., 2000). As implicit measurement, although our food situation is different from
132 non-food study contexts and tasks, we notice the rule underlying the behavioral and
133 physiological reactions measured aimed at seeking a participant's reaction in accordance with
134 the laws of the real world (Murray et al., 2000). But physiological measurement were usually
135 gathered in response to a strong emotional stimulation, like immersing participant at a pit border
136 (Meehan et al., 2005). As food consumption episode do not target to induce such strong
137 emotions, only behavioral observations on obstacle interaction and avoidance were used. We
138 hypothesize that the use of common landmarks between real and virtual worlds would (A) either
139 facilitate the "departure" phase (Gerrig, 1998; Kim & Biocca, 1997) from the real world and
140 increase immersion in the virtual one, (B) or conversely create a constant reminder of the real
141 world and decrease the immersion in the virtual one.

142 4.2.4 Material & Method

143

144 ***Participants***

145

146 A total of 48 naïve participants (average age: 35; with 77% of women), adults and
147 volunteers were recruited on AgroParisTech Campus (France), for an individual session of 25
148 minutes long. Participants were split and balanced between two experimental conditions (24
149 participants in each). All were informed of the use of virtual reality equipments, all gave them
150 formal consent (form) to join the study and their authorization for video and audio recordings
151 in purpose of anonymous analysis of experimental data. Volunteer participation was
152 acknowledged with chocolate bars at the end of the session.

153

154 ***Experimental design***

155

156 The 48 participants all performed the same task in a VR kitchen (design with Unity,
157 presented with HTC Vive Head-Mounted-Display). They were ask to set the table for breakfast
158 by picking up tableware and food items from a shell, with specifications on food preferences to
159 avoid participants to focus on not available products they could have wanted. In a between-
160 subjects design they were divided between two experimental conditions, changing the real
161 environment set up only: (A) a condition where the table was only virtual (N=24) vs. (B) a
162 condition with a physical table actually set at the same place than its visual representation in
163 the VR kitchen (N=24). Each session was performed in three stages: (1) Presentation of the VR
164 environment and task realization (behavioral measures), (2) Questionnaire (presence items
165 assessment, 7-points scales), (3) Shorts semi-directive interviews (immersive and presence
166 feeling, opened questions)

167

168 ***Behavioral measures (stage 1)***

169

170 To check real world rules application, we place two obstacles, with different levels of
171 interaction:

- 172 (1) A virtual chair (only visual), physically inexistent, on the way from the table to the
173 shell interfering with movement in the VR space (*covered with a small pile of books*
174 *to prevent participants from being tempted to sit on it*).

175 (2) Virtual flowers on the table (only visual), physically inexistent, with a position
176 interfering with the interactive task (taking room on the table needed for breakfast
177 scenario).

178

179 Two observers were present in the room, checking on the computer screen the actions
180 of the participant (individual session) in the virtual world, and in front of them the physical
181 movements of the user in the real world, where the positions of obstacles were represented by
182 floor markings, screen and video recordings were also used to confirm these observations.

183

184 *Questionnaire (stage 2)*

185

186 Assessment of 21-items from Witmer & Singer (1998) presence questionnaire,
187 translated to French from UQO (Bouchard et al., 2002), on 7-points scales (1: “not at all” ; 7:
188 “Completely”). Assessment of 16 additional items from other presence questionnaires
189 (Bangcuyo et al., 2015; Biocca et al., 2001; IPQ, 2016; O’Brien & Toms, 2010; Slater et al.,
190 1995; Usoh et al., 2000), on 7-points scales (1: “Strongly disagree” ; 7: “Extremely agree”).

191 **Table 1** summarizes these 37-items.

192

193

194 **Table 1.** Presence questionnaire items. *With the 21 first items based on Witmer & Singer (1998)*
 195 *presence questionnaire (WS-PQ) (assessment on 7-points scales, 1: “not at all”, 7:*
 196 *“Completely”), and the 16 last items inspired from Bangcuyo et al. (2015), Biocca et al. (2001),*
 197 *IPQ, (2016), O’Brien & Toms (2010), Slater et al. (1995), Usoh et al. (2000) (assessment on 7-*
 198 *points scales, 1: “Strongly disagree”, 7: “Extremely agree”).*

(WS-PQ.1) How much were you able to control events?
(WS-PQ.2) How responsive (sensitive) was the environment to actions that you performed?
(WS-PQ.3) How natural did your interactions with the environment seem?
(WS-PQ.4) How much did the visual aspects of the environment involve you?
(WS-PQ.5) How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?
(WS-PQ.6) How compelling was your sense of objects moving through space?
(WS-PQ.7) How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real world experiences?
(WS-PQ.8) Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?
(WS-PQ.9) How completely were you able to actively survey the environment using vision?
(WS-PQ.10) How compelling (realistic) was your sense of moving around inside the virtual environment?
(WS-PQ.11) How closely were you able to examine objects?
(WS-PQ.12) How well could you examine objects from multiple viewpoints?
(WS-PQ.13) How involved were you in the virtual environment experience?
(WS-PQ.14) How much delay did you experience between your actions and expected outcomes?
(WS-PQ.15) How quickly did you adjust to the virtual environment experience?
(WS-PQ.16) How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?
(WS-PQ.17) How much did the visual display quality interfere with performing required tasks?
(WS-PQ.18) How much did the control devices interfere with the performance of required tasks?
(WS-PQ.19) How well could you concentrate on the required tasks rather than on the mechanisms used to perform those tasks?
(WS-PQ.23, <i>the virtual environment included haptic, sens of touch</i>) How well could you actively survey the virtual environment using touch?
(WS-PQ.24, <i>the virtual environment included haptic, sens of touch</i>) How well could you move or manipulate objects in the virtual environment?
I was fully aware of the real world around me while navigating in the virtual environment (sounds, ambient temperature, other people, etc.).

The virtual environment was attractive.
I felt confident.
My position was comfortable.
The virtual environment was realistic.
The virtual environment engaged my senses.
I was so involved in the preparation of the table that I lost track of time.
I frequently WANTED to touch something in the virtual environment.
I frequently TRIED to touch something that I had seen in the virtual environment.
I did not feel present in the virtual environment.
During my experience, I often told myself that I was actually in the virtual environment.
The situation was realistic.
The way I think about the virtual environment is similar to how I think about the different places I've been to today.
I think of my experience as a place I would have visited.
I think of my experience as an image that I would have seen.
My sense of belonging to the virtual environment is similar to my normal experience of being in a place.

199

200 ***Short semi-directive interview (stage 3)***

201

202 Five to ten minutes of semi-directive interview was conducted to end the session. This
 203 debriefing allows to deal with presence dimensions in depth, like negatives effects,
 204 technological (sensorimotor) and situational (cognitive) obstacles to immersion and presence
 205 process. Here are the questions asked:

206

207 1. What do you remember as positive?

208 2. Did you feel frustrated during this experience?

209 3. Have you experienced any negative effects in Virtual Reality (difficulties, efforts, discomfort,
 210 nausea, dizziness, heat)?

211 4. What, for you, represented a real barrier to separate you from reality?

212 5. Were the setting elements consistent with the situation?

213 6. Did you guess what you were going to do in the environment just by observing the elements
 214 of the setting?

215 7. Did you feel like you were in a real kitchen?

- 216 8. Did you act like in your kitchen?
217 9. What did not make “kitchen” for you?
218 10. Did you feel like you were at breakfast?
219 11. Did you act like at your breakfast?
220 12. What did not make “breakfast” for you?
221 13. Was it easy for you to interact with the table?
222 14. Would you have liked to have more real elements (physical elements) in the environment?
223 15. Quickly, do you have any other comments to add?
224

225 *Contextual setup*

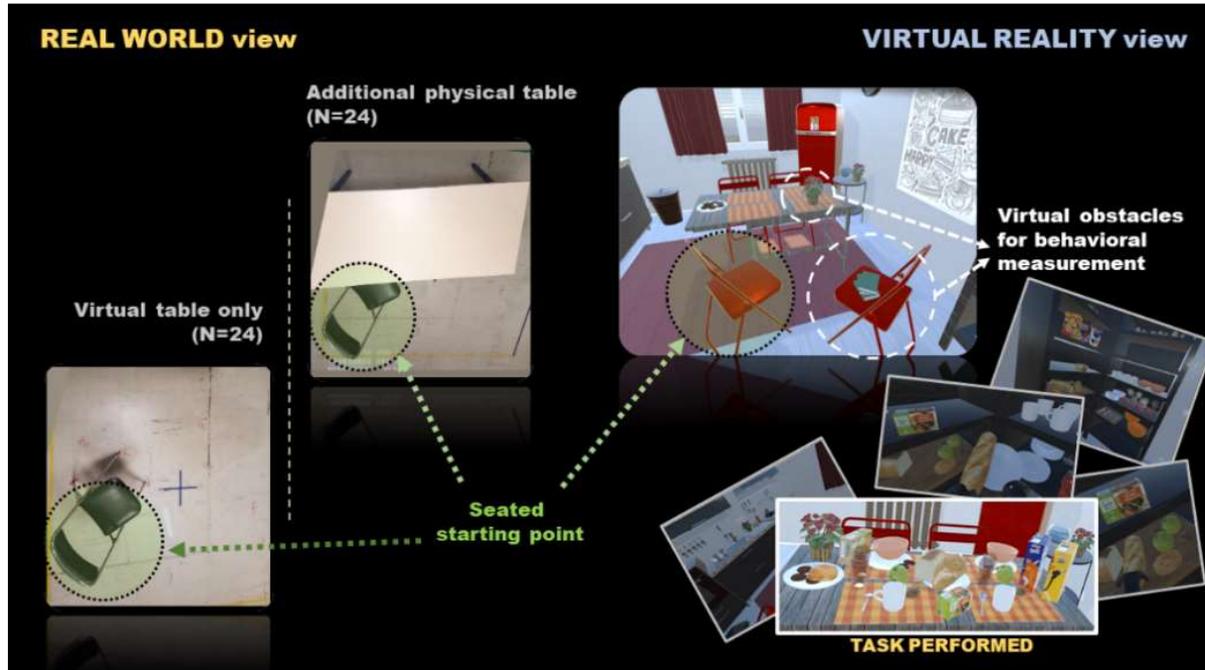
226

227 The VR Kitchen was developed with Unity® software (version LTS 2017.4.28f1),
228 presented with HTC Vive® device (first version). Its design was based on real kitchens pictures
229 analysis (analysis of kitchen sellers design: identification of pictures similarities between 24
230 kitchens pictured in a store exposition) and French breakfast consumption episode interviews
231 (*general kitchen of chap.2 results, weekday breakfast in my kitchen, N=41*), with the technical
232 limitations of free virtual furniture availability and interaction modeling complexity. A mix of
233 scanned food and packaging products, originated from our own laboratory real scans bank
234 (Gouton et al., 2021) and free internet download scans were used. All virtual objects (food and
235 dishes) necessary for the task were made grabbable. In addition, flowers on the table were made
236 grabbable to enable the behavioral presence test.

237
238 To allow a progressive familiarization with the VR scene and erase differences in ease
239 and familiarity, all participants started the session sited on a comfortable position. We first took
240 the time to introduce the Head-Mounted-Display and the two joysticks materials. After being
241 equipped, the participant was invited to progressively discover the environment by gaze. He /
242 she was then invited to test the objects grabbing with the joysticks, training on cookies present
243 in front of the participant on a plate in the corner of the table (buttons, change of color, grab,
244 ungrab). He / she was then familiarized with the informative grid that can appear if the
245 participant reach the real word movement limit zone, by slowly inviting him / her to stand up
246 and move around, walking naturally (voluntarily deactivated teleportation). And when
247 participant feels ready, the following instruction was given: “*Set up the breakfast table for 4*
248 *people: you know that two of them like bread with their tea and the others two prefer cakes and*
249 *cereals. It is your turn.*”.

250

251 As all participants started their progressive VR familiarization sitting, one of the four
252 virtual chairs around the table was paired with a physical chair position in both conditions, but
253 this chair remains different from the one used as a virtual-only marker for behavioral presence
254 assessment (**Figure 1**).
255



256
257 **Figure 1.** Experimental design.
258

259 ***Statistical analyses***

260
261 Evaluation of behavioral data by frequency of occurrence of avoidance behavior for the
262 chair and consideration of flowers as real objects. Chi-square test and Fisher's exact test
263 ($\alpha=5\%$).
264

265 Evaluation of presence questionnaire differences between conditions per items:
266 comparison of means between conditions, Student's test (preceded by Fisher's test, comparison
267 of variances). Calculation of scores from the items based on WS-PQ (Witmer & Singer, 1998),
268 following UQO (2002) analysis: Total (items 1 to 19, with reverse items 14, 17, 18); "Realism"
269 (Items 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 13); "Possibility to act" (Items 1 + 2 + 8 + 9); "Interface
270 quality" (Items all inverted 14 + 17 + 18); "Possibility to examine" (Items 11 + 12 + 19); "Self-
271 assessment of performance" (Items 15 + 16); "Haptic *" (Items 23 + 24). Scores were reduced
272 to a 7-points scale evaluation (divided by the number of items taken into account). Comparison
273 of means between conditions, Student's test (preceded by a Fisher test, comparison of

274 variances). Discussion of the deviation of these data from the scores presented in the literature
275 (UQO, 2002).

276

277 Transcription of interviews audio recordings. Classification of verbatim answered per
278 question. Identification of key underlying ideas. Frequency of occurrence. Comparison of the
279 ideas discussed between conditions: Chi-square test and Fisher's exact test ($\alpha=5\%$).

280

281 4.2.5 Results

282

283 *Behavioral measure*

284

285 In both experimental conditions (with or without the physical table), all of the
286 participants took into consideration the totally virtual objects, arranged as obstacles of the task
287 in the scene.

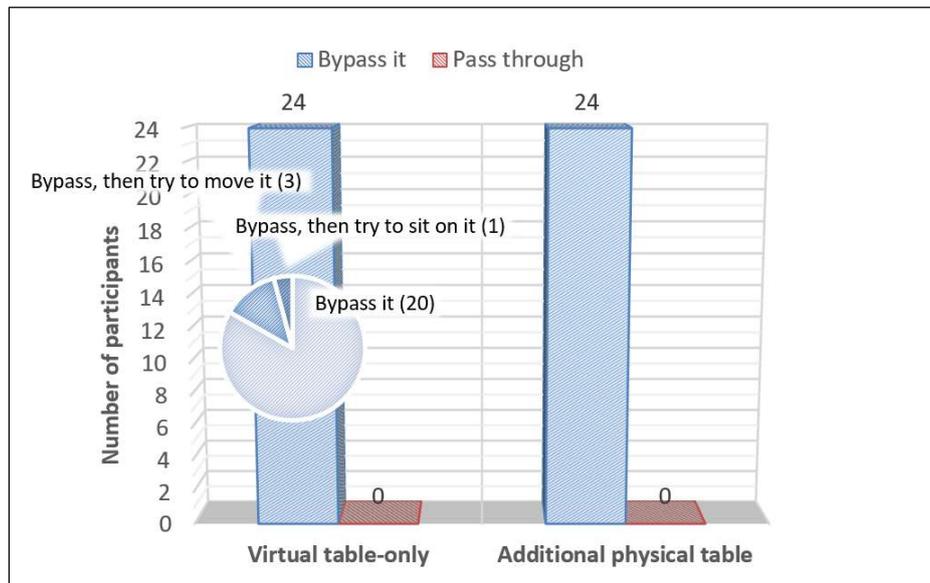
288

289 For the "chair" obstacle, visually present on the way between the table and the shelves
290 of food and utensils, but not existing physically, the 48 participants (48/48), i.e. the 24
291 participants (24/24) of each of the conditions (with, or without the physical table), bypassed the
292 chair spectrum as if a physical element was present at this location (**Figure 2**). Despite the many
293 back and forth between the table and the shelf to complete the task, no participant passed
294 through the visual of the chair, as it would have been physically possible to do.

295

296 In the "virtual table only" condition, three participants (3/24) also, in addition to
297 bypassing the "virtual chair only" obstacle, tried to move it. And in this same condition (virtual
298 table only), another participant (1/24) tried at the end of the session to sit on this "virtual chair
299 only" obstacle, despite the visual drawing of the pile of books (presenting the visual of an
300 "occupied chair"). The participant fell to the ground, fortunately slowly and without pain.
301 Beyond the physical laws of the real world ("*it is not possible to pass through objects*"), the
302 behavior of these four participants (trying to move it, trying to sit on it) further confirms their
303 presence in the virtual world with a thought on the use of the object and space (higher level of
304 possibilities of action). But as here, moving the chair or sitting on it was not necessary for the
305 accomplishment of the task, we cannot judge the other participants on the absence of these
306 behaviors.

307



308
309 **Figure 2.** Interaction with physically non-existing chair.
310

311 For the obstacle "flowerpot", occupying one of the placemats, uncomfortable the
312 arrangement of the table for the number of people indicated (four people expected to breakfast),
313 none of the participants (0/48) set the table on the flowers (nor tried to get through it), i.e. none
314 of the participant had behavior invalidating clearly the consideration of its existence.
315

316 Mostly for each of the conditions, with or without the physical table, the flowerpot,
317 which made difficult to set up a breakfast table for four people, was moved to the side of the
318 table, to make room for the arrangement of dishes and food. In the "virtual table only"
319 condition, 20/24 moved these flowers, in the "physical table in synchronization" condition,
320 22/24 moved them (**Figure 3**), with no significant difference between our two conditions
321 (contingency table, independence test between rows and columns, alpha 5%: p-value = 0,107).
322 In a real world logic, the participants entered by themselves in interaction with this element of
323 the environment, considering it, in the meaning of the situation evoked, as an obstacle to the
324 task, where implicitly setting the table requires in real situations to clear the table first. This
325 action is here a symbol for the participants of their perception of their possibilities of action in
326 the virtual world, with beyond the explicit instructions, the application of implicit situational
327 rules of the real world.
328

329 For the rest of the participants, their reaction to this "flowerpot" obstacle leaves a blur
330 in the interpretation of their state of presence. Of course, no participant confirmed a physical
331 non-consideration of this purely virtual object; however, some participants did not behave
332 clearly in representativeness with reality either. Two participants, for example (2/24 of the

333 participants in the “physical table in synchronization” condition), tried to move this “flowerpot”
334 obstacle and failed. This behavior seems to reveal difficulties in control of the virtual reality
335 device, perhaps initiating a blockage in the immersion into this virtual world. Another
336 participant (1/24 of the participants in the "virtual table only" condition) pushed the object
337 "flowerpot" with another object, pushing it with a plate. In this behavior, the participant
338 certainly identifies a discomfort and acts accordingly, but is this action nevertheless
339 representative of reality? In a real situation, with the weight of objects, friction and other
340 physical laws, would it be possible or logical to push a flowerpot with a plate? The last three
341 participants (3/24 of the participants of the "virtual table only" condition) arranged the table
342 around this “flowerpot” obstacle. Were they less actors of their VR experience, or would they
343 have been able, in real life, to arrange the table around this way, without worrying about the
344 lack of “order and symmetry” in their table arrangement?

345

346 In the end, between the first expected behavior (moving it) and the completely aberrant
347 behavior (putting the table on top of it, going through it), we notice a gray area of interpretation.
348 Here on an inter-subject comparison, without knowledge of participants’ behavior in a real
349 situation, it is difficult to claim, for these central behaviors (neither expected nor aberrant),
350 whether they are representative of a lower immersion or representative of the personal traits of
351 these participants. Here we lack of comparison to reality to know the intentions behind these
352 unexpected behaviors, although not aberrant. Nevertheless, it is interesting to note, between our
353 two obstacles "chair interfering with movement" and "flowerpot disturbing the arrangement of
354 objects", that the level of complexity in VR interactions (movement vs. grasping) seems to
355 complicate interpretation of responses to this discomfort. Here, the “flowerpot” obstacle
356 diverting from a “pure” physical logic, such as the “chair” obstacle (it is not possible to pass
357 through an object), towards a more situational logic (I clear my table before I arrange it new),
358 brought more possibilities for different responses.

359

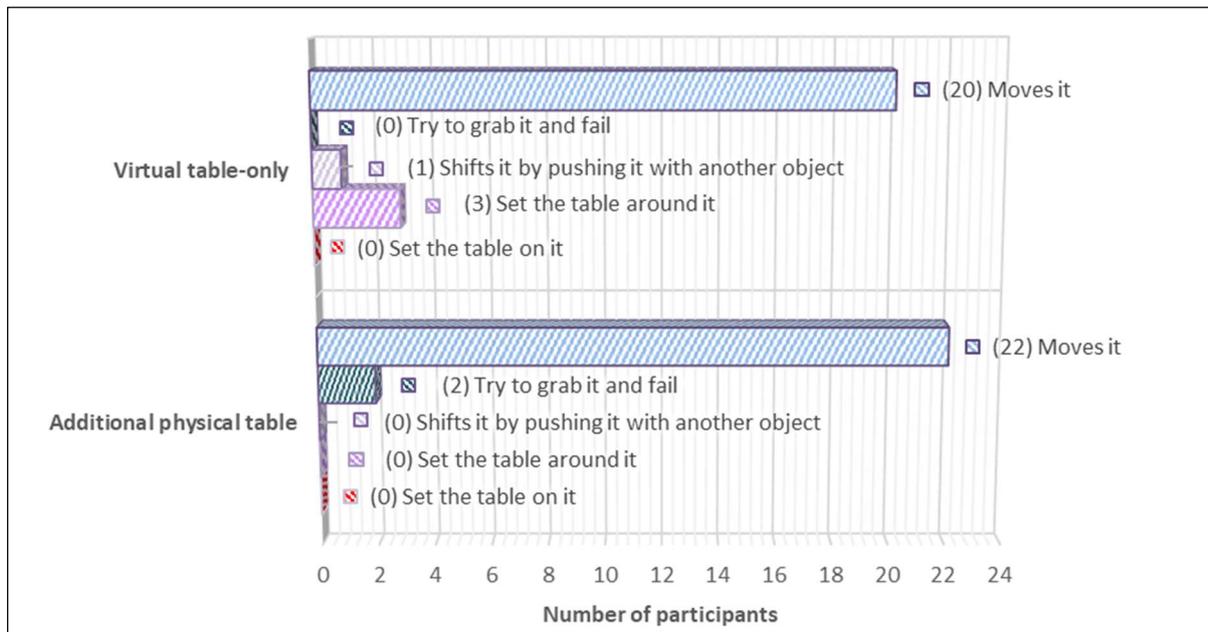


Figure 3. Interaction with flowers interfering with the task.

360

361

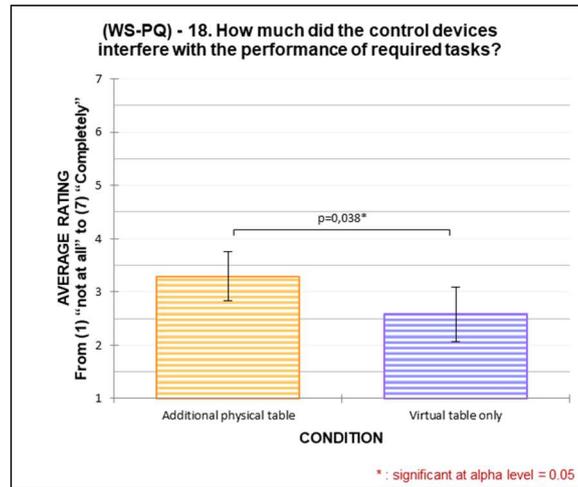
362

363 *Presence questionnaire*

364

365 The first part of the presence questionnaire filled by the participants included questions
 366 based on “WS-PQ” questionnaire (French version: “QEP”). On this first (first 21-items here),
 367 in an item-by-item look, only the question “*How much did the control devices interfere with*
 368 *the performance of required tasks?*” (WS-PQ. 18) shows a significant difference between our
 369 two conditions (p-value = 0.038), with or without the physical table in synchronization (**Figure**
 370 **4**). Here, the VR device interfered more, during the performance of the breakfast task, in the
 371 “physical table in synchronization” condition. The physical existence of the table may have
 372 here contrasted with the virtual character expected from VR. The participants may have been
 373 surprised to feel a physical response from the table, while for other elements of the virtual
 374 kitchen there was none (eg shelves). Also, in this real-virtual (physical-visual) synchronization,
 375 a slight degree of discrepancy could have been perceived between the two world pairing, as we
 376 are not using here tracking technologies of the physical object to match with the virtual world.
 377 Therefore, it is possible that a perception of a slight real-virtual gap disturbed the participants
 378 in their dropping, or grabbing, of items from the breakfast table.

379



380

381 **Figure 4.** Scale showing a significant difference between the two conditions among the items
 382 taken from the “WS-PQ” questionnaire (Chi-square test, alpha 5%).

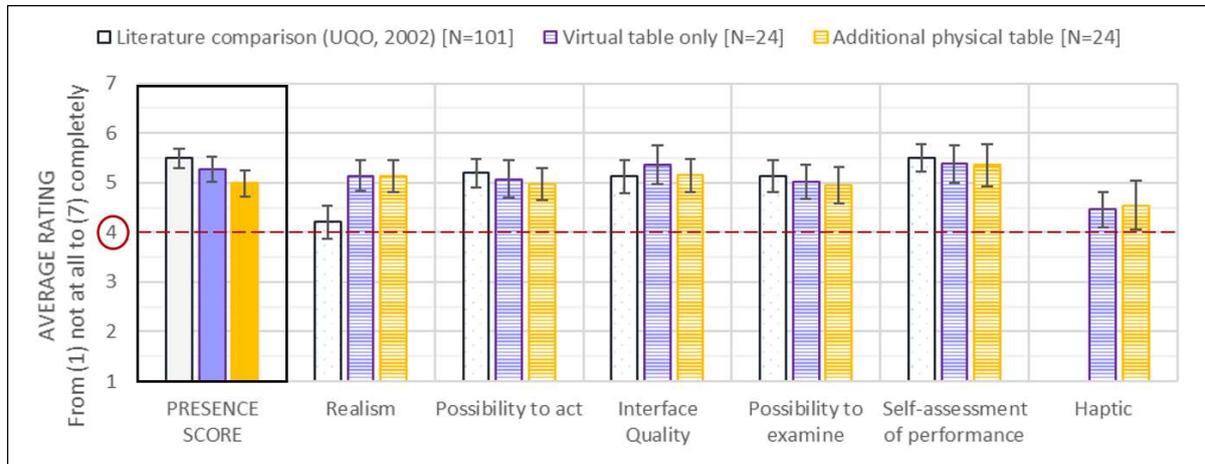
383

384 Nevertheless, on a broader view, for the "Interface quality" dimension, of which this
 385 item “WS-PQ. 18” is part of, no significant difference was found between the scores of the two
 386 experimental conditions ("Interface quality" score: p-value = 0.435). In addition, our hypothesis
 387 of the perception of a physical contrast in the virtual space, as well as a pairing discrepancy,
 388 can be nuance with regard to the absence of a significant difference between the conditions, on
 389 the scales “*How natural did your interactions with the environment seem?*” (p-value “WS-PQ.
 390 3” = 0.622 = NS), “*How proficient in moving and interacting with the virtual environment did
 391 you feel at the end of the experience?*” (p-value “WS-PQ. 16” = 0.413 = NS) and “*How well
 392 could you concentrate on the required tasks rather than on the mechanisms used to perform
 393 those tasks?*” (p-value “WS-PQ. 19” = 0.737 = NS).

394

395 Overall, for this first part of the questionnaire (first 21-items), after grouping the
 396 different items by scores (following the “WS-PQ” dimensions): no significant difference is
 397 observed between our two experimental conditions, with or without the physical table in
 398 synchronization (**Figure 5**). In all conditions, the participants reported feeling present (p-value
 399 = 0.707 = NS; mean "virtual-only" = 5.3; mean "physical" = 5.0), in a realistic environment (p-value =
 400 0.958 = NS; mean "virtual-only" = 5.2 ; mean "physical" = 5.1), with the possibility of acting on it (p-
 401 value = 0.684 = NS; mean "virtual-only" = 5.1; mean "physical" = 5.0), via a quality interface (p-value
 402 = 0.435 = NS; mean "virtual-only" = 5.4; mean "physical" = 5.2), with the ability to examine elements
 403 (p-value = 0.788 = NS; mean "virtual-only" = 5.0; mean "physical" = 4.9) and the feeling of performing
 404 in the VR environment (p-value = 0.943 = NS; mean "virtual-only" = 5.4; mean "physical" = 5.4).
 405 Taking into account the norms given by UQO (2002), we find here results on participants’ state
 406 of presence close to the literature, with perhaps even a higher environment realism perceived

407 in our application (**Figure 5**). This strong realism could be explained by the participants’
 408 immersion in a consumption context, which involve a daily place, close to their representations
 409 of the real world.
 410



411
 412 **Figure 5.** Presence questionnaire scores, for items based on « WS-PQ » (first 21-items).
 413 *(average evaluation reduced to a 7-points scale and confidence intervals).*
 414

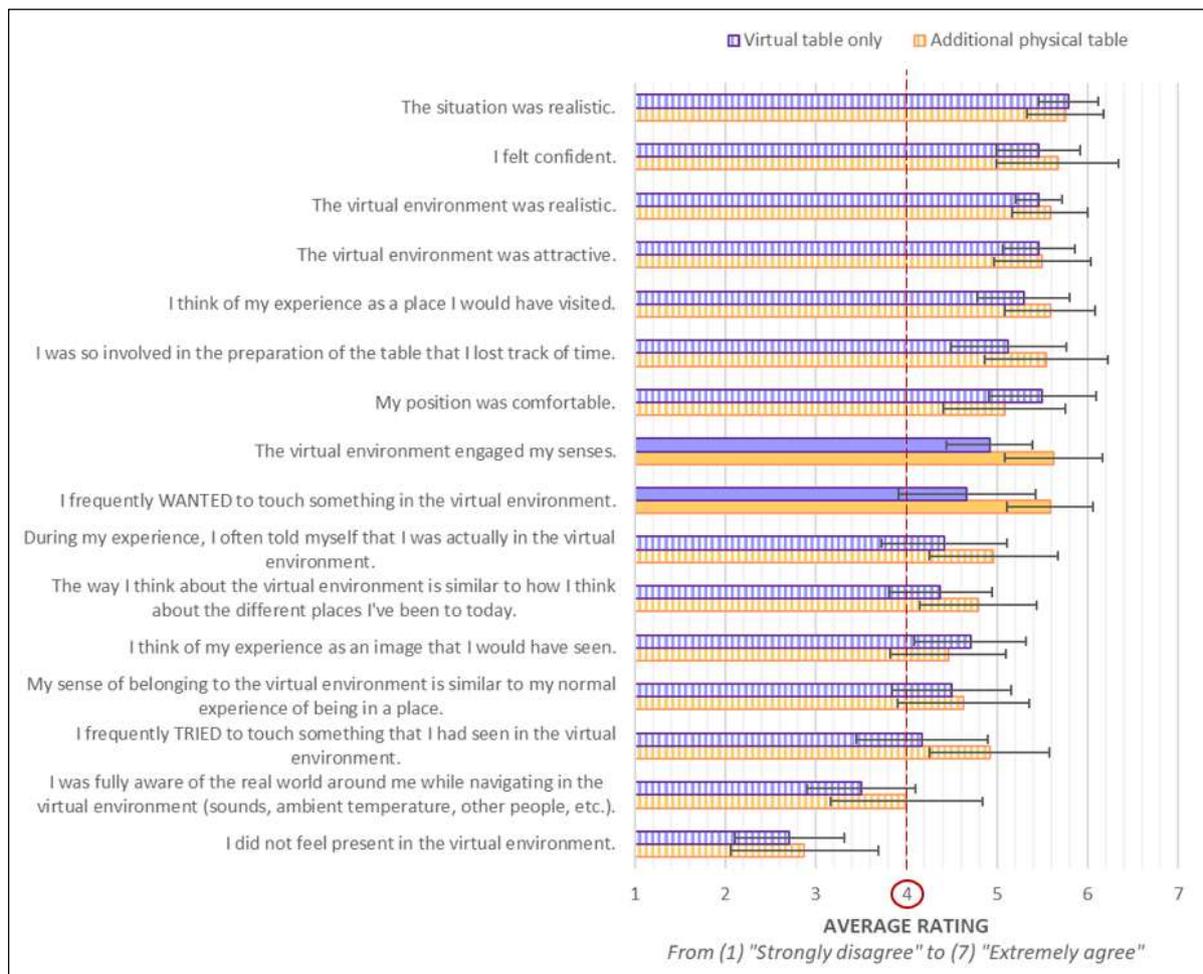
415 It is interesting to note here that no significant difference is observed between our two
 416 experimental conditions on the "Haptic" dimension (p-value = 0.792 = NS; mean "virtual-only" =
 417 4.5; mean "physical" = 4.5), although the use or the absence of the physical table involve a
 418 perceptual enrichment of the environment on a "passive haptic". It is even more interesting to
 419 see that on this haptic dimension (built from the items: WS-PQ. 23 "How well could you
 420 actively survey the virtual environment using touch?" and WS-PQ. 24 "How well could you
 421 move or manipulate objects in the virtual environment?"), the VR conditions without the
 422 physical table ("virtual table only" condition) already offers a haptic feeling. This could be
 423 explained by a cross-modal interaction between visual and touch. This cross-modal interaction
 424 could also have been facilitated here by the use of joysticks, held in hand as a real-virtual
 425 mediator, which the participant physically / actually manipulates. The naturalness of the
 426 interaction felt, despite the absence of a physical table, is also confirmed by the absence of
 427 significant differences between conditions on the items: "How natural was the mechanism
 428 which controlled movement through the environment?" (p-value "WS-PQ. 5" = 0.506 = NS)
 429 and "How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real
 430 world experiences?" (p-value "WS-PQ. 7" = 0.751 = NS).

431
 432
 433 For the end of the presence questionnaire filled by the participants (the 16 additional
 434 items, placed after "WS-PQ" items), none item shows significant difference between table

435 conditions (alpha = 0.05), with or without physical synchronization (**Figure 6**). Ratings on the
436 reverse scale “*I did not feel present in the virtual environment.*” (p-value = 0.755 = NS; mean
437 "virtual-only" = 2.7; mean "physical" = 2.9) confirmed the participants’ presence feeling and the
438 consistency of participants’ responses on the whole questionnaire items. Beyond the perception
439 of a realistic and attractive environment, the participants reported their perception of a realistic
440 situation (p-value = 0.881 = NS; mean "virtual-only" = 5.8; mean "physical" = 5.6). And despite the
441 artificial layer brought by VR technology in the interaction with the environment, the
442 participants felt conformable (p-value = 0.376 = NS; mean "virtual-only" = 5.5; mean "physical" = 5.1)
443 and confident (p-value = 0.626 = NS; mean "virtual-only" = 5.5; mean "physical" = 5.7). The answer to
444 the scale “*I think of my experience as a place I would have visited.*” shows that the participants
445 have accepted the VR media as their “primary egocentric reference frame” (PERF, as described
446 in the presence model of Wirth et al., 2007). More than a visual perception, they feel into the
447 virtual space, independently of the addition of physical objects (“visited place” p-value = 0.438
448 = NS; mean "virtual-only" = 5.3; mean "physical" = 5.6). The participants' loss in track of time (p-value
449 = 0.396 = NS; mean "virtual-only" = 5.1; mean "physical" = 5.5) also testifies their high involvement
450 in the experience.

451
452 Although not significant, a slight difference on the items “*The virtual environment*
453 *engaged my senses.*” (p-value = 0.065) and “*I frequently WANTED to touch something in the*
454 *virtual environment*” (p-value = 0.056) lets us think that in other circumstances involving more
455 direct contacts with the physical object (eg with hand tracking), the addition of physical objects
456 in the virtual space would perhaps make a difference, involving participants through their senses
457 of touch and arousing their curiosity towards further exploration of the environment. Here this
458 gap is perhaps not significant because the controllers held in hand already bring to an illusion
459 of physical existence of the VR environment.

460
461



462

463

Figure 6. Additional presence questionnaire items (last 16 items, placed after those inspired by “WS-PQ”).

464

465

466 ***Presence interviews***

467

468 **Q1 – First reaction:**

469

470 The first reactions of the participants (all conditions taken together) were very **positive**
 471 **feedbacks:**

472

- 473 - **On the strong illusion provided** (eg *"real"*, *"very realistic"*, *"feeling of being*
 474 *somewhere else"*, *"we believe it"*, *"cut off from the rest"*, *"escape"*, *"I forgot where I*
 475 *really was"*, *"We know it's virtual, but we feel in it"*, *"like a real room"*, *"feeling of*
 476 *being in a kitchen"*, *"feeling of being alone"*, *"I think I am at breakfast"*, *"Feeling of*
 477 *being in the environment from the first moment"*) [cited 57 times], in addition to the
 478 illusion of being in a place, a participant also underlined the perception of his/her

479 possibilities of action (*"We really had the impression of being in a place where we could*
480 *interact"*);

481

482 - **Linked to the novelty of this technology** (eg *"it was a discovery"*, *"curious to discover*
483 *virtual reality"*, *"impressive"*, *"innovative"*, *"good surprise"*, *"unique experience"*,
484 *"to see the progress of research"*) [cited 26 times], some participants also underlined
485 its high technological level (*"high performance technology"*, *"image quality"*) [2
486 citations];

487

488 - **On the pleasant aspect of the experience** (eg *"good experience"*, *"positive"*, *"joyful"*,
489 *"pleasant environment"*, *"friendly environment"*, *"I liked"*) [cited 23 times], almost
490 recreational for some participants (*"diverting"*, *"funny"*, *"I got caught up in the game"*)
491 [4 citations];

492

493 - **On the ergonomics of action in the environment** (eg *"realism of movement"*, *"good*
494 *interaction with objects"*, *"easy to handle"*, *"intuitive"*, *"I felt gifted"*, *"confident"*) [cited
495 14 times], some participants even had the illusion of being surrounded by real objects
496 (eg *"impression of really taking something"*, *"the impression that objects were evolving*
497 *according to what I was doing"*, *"We could touch and move a lot of things, the physics*
498 *of objects was pretty good, especially when we held an object, we could push another"*)
499 [6 citations], but some participants nevertheless pointed out a lack of control / precision
500 in the interaction (eg *"Although not so precise in handling"*, *"clumsy in handling*
501 *objects"*) [5 citations];

502

503 - **On the motivation to get involved** (eg *"we feel invested"*, *"I really liked having a small*
504 *mission"*, *"I was concerned to prepare a breakfast that is relatively realistic"*) [cited 7
505 times]

506

507 Some people however spoke of a time of adaptation (*"a little stressed at the beginning"*, *"at*
508 *the beginning it is a little complicated but after a while you forget completely"*) [2 citations] and
509 other participants indicated discomfort (eg *"disturbing"*, *"unsettling"*, *"discomfort"*, *"artificial*
510 *visual"*, *"annoyed by the cable"*) [6 citations]

511

512 Q2 – Frustrations:

513

514 Equivalently between the two conditions, 30 participants of the 48 total participants (15
515 from each experimental condition) experienced frustration during the VR experience.

516

517 The first source of frustrations comes from the manipulation of objects:

518

519 - A **lack of control or precision** in this manipulation of objects (eg *"I broke some plates,*
520 *the flower vase, I tried to pick up but I couldn't clean, so I was embarrassed not to be*
521 *able to arrange as I wanted", "clumsy not to be able to control, whereas me when I am*
522 *in my kitchen, if I take a plate I take it, here I have to handle a small device in addition,*
523 *whereas in reality we have direct contact, here we have an instrument in between", "a*
524 *handicap in the hands", "not always being able to catch my objects, I have several things*
525 *that have fallen that I have never managed to catch to put on the table", " I I'm a bit*
526 *houseproud and I couldn't put the placemats back straight", "this restriction in terms*
527 *of movements, in terms of the gap between reality [...] when I dropped the plate I did*
528 *not pick it up because it was much more complicated", "When I touched, I put an object,*
529 *I was not in the right position in fact I had to repeat this several times") [cited 23 times];*

530

531 - The **perception of limits of interactions with the elements** of the environment [cited
532 8 times]: the grabbing of objects is limited for example to a single element per joystick,
533 away from the real behavior for the move of the smallest objects (eg *"when I went to*
534 *get the cutlery, for example, take a fork and a second fork and bring it to the table that's*
535 *not how I do at home", "You can't take the bread, put it on the plate and take the plate*
536 *directly, you have to do two steps: take the plate, put it on the table and then the bread."");*

537 as the interactivity of the objects is managed by the computer through colliders with less
538 precise shape than the visual of the object, participants can perceived discrepancy in the
539 reaction of the objects to these actions (eg *"clearly the box would have stand on the*
540 *table but I think that there, since it was virtual, there is a surface beyond the size of the*
541 *object which must be taken into account I think in the modeling of the thing, here my*
542 *box was not holding while I think on a real table it would have stand, and so it fell and*
543 *I was not expecting it to fall, at this time it reminds me that this was not a real*
544 *environment, it was virtual"); as the programming / modeling of the interactions is*

545 limited here to a simple grasp behavior, some participants may be frustrated if they look
546 for more interactions with the product (eg *"I wanted to cut slices, well the bread there*

547 *in small slices, but here it did not work, I took the bread, with a knife, and since it did*
548 *not work, well I took something else on the table”).*

549

550 - The **perception of bugs** (unrealistic reactions of objects), such as the passage of objects
551 through the table [3 citations] (eg *"When the bread passed through the table, well, when*
552 *everything passed through the table !"*). This bug can indeed occur when the object is
553 dropped a little too close to the table or pushed by another object. In fact this bug was
554 not avoid in "physical table" condition neither, as objects remain virtual in both
555 condition (no physical contact between the objects and the table)

556

557 Other frustrations were noted by participants: linked to the limitation in the walking zone
558 [cited 7 times], indeed the participants saw a slightly larger virtual kitchen than the real room
559 (eg *"for example I would have liked to go get, I don't know, something that was on the other*
560 *side of the kitchen, we couldn't do it"*, *"I was able to see, where I can find the hot water, but I*
561 *was not able to go take it, because it was behind the limit"*, *"I would have liked, to have access*
562 *to the fridge"*); linked to the desire to end the full breakfast preparation [5 citations] (eg *"to not*
563 *being able to go through with things and to not having been able to get the kettle and the butter*
564 *in the fridge"*, *"we don't end the breakfast preparation"*, *"I was hungry, and I wanted to eat*
565 *the bread"*); related to the apprehension of the evoked situation [3 citations] (*"I felt a little*
566 *anxious, I didn't know what was going to happen, if someone was going to come in"*, *"putting*
567 *the table as a buffet is not necessarily the thing I do regularly, well, it's a meal which is taken*
568 *in so many different ways, that I had a little difficulties telling myself: how I set it up"*, *"I*
569 *already had the opportunity to do virtual reality, two or three times in stands, and here it was*
570 *very realistic, in fact it frustrated me a little because I said to myself: could it really be a room"*);
571 related to the discomfort of cable at times (*"it was more a discomfort than a frustration, with*
572 *the cable, at a point"*); related to a sensitivity to the simulator forcing the participant to slow
573 down his/her rhythm (*"I felt a little nauseous, because I have travelling sickness a little bit, so*
574 *I think it's common if the objects do weird, although I feel more nauseated when there is certain*
575 *moments, so that is my thing, it's not related to the experiment [...] I was just moving slowly"*).

576

577 Q3 – Negative effects:

578

579 Most participants reported not having experienced any negative effects in VR, with no
580 significant difference in proportion between both conditions (21/24 in “virtual-only table”
581 condition; 20/24 in “physical table in synchronization” condition; Chi² test: p-value = 0.683 =

582 NS). Only one participant feel a continuous cyber-sickness (“*nauseated*”) and highlighted
583 his/her sensitivity to motion sickness in daily life. The others reported a discomfort at a time,
584 like: a loss of balance when standing up, a weird feeling when being stopped by the HMD cable
585 while moving, a visual discomfort in the movement of the HMD, a feeling of being a bit warm,
586 a loss of image when trying to go beyond the walking limit zone, a difficulty when trying to
587 pick up fallen objects. One participant were also a little disturbed by the overall feeling in VR,
588 compared to the feeling of being in a dream (“*I have the impression of being a bit like in a*
589 *dream [...] that I was a little in slow motion [...] that the senses were blurred, I had in this*
590 *simulation the impression of both, that it was real and that at the same time it was not that real,*
591 *a bit like a dream actually*”). Some participants, although having said they had no negative
592 effect, still pointed out a little discomfort [6 citations], related to the weight of the HMD or the
593 controllers, making sweat, or a little time to adapt, to let go.

594

595 Q4 - Barrier to separate yourself from reality:

596

597 **Mostly (43/48), and with no difference between the two conditions** (Chi2
598 contingency table: p-value = 0.156; 20 participants from "physical table" condition, 23
599 participants from "virtual-only table" condition), **the participants have been blocked to forget**
600 **reality by perceptual barriers** (example of citation: "*it lacks senses*"). For the five other
601 participants (5/48 vs. 43/48, p-value <0.0001) no barrier seemed to have hindered their
602 immersion. Only a few participants also mentioned barriers linked to the conceptual situation
603 of this consumption episode (“*the fact of being all alone*”, “*a new setting so necessarily we*
604 *take our marks so we do not really feel in everyday life*”) [2 citations]. **The physical**
605 **discrepancies of the virtual environment therefore seem to be here the first source of**
606 **barrier to immersion before the situational projection in the episode.**

607

608 Among these perceptual barriers, we find a first set of barriers related to the tactile
609 modality (mentioned by 33 participants, 17 participants from “physical table” condition, 16
610 participants from “virtual-only table” condition):

611 - **Elements slowing down the illusion of non-mediation** [23 citations - 10 “virtual table”
612 / 13 “physical table”]: through the perception of the technology itself (“*having a*
613 *helmet*”, “*having joysticks instead of hands*”) [12 citations] ; through a manipulation
614 mechanized, artificial, more conscious than in real life (difficulty using the joysticks,
615 lack of precision in handling, not succeeding in catching fallen objects, not rationalizing

616 gestures like grouping cutlery, additional time to think about the actions, slower rhythm)
617 [11 citations];

618 - **Perception of real-virtual discrepancies linked to the programming of the virtual**
619 **environment** [17 citations - 9 “virtual table” / 8 “physical table”]: lacks in programming
620 the objects autonomy [3 citations], through the interactive components (not everything
621 is interactive) or tracking of physical objects (no free interaction with the physical chair)
622 ; discrepancy between the visual design of the virtual space and the real room [14
623 citations] (feeling something you don’t see like the HMD cable, feeling limited in
624 movement inside a visually larger virtual room than the real one, feeling a gap between
625 the real and virtual table leg while picking up fallen objects, fearing to move and fall
626 due to no longer locating the real environment in relation to the virtual one).

627 - **Lack of physical sensation of objects in the interaction with the virtual space**
628 (frustration of virtuality while trying to go further in the interaction) [11 citations - 3
629 “virtual table” / 8 “physical table”]: no feeling of objects temperature, touch, weight, no
630 feeling while colliding with objects, no physical feedback when putting objects on the
631 table to avoid them to pass through the table. Here the lack of physicality was a little
632 more cited in the “physical table” condition (Chi² test: p-value = 0.033), were maybe
633 the physical enrichment raised the physical expectations of participants in the virtual
634 space. Enrichment invites perhaps to more curiosity on the exploration of the VR
635 environment.

636

637 Among these perceptual barriers, we find a second set of barriers related to the visual
638 modality (mentioned by 20 participants, 7 participants from “physical table” condition, 13
639 participants from “virtual-only table” condition), with a slight but non-significant difference
640 between conditions (Chi² test, alpha 5%: p-value = 0.058 = NS). Perhaps the attentional focus
641 of participants tends to be a little more visual for the "virtual-only table" condition, as the
642 "additional physical table" condition invites more tactile exploration. Among these visual
643 barriers we find:

- 644 - Visual limit of the VR equipment [13 citations]: like the image quality (“*like a video*
645 *game*”, “*pixelated*”, “*gray colors*”, “*bright colors*”, “*3D simulation*”, “*artificial*
646 *visual*”, “*blurred in detail*”, “*computer made*”, “*not as sharp as in real life*”), or like
647 the HMT visual comfort (straight vision, less peripheral);
- 648 - Visual limit in the programming the objects evolution through interaction [4 citations]:
649 like objects that push others or objects that levitate on others because of too big and

- 650 imprecise colliders, or like objects that fall but do not break as they were not
651 programmed for such realistic evolution;
- 652 - Visual limit of the body perception [3 citations]: not feeling distances between objects,
653 difficulty in positioning yourself relative to the ground when moving, difficulty
654 perceiving the distance walked;
 - 655 - Not forgetting the real world [1 citation], like not seeing the experimenters while
656 knowing that they are here

657

658 And only 4 participants mentioned barriers related to sound and/or olfactory modalities:
659 two participants mentioning the lack of smells (“*hot drink smell*”, “*smell of bread or toast*”)
660 and sounds (“*the room here was quiet*”, “*it's strange to be in a place where there is no noise at*
661 *all*”) in the virtual environment, two participants were disturbed by the perception of real world
662 sounds, like the voice of the experimenters giving the instructions.

663

664 Q5, Q6 – Congruence and representations:

665

666 Most of the participants (47/48) find the decorative elements consistent with the evoked
667 situation. Overall, our rebuilt environment in VR seems to be consistent with the participants'
668 representations for the evoked situation. Nevertheless, in detail there seems to be an individual
669 dimension, on which the rich perceptual enrichment of the VR environment takes the risk of
670 not satisfying everybody. For example, one participant shared the frustration of not finding
671 his/her products brands usually consumed, while two others, on the contrary, highlighted their
672 satisfaction of finding their usual products. For others (4 participants), although the elements
673 were consistent for them, they lacked products to perfect their image of breakfast (“*milk*”,
674 “*coffee*”, “*napkins*”, “*kettle*”), in particular through an access (larger walking zone) to the
675 entire kitchen visible (“*hotplate*”, “*fridge*”). For three other people the location of some items
676 was not consistent (“*flowers on the table*”, “*books on the chair*”), although the whole remained
677 consistent. And for a last participant (1/48), too many elements were not in an appropriate
678 location, to keep a consistent perception of the whole environment with the evoked situation
679 (“*flowers on the table*”, “*books on the chair*”, “*cactus at the entrance [...] too many cacti in*
680 *one place*”, “*jars on the shelf [...] I didn't necessarily see them at the top of the shelf*”, “*I didn't*
681 *understand the kind of advertisement, or whatever, on the fridge, the kind of image*”).

682

683 Before having an instruction, just by observing the setting elements, none of the
684 participants (0/48) had guessed precisely when entering the virtual environment that they would

685 be participating in a breakfast activity. But in an equivalent distribution between the conditions
686 (Chi² contingency table: p-value = 0.120 = NS), some participants had nevertheless guessed
687 that they would be doing an activity related to the “kitchen” location [cited 17 times] (“to
688 cook”, “to prepare a meal”, “household activities”, “to open the fridge”, “to eat”,
689 “snacking”, “with cookies”, ...). These responses confirm the idea that the virtual environment
690 alone already brings the “location” dimension of the consumption episode, but a scenario can
691 still be necessary to bring a more complete evocation of the “consumption episode” to user in
692 VR immersion.

693

694 Q7, Q8, Q9 – Feeling in a place:

695

696 44/48 participants (22 of each condition) declare feeling in a real kitchen. Although
697 some have specified that this kitchen was different from their own kitchen [6 citations] (“like
698 when you go to a guest house”, “the impression of being at someone's house or at a hotel, a
699 place where I am not use to be”, “I would like to have the same at home”, “but not like my
700 kitchen”, “like an American kitchen”, “ but from the 60s, a very very old kitchen”). Some
701 participants [11 citations] also specified that they had not forgotten the virtual nature of the
702 experience (“I did not forget that I was in virtual reality but it was realistic”, “it was immersive
703 so I felt like I was in a kitchen even though I kept in mind that it was virtual”, “we know that we
704 are in an experience, I played the game and I felt in a real kitchen, but deep down I knew it was
705 something fake”, “like an artificial kitchen, it was not real.”, “the quality of the image made me
706 see that I was in a virtual environment, but the kitchen organization could have been totally
707 real”, “close to a real kitchen”, “very real, to find brands, to have all the necessary objects...
708 more because in the end there were objects that we could not touch.”, “yes, but I couldn't open
709 the fridge”, “aside from walking delimitation, I felt like I was in a real kitchen.”), Among them
710 4 participants (4/48, 2 of each condition) were still too aware of the virtuality to say they felt in
711 a “real” kitchen.

712

713 Although a majority of participants felt in a real kitchen, only half (25/48) reported
714 acting like they did in their own kitchen (23 vs. 25, Chi² test: p-value = 0.683 = NS). Some said
715 they did not feel at home [10 citations] due to the arrangement of the kitchen (“someone else's
716 kitchen”, “it's not the same”, “maybe because it didn't look like my kitchen”, “it's like
717 discovering, in my kitchen I know where things are, it's like a discovery.”), others have declared
718 [8 citations] an inconsistency in their daily life by the instructions given (“I would have put

719 more stuff but I had no access to the refrigerator”, “Apart from the 2-3 constraints you said, two
720 people taking cereals etcetera”.

721

722 Among the 25 participants who declared having acted as in their kitchen, a little more
723 were in “virtual-only table” condition (9 participants from “physical table” condition, 16
724 participants from “virtual table” condition, Chi² test: p-value = 0.048). However, to the question
725 “What did not make “kitchen” for you?” 31/48 participants discussed the different decor and
726 storage elements of their kitchen, with no difference between the two conditions (15 participants
727 from “physical table” condition, 16 participants from “virtual table” condition, Chi² test: p-
728 value = 0.799). If the fact of “acting like in your own kitchen” is marked by the fact of “not
729 feeling at home”, perhaps the gap between our two conditions reflects personal traits more than
730 a condition effect. Nevertheless, it may also be possible that more of the participants from the
731 "physical table" condition noticed discrepancy on their acting compared to how they would do
732 in their own kitchen because they went further in exploring the virtual kitchen.

733

734 Q10, Q11, Q12 – Feeling in a consumption episode:

735

736 Only a half of participants (25/48) reported feeling at breakfast, however more
737 participants (31/48) reported acting like if they were in their own breakfast. There is therefore
738 a phenomenon of involvement here.

739

740 It is indeed difficult for participants to really feel in the middle of the consumption
741 episode because certain contextual variables do not match with the breakfast representation. 30
742 participants commented on products that may differ from their personal consumption habits
743 (*"there was not what I usually take", "the plate of cookie makes me think that maybe it is the*
744 *afternoon snack time"*). For 22 participants, temporality, mental and physiological states
745 seemed to layered (*"I'm not hungry, time makes that", "there it is 3-4 pm it is more my internal*
746 *clock which tells me that it is more time for an afternoon snack than for breakfast", "here I am*
747 *not hungry now", "the time, the awareness of time", "it is the afternoon, in general when I set*
748 *the breakfast table I have just woken up so I am not quite awake yet, I am not in the same state*
749 *of mind at all", "here I am doing the experimentation at 5pm in my head I had..."*, *"to organize*
750 *the table, I'm not used to [...] as I wake up very early"*). 10 participants alluded to the recurrence
751 of the episode (*"rather look like a weekend breakfast when I have time"*). 9 participants
752 mentioned that they did not match with the social scenario evoked (*"I had the impression of*

753 *preparing for other people, but not for myself", "I take breakfast on morning all alone, I don't*
754 *set the table for other people").*

755

756 VR here seems to have contributed more to the “location” of the episode (kitchen),
757 although the state of mind differs from everyday life (eg "less at ease than at home"). Some
758 participants also noted in the perceptual stimulation of the location some lacks, which could
759 also have reinforced other dimensions of the episode: such as the smell of the products ("the
760 smell was missing", "not having the smell of coffee", "it didn't smell coffee") [cited by 4
761 participants], the morning light ("this slightly orange light of summer mornings", "there were
762 no shades of color like in the morning") [cited by 8 participants], the sound of the radio ("I often
763 put on the radio in the morning so there was perhaps a lack of sound") [1 citation].

764

765 But although the participants did not necessarily feel at breakfast, their involvement
766 allowed them to act as such by immersing themselves in the breakfast scenario evoked.
767 Nevertheless we note a difference in this phenomenon between our two conditions. Between
768 "feeling at breakfast" and “acting as such”, the number of participants increases in "physical
769 table" condition (from 9 feeling at breakfast to 17 acting as such), while this number of
770 participants decreases in "virtual table" condition (from 16 feeling at breakfast to 14 acting as
771 such). The physical enrichment of the VR environment may have led the participants to stronger
772 involvement. In the end, this involvement is perhaps double-edged because it also leads more
773 quickly to detect the limits of the device. So less people feel at breakfast in "physical table"
774 condition (Chi^2 “feeling at...”: p-value = 0.048), then with the difference in implication the
775 representativeness of the behavior is rebalanced between the two conditions (Chi^2 “acting
776 like...”: p-value = 0.446 = NS).

777

778 Q13, Q14 – Table and physical objects:

779

780 Without dissociation between the conditions, supplemented or not with a real physical
781 table, the participants mostly (36/48) found easy to interact with the table of the virtual kitchen
782 (19 participants from the “physical table” condition, 17 participants from the “virtual-only
783 table” condition; Chi^2 test: p-value = 0.637 = NS), although some participants mentioned a time
784 of adaptation [7 citations]. **The presence of the physical table did not clearly change the**
785 **easy of interaction in this kitchen task.** And for both conditions, the interaction with the table
786 visible in the virtual kitchen reveals discrepancy with daily life interactions.

787

788 **The reaction of objects on the table was not always very natural** (mentioned by
789 21/48 participants: 8 from the “physical table” condition, 13 from the “virtual table” condition;
790 Chi² test: p-value = 0.123 = NS). This is linked to the imprecision of the colliders programmed
791 for virtual objects interactions (*"we put something down, the rest moves"*, *"the objects push*
792 *each other"*, *"three boxes should have stand, but no"*, *"Everything fell"*, not possible to put the
793 spoons in the cups, disappearance of an apple by placing it on a place of the shelf not
794 preprogrammed for it), linked to certain inconsistencies in the programmed physical laws
795 (*"spoon fallen under the table"*, *"passage of objects through the table"*, *"lack of distance to put*
796 *down, at certain angles goes under the table"*, *"small objects pass through the table"*, *"if you*
797 *lower the joystick too much, it falls, you must keep a distance while posing to avoid that objects*
798 *pass through the table"*), linked to the limit of programming interactions (some think they are
799 responsible for not having been able to move objects which in fact are not interactive: “except
800 table set”, “except plate of cookies”).

801
802 However, the interaction with the elements of the environment is not always very precise
803 (mentioned by 11/48 participants, 6 from the “physical table” condition, 5 from the “virtual
804 table” condition; Chi² test: p-value = 0.670 = NS), which is not specific to the table interaction
805 (imprecise joystick, lack of precision in the orientation of objects, difficulty in grasping the
806 objects on the table, handicapped in the orientation of cutlery not being able to turn freely
807 around the table, additional difficulties to reality, difficult to arrange, blocked in handling more
808 by the objects than the table, feeling clumsy). And two participants mentioned the desire to have
809 a larger table to put more things for breakfast. If the manipulation cannot be more precise,
810 enlarging the interaction space could be a way to overcome it.

811
812 Finally, while interviewing participants about the physical enrichment of the VR
813 environment. We noticed a confusion on the perception of physicality in the virtual
814 environment. We first suspected a semantic confusion between “real” and “realistic”, as 12
815 participants answered the question speaking on a realistic dimension of the kitchen designed or
816 the realism on the interactions in VR (“everything was there”, “there was everything you
817 needed”, “to open a drawer”, “to open a cupboard”, “towels”, “to move the chairs”, “to heat
818 water”, “kettle was not accessible”, “to coffee maker was not accessible”, “more access to the
819 kitchen”, “make tea”, “take milk”, “coffee”, “lack of breakfast product”, “to open and pour
820 cereals”, “to access the fridge”, “fruit juice”, “butter”, “jam”, “to be able to move the plate of
821 cookies”, “the rest of the food for breakfast”, “to take and open the books”, “to read the
822 newspaper”, ...). But in fact, for 17 participants their speech refers to the idea of a non-

823 dissociation between virtual and physical things, once in the virtual world everything appears
824 physical.

825

826 After explanations on “physical” meaning, 35/48 participants declared that the design
827 of the environment was good as it was made. Look at the equivalence between conditions (18
828 from the “physical table” condition, 17 from the “virtual table” condition), we can assume that
829 the participants were at ease whatever the VR setup.

830

831 Some have recognized the usefulness of the physical elements present here [14 citations]
832 (the chair is useful to sit down, the table offers a relevant landmark while moving or in the
833 interactions, the joysticks offer landmarks in the virtual space). A participant did not find
834 interest in the presence of the physical table. And 6 other participants (2 from the “physical
835 table” condition, 4 from the “virtual table” condition) mentioned their wish for more physical
836 elements in the virtual space, for a quicker adaptation time in the real-virtual transition and to
837 go further in the manipulation.

838

839 Some participants also mentioned their fears about seeing more physical objects, which
840 also seems inconsistent with their idea of the concept of virtual reality (cited 3 time in “physical
841 table” condition, cited 10 times in “virtual table” condition). The physical enrichment of the
842 VR environment seems more difficult to apprehend by the participants in "table virtual"
843 condition, having experienced it less.

844

845 4.2.6 Discussion

846

847 In this study we tested the impact on the state of presence of a perceptual enrichment in
848 passive haptics, via the addition or not of a physical table to the virtual world (synchronized to
849 the visual of the virtual kitchen table). Our initial hypotheses were that this physical enrichment
850 could either improve the feeling of presence in virtual reality by the haptic enrichment provided,
851 or decrease the feeling of presence, creating a constant reminder of the real world. To answer
852 this, different types of presence measurement were carried out, in this discussion we will
853 overlap results from implicit and explicit measurements.

854

855 The first point observed is the strong “illusion of reality” perceived by the participants
856 in virtual reality (as raised with the interviews). On this point the three types of measurements
857 coincide, with little difference overall between the two experimental conditions tested.

858

859 In the behavioral measures, all participants take into consideration the “chair” and the
860 “flowers” obstacles. From a physical point of view, all of the participants respected the laws of
861 the real world ("it is not possible to pass through objects"). Nevertheless, from a situational
862 point of view, we note that the more the individual interacts with the environment, the more the
863 coherence of his behavior becomes difficult to interpret, without prior knowledge of reality, in
864 order to qualify the representativeness of this behavior. In this study, participants very immersed
865 showed, for both conditions, a physical and situational consideration of the space. These
866 behavioral measures could represent an option for rapid assessment of presence in virtual
867 reality. These results are consistent with the results of explicit measurements, which represent
868 lengthy questionnaires. Nevertheless, explicit measures, more quantifiable, remain essential to
869 bring nuance to this feeling of presence.

870

871 In the VR literature, these avoidance behaviors may represent interesting measures of
872 presence in a purely "physical" study of virtual reality immersion (Mestre, 2018). These
873 behaviors, therefore, are evidence of participant's immersion in the VR device, evidence of
874 his/her mental representation of a space. Nevertheless, in our application of VR, where the
875 scenario is more focused on the consumer's daily life, these avoidance measures will lack
876 precision regarding the consumer's "situational" state of presence. This behavior observed in
877 VR is also already expected with a degree of discrepancy with reality (Fink et al., 2007), due
878 to the absence of physical feedback from the environment (weight, force retroaction), the
879 intensity of the feeling of presence cannot be quantified by these observations.

880

881 Via the presence questionnaire completed by the participants, we find a strong feeling
882 of presence, with little difference overall between our two experimental conditions. The
883 advantage of these questionnaires is the possibility of comparing these results quantitatively
884 with the literature (as done here with the results of UQO (2002)). We can see the high level of
885 perceived realism of our environment, deliberately representing here a daily consumption
886 location. We must nevertheless beware of the fact that in our daily application we also face
887 higher expectations of the participants, by the daily nature of our evocation (which we note
888 through the interviews).

889

890 In the detail provided by the explicit measurement, it is surprising to note that already
891 in the "virtual-only table" condition, the participants seem to have a haptic illusion in VR.
892 Cross-modal illusions have already been observed in the literature for a scenarisation in VR

893 (Biocca et al., 2001), we also find this phenomenon here. These questionnaire results are also
894 confirmed with the interviews, where we observed a confusion for participants between real
895 and virtual. Some claim to perceive everything as "physical" once they enter the virtual world.
896 The technological strategy of the "controllers/joysticks" could facilitate this haptic illusion by
897 the absence of direct contact with the elements of the environment.

898

899 The first obstacle to the participants' immersion with VR observed is perceptual. The
900 participant seems to be consciously confronted with the discrepancies between the spatial laws
901 of both worlds, real and virtual. Perhaps as described in the presence model of Wirth et al.
902 (2007), the participant still searches here, between the real and virtual indices, where to place
903 his/her primary egocentric reference frame (PERF).

904

905 The VR experience emerges in the interviews as a positive and pleasant experience,
906 idem in the questionnaire results, where participants declared feeling confident and
907 conformable, but they do not forget the artificiality of VR. Although VR is ergonomic, the
908 handling in the interaction with the environment remains less precise than in real life. And the
909 more the participant look for the exploration of the environment, the more likely s/he will be to
910 notice the limits of the interactions, to what extent the environment will have been programmed
911 to provide a coherent response to his/her actions (environmental design, objects components,
912 objects evolutions, colliders, playing area, ...).

913

914 This is what Fuchs et al. (2003) presents as the objects autonomy. This technical limit
915 will depend on the mastery of the software and the power authorized by the computer. From
916 one participant to another, we can assume that the more involved s/he is, the more s/he will be
917 confronted with these limits of virtuality. The questionnaire here provide a nuance between the
918 two experimental conditions. In the "additional physical table" condition, the VR device seems
919 perceived as interfering a little more with the task. It is possible that this interference feeling
920 comes from the perception of the software limits to go further this task. Participants in
921 "additional physical table" condition may have been more involved in their task and more
922 curious in their exploration of the virtual world to end their actions, as they would do in a real
923 situation. To overcome these technical limitations, the instructions can also help frame the
924 participants' behaviors to avoid them to perceive the limits of the virtual world. Here, for
925 example, the scenario voluntarily oriented the participants towards a selection of products, to
926 not make them seek further interaction with the virtual objects (not programmed).

927

928 The second obstacle to the participants' immersion with VR observed is conceptual. The
929 participant seems to be subconsciously in a comparison of his VR experience to his daily
930 representation of the real situation evoked here. Indeed, although the results of the questionnaire
931 refer to the perception of a realistic situation, to the projection of being in a place, and the
932 interviews confirmed the feeling of being in a kitchen, perceived to be coherent; for all that, the
933 participants do not feel immersed in their daily life. As described by the model of Wirth et al.
934 (2007), the participants here accept the media as a primary egocentric reference frame (PERF),
935 they project themselves into a place and perceive the possibilities for action there. But contrary
936 to what we are looking for in this "situational" immersion, the participants do not project
937 themselves into their "daily life". There is a dissociation here with the common representation
938 of the "kitchen" location and the personal representation of this location (it is not my kitchen).

939

940 To this, the consumption episode adds an immersive level of complexity. VR brings a
941 location, but if the other dimensions of the consumption episode are not manipulated (e.g. I
942 know it's not morning, I'm not hungry) they can conflict with situational credibility of the VR
943 experience. In this study, we see the importance of the scenario, which bring a more complete
944 evocation of the "breakfast" episode, beyond the kitchen location. Although the participants
945 here state that they don't feel like they are at breakfast, they nevertheless projected themselves
946 into this role to act like they would do at breakfast. The involvement of participants and their
947 suspension of disbelief are therefore essential to overcome the immersive limits of VR on this
948 situational level. At this level, we see the positive influence of the physical enrichment of the
949 experience on the involvement of the participants.

950

951 In the end, in this study, the physical enrichment of the VR experience will have
952 strengthened the involvement of the participants. As in the study of Podkosova & Kaufmann
953 (2018), it is possible that the presence of the physical table push participants to be more attentive
954 to their environment. But this implication is double-edged. On a technical level, it invites
955 participants to confront more limits of the device. On a situational level, it invites participants
956 to overlook these limits. Finally, our two conditions meet at a comparable level of presence in
957 the breakfast illusion. At last, although less involved, participants of the "virtual-only table"
958 condition may encounter less disruptive elements in their immersion process.

959

960 Here the use of controllers/joysticks contributes to the preservation of the overall
961 "physical" illusion of the virtual world, but it does not help the participant come into direct
962 contact with the actual physical enrichments of the environment. This study will have enabled

963 to highlight the fact that whatever the objective in VR there is a flexibility in experimental set-
964 up, around which the participants maintain a strong immersion. In the case of a search for ease
965 of setting up VR, without "physical" enrichment of the experience (eg purchase intentions), the
966 controllers/joysticks seem to be a good tool to maintain the immersion in visual interaction. In
967 the case of a need for a physical-virtual mix of the experience (eg food consumption), the
968 integration of well-synchronized elements will maintain this strong immersion in VR. In this
969 physical-virtual mix of the VR experience, hand tracking technology, offering direct contact
970 with physical elements, could perhaps even further promote VR immersion, provided that the
971 areas of interactions are physically stimulated. As shown in the study of Simeone et al. (2015),
972 where the torch matched as a lightsaber illusion because it overlaps with the touched area of
973 the saber.

974

975 The different measures of the state of presence are finally very complementary. The
976 open questions in the interviews were particularly useful for the interpretation of the
977 questionnaire results. On the situational level, we note nonetheless, for our application of VR
978 looking for "immersion in everyday life", that the current presence measurement tools remain
979 quite limited and much focused on the "physical" nature of the device.

980

981 4.2.7 Conclusions

982

983 Overall, for a "sensory and consumer" application, this study raises the flexibility of the
984 VR setting up, on the "physical" level. The device can indeed materialize or not elements of the
985 virtual world by synchronization to their "physical" duplicate, without the risk of large
986 variations in the final state of consumer presence. These results encourage for the "physical"
987 integration of food into the virtual world. It also announces the importance of the "physical"
988 illusion already brought with the visual modality, which could place virtual reality at the height
989 of immersion in a physically reconstructed environment (more conventionally used in this
990 scientific domain). And finally, these results herald the weight of the evocation of the
991 consumption episode in immersion, inviting further consideration of the media content. For the
992 targeted transition, from the illusion of a kitchen location to the illusion of consumer's personal
993 experience of the breakfast episode, the media content may matter more than its set-up.

994

995 4.2.8 Acknowledgements

996

997 The authors thank Zouheir Quarjouane for his involvement in experimental design and
998 data collection through his Master internship, Jean-Marie Thomas for the VR design and the
999 experimental configurations, Pascale Reichl and Anne Regourd for their logistics and food
1000 virtualization assistance, the Carnot Institute “Qualiment®” for the funding support of this
1001 work, and all the participants involved.

1002

1003 4.2.9 References

1004

- 1005 Ammann, J., Stucki, M., & Siegrist, M. (2020). True colours: Advantages and challenges of virtual reality in a
1006 sensory science experiment on the influence of colour on flavour identification. *Food Quality and*
1007 *Preference*, *86*, 103998.
- 1008 Bangcuayo, R. G., Smith, K. J., Zumach, J. L., Pierce, A. M., Guttman, G. A., & Simons, C. T. (2015). The use of
1009 immersive technologies to improve consumer testing: The role of ecological validity, context and
1010 engagement in evaluating coffee. *Food Quality and Preference*, *41*, 84–95.
1011 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.017>
- 1012 Biocca, F., Kim, J., & Choi, Y. (2001). Visual touch in virtual environments: An exploratory study of presence,
1013 multimodal interfaces, and cross-modal sensory illusions. *Presence: Teleoperators & Virtual*
1014 *Environments*, *10*(3), 247–265.
- 1015 Bisogni, C. A., Falk, L. W., Madore, E., Blake, C. E., Jastran, M., Sobal, J., & Devine, C. M. (2007). Dimensions
1016 of everyday eating and drinking episodes. *Appetite*, *48*(2), 218–231.
1017 <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.09.004>
- 1018 Bouchard, S., Robillard, G., & Renaud, P. (2002). *Validation canadienne-française de deux mesures importantes*
1019 *en réalité virtuelle: L’Immersive Tendancies Questionnaire et le Presence Questionnaire*.
- 1020 Christensen, C. M., Hall, T., Dillon, K., & Duncan, D. S. (2016). Know your customers’ jobs to be done. *Harvard*
1021 *Business Review*, *94*(9), 54–62.
- 1022 Delarue, J., & Boutrolle, I. (2010). 8—The effects of context on liking: Implications for hedonic measurements in
1023 new product development. In S. R. Jaeger & H. MacFie (Eds.), *Consumer-Driven Innovation in Food*
1024 *and Personal Care Products* (pp. 175–218). Woodhead Publishing.
1025 <https://doi.org/10.1533/9781845699970.2.175>
- 1026 Dorado, R., Chaya, C., Tarrega, A., & Hort, J. (2016). The impact of using a written scenario when measuring
1027 emotional response to beer. *Food Quality and Preference*, *50*, 38–47.
1028 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.01.004>
- 1029 Edwards, J. S. A., Meiselman, H. L., Edwards, A., & Leshner, L. (2003). The influence of eating location on the
1030 acceptability of identically prepared foods. *Food Quality and Preference*, *14*(8), 647–652.
1031 [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00189-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00189-1)
- 1032 Fink, P. W., Foo, P. S., & Warren, W. H. (2007). Obstacle avoidance during walking in real and virtual
1033 environments. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, *4*(1), 2-es.
- 1034 Fuchs, P. (1996). *Les interfaces de la réalité virtuelle*. éditeur AJIIMD.
- 1035 Fuchs, P., Moreau, G., & Berthoz, A. (2003). *Le traité de la réalité virtuelle(Vol. 2, Création des environnements*
1036 *virtuels & applications)*. Les Presses de l’École des Mines.
- 1037 Galiñanes Plaza, A., Delarue, J., & Saulais, L. (2019). The pursuit of ecological validity through contextual
1038 methodologies. *Food Quality and Preference*, *73*, 226–247.
1039 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.004>
- 1040 Gerrig, R. J. (1998). *Experiencing narrative worlds: On the psychological activities of reading*. Westview Press.

- 1041 Goedegebure, R. P., van Herpen, E., & van Trijp, H. C. (2020). Using product popularity to stimulate choice for
1042 light products in supermarkets: An examination in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 79,
1043 103786.
- 1044 Gorini, A., Griez, E., Petrova, A., & Riva, G. (2010). Assessment of the emotional responses produced by exposure
1045 to real food, virtual food and photographs of food in patients affected by eating disorders. *Annals of*
1046 *General Psychiatry*, 9(1), 30. <https://doi.org/10.1186/1744-859X-9-30>
- 1047 Gouton, M.-A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2021). Validation of food visual attribute
1048 perception in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 87, 104016.
1049 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104016>
- 1050 Huang, F., Huang, J., & Wan, X. (2019). Influence of virtual color on taste: Multisensory integration between
1051 virtual and real worlds. *Computers in Human Behavior*, 95, 168–174.
- 1052 Huang, F., Qi, Y., Wang, C., & Wan, X. (2020). Show me the color in your mind: A study of color-flavor
1053 associations in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 85, 103969.
- 1054 IPQ. (2016). *Igroup Presence Questionnaire*. Survey on Experiences in Virtual Worlds.
1055 <http://www.igroup.org/pq/ipq/download.php>
- 1056 Ischer, M., Baron, N., Mermoud, C., Cayeux, I., Porcherot, C., Sander, D., & Delplanque, S. (2014). How
1057 incorporation of scents could enhance immersive virtual experiences. *Frontiers in Psychology*, 5, 736.
- 1058 Jaeger, S. R., & Porcherot, C. (2017). Consumption context in consumer research: Methodological perspectives.
1059 *Current Opinion in Food Science*, 15, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.001>
- 1060 Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and defining
1061 the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9), 641–
1062 661.
- 1063 Kim, T., & Biocca, F. (1997). Telepresence via Television: Two Dimensions of Telepresence May Have Different
1064 Connections to Memory and Persuasion.[1]. *Journal of Computer-Mediated Communication*,
1065 3(JCMC325). <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00073.x>
- 1066 Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: Some often encountered fallacies. *Food Quality and*
1067 *Preference*, 14(5–6), 359–373.
- 1068 Lusk, K. A., Hamid, N., Delahunty, C. M., & Jaeger, S. R. (2015). Effects of an evoked refreshing consumption
1069 context on hedonic responses to apple juice measured using best–worst scaling and the 9-pt hedonic
1070 category scale. *Food Quality and Preference*, 43, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.007>
- 1071 Masson, M., Delarue, J., & Blumenthal, D. (2017). An observational study of refrigerator food storage by
1072 consumers in controlled conditions. *Food Quality and Preference*, 56, 294–300.
- 1073 Meehan, M., Razaque, S., Insko, B., Whitton, M., & Brooks, F. P. (2005). Review of Four Studies on the Use of
1074 Physiological Reaction as a Measure of Presence in Stressful Virtual Environments. *Applied*
1075 *Psychophysiology and Biofeedback*, 30(3), 239–258. <https://doi.org/10.1007/s10484-005-6381-3>
- 1076 Meiselman, H. L. (2019). *Context: The effects of environment on product design and evaluation*.
- 1077 Melendrez-Ruiz, J., Goisbault, I., Charrier, J.-C., Pagnat, K., Dujourdy, L., Arvisenet, G., & Chambaron, S. (2021).
1078 An Exploratory Study Combining Eye-Tracking and Virtual Reality: Are Pulses Good “Eye-Catchers” in
1079 Virtual Supermarket Shelves? *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 68.
- 1080 Mestre, D. R. (2018). Presence in Virtual Reality: Insights from fundamental and applied research. *Electronic*
1081 *Imaging*, 2018(3), 433-1-433–435.
- 1082 Murray, C. D., Bowers, J. M., West, A. J., Pettifer, S., & Gibson, S. (2000). Navigation, Wayfinding, and Place
1083 Experience within a Virtual City. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 435–447.
1084 <https://doi.org/10.1162/105474600566934>
- 1085 O’Brien, H. L., & Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement.
1086 *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50–69.
1087 <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- 1088 Podkosova, I., & Kaufmann, H. (2018). Mutual collision avoidance during walking in real and collaborative virtual
1089 environments. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*,
1090 1–9.
- 1091 Porcherot, C., Delplanque, S., Gaudreau, N., Ischer, M., De Marles, A., & Cayeux, I. (2018). Immersive
1092 Techniques and Virtual Reality. In *Methods in Consumer Research, Volume 2* (pp. 69–83). Elsevier.
1093 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0>

- 1094 Ruppert, B. (2011). *New directions in the use of virtual reality for food shopping: Marketing and education*
1095 *perspectives*. SAGE Publications.
- 1096 Schmuckler, M. A. (2001). What Is Ecological Validity? A Dimensional Analysis. *Infancy*, 2(4), 419–436.
1097 https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204_02
- 1098 Schnack, A., Wright, M. J., & Holdershaw, J. L. (2019). Immersive virtual reality technology in a three-
1099 dimensional virtual simulated store: Investigating telepresence and usability. *Food Research*
1100 *International*, 117, 40–49.
- 1101 Sester, C., Deroy, O., Sutan, A., Galia, F., Desmarchelier, J.-F., Valentin, D., & Dacremont, C. (2013). “Having a
1102 drink in a bar”: An immersive approach to explore the effects of context on drink choice. *Food Quality*
1103 *and Preference*, 28(1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.07.006>
- 1104 Siegrist, M., Ung, C.-Y., Zank, M., Marinello, M., Kunz, A., Hartmann, C., & Menozzi, M. (2019). Consumers’
1105 food selection behaviors in three-dimensional (3D) virtual reality. *Food Research International*, 117, 50–
1106 59.
- 1107 Simeone, A. L., Velloso, E., & Gellersen, H. (2015). Substitutional reality: Using the physical environment to
1108 design virtual reality experiences. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors*
1109 *in Computing Systems*, 3307–3316.
- 1110 Sinesio, F., Moneta, E., Porcherot, C., Abbà, S., Dreyfuss, L., Guillaumet, K., Bruyninckx, S., Laporte, C.,
1111 Henneberg, S., & McEwan, J. A. (2019). Do immersive techniques help to capture consumer reality?
1112 *Food Quality and Preference*, 77, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.004>
- 1113 Slater, M., Usoh, M., & Chrysanthou, Y. (1995). The influence of dynamic shadows on presence in immersive
1114 virtual environments. In *Virtual environments '95* (pp. 8–21). Springer.
- 1115 Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in*
1116 *Human Behavior*, 86, 77–90.
- 1117 Temple, N. J., & Nowrouzi, B. (2013). Buffets and obesity. *Clinical Nutrition*, 32(4), 664–665.
- 1118 Ung, C.-Y., Menozzi, M., Hartmann, C., & Siegrist, M. (2018). Innovations in consumer research: The virtual
1119 food buffet. *Food Quality and Preference*, 63, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.007>
- 1120 UQO, L. de C. (2002). *Questionnaire sur l'État de Présence (QEP)*. [http://w3.uqo.ca/cyberpsy/wp-](http://w3.uqo.ca/cyberpsy/wp-content/uploads/2019/04/QEP_vf.pdf)
1121 [content/uploads/2019/04/QEP_vf.pdf](http://w3.uqo.ca/cyberpsy/wp-content/uploads/2019/04/QEP_vf.pdf)
- 1122 Usoh, M., Catena, E., Arman, S., & Slater, M. (2000). Using Presence Questionnaires in Reality. *Presence:*
1123 *Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 497–503. <https://doi.org/10.1162/105474600566989>
- 1124 Wang, Q. J., Escobar, F. B., Da Mota, P. A., & Velasco, C. (2021). Getting started with virtual reality for sensory
1125 and consumer science: Current practices and future perspectives. *Food Research International*, 145,
1126 110410.
- 1127 Wang, Q. J., Meyer, R., Waters, S., & Zendle, D. (2020). A dash of virtual milk: Altering product color in virtual
1128 reality influences flavor perception of cold-brew coffee. *Frontiers in Psychology*, 11, 3491.
- 1129 Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1989). *Basic sensory methods for food evaluation*.
1130 IDRC, Ottawa, ON, CA.
- 1131 Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Saari, T., Laarni, J., Ravaja, N., &
1132 Gouveia, F. R. (2007). A process model of the formation of spatial presence experiences. *Media*
1133 *Psychology*, 9(3), 493–525.
- 1134 Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire.
1135 *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.
1136 <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- 1137 Xu, C., Demir-Kaymaz, Y., Hartmann, C., Menozzi, M., & Siegrist, M. (2021). The comparability of consumers’
1138 behavior in virtual reality and real life: A validation study of virtual reality based on a ranking task. *Food*
1139 *Quality and Preference*, 87, 104071.

4.3 Quel est l'impact de l'enrichissement perceptif sur le sentiment de présence : pour une évaluation de produit contextualisée ? (Article 2)

À travers la comparaison de différentes stratégies d'intégration du contexte de consommation à la mesure hédonique, cette article intitulé « *Effect of perceptive enrichment on the efficiency of simulated contexts: Comparing Virtual Reality and Immersive Room settings (Article under-review - FQAP)* », discute de l'impact du mode d'enrichissement perceptif de l'évaluation sur le sentiment de présence, en vue de positionner la capacité immersive de la réalité virtuelle face aux autres dispositifs.

Effect of perceptive enrichment on the efficiency of simulated contexts: Comparing Virtual Reality and Immersive Room settings

Maëlle-Ahou Gouton ^{1,2}, Catherine Dacremont ², Gilles Trystram ¹, David Blumenthal ¹

¹ *Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300 Massy, France.*

² *Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France.*

4.3.1 Highlights

- Scenario projection can maintain product evaluation, but keep immersive weaknesses.
- Virtual reality and immersive room can provide strong immersion close to real-life.
- Immersion in virtual reality outperformed immersive room with outdoor simulation.

4.3.2 Abstract

The conventional consumer tests (CLT, HUT), offer either a high internal or external validity but not both together. In recent years, immersive approaches have been developed to achieve both internal and external validity at the same time, i.e., environments close to real-life consumption settings with controlled variables. Virtual reality is one of the most promising ones.

In this study, we assessed the internal and external validity of two different immersive setups simulating the consumption episode ‘eating a sandwich for lunch in a park’. The two experimental conditions were a context room (N=57) and a VR environment (N=55). We added two control conditions: a real park in summer (N=56) and scenario-only in sensory booths (duplicated condition, N1=59, N2=52). For each condition, four sandwich recipes were evaluated in a between-participants design. One of the recipes was duplicated for a reliability assessment. Participants were thus given five samples presented in a sequential monadic order, evaluated on hedonic criteria. And they closed the experiment with a questionnaire measuring their level of immersion. We hypothesized that the two immersive approaches would achieve a higher immersive capacity than the scenario-only condition and show evaluation performance closer to the real park condition.

37 As expected, the immersive conditions showed good external validity, participants
38 being more immersed and engaged than in sensory booths. However, for internal validity
39 criteria, such as discrimination, control and immersive conditions all obtained high and close
40 results. The product set may have presented overly distinct flavor differences that hindered
41 discrimination among conditions for these criteria.

42

43 **Key words:** Virtual reality, Immersion, Context, Scenario, Park, Sandwich.

44

45 4.3.3 Introduction

46

47 Many studies have shown that context influences food consumption experience
48 (Edwards et al., 2003). To appraise a consumer's hedonic and emotional perceptions, it is
49 therefore important to consider the consumption context (Köster, 2003; Köster & Mojet, 2007).
50 In sensory sciences, the quality of measurements is expressed in terms of internal and external
51 validity (Jaeger & Porcherot, 2017). Internal validity refers to the comparison of different
52 products, and to whether observed differences are truly due to the nature of the products, and
53 not influenced by the experimental conditions. Internal validity is emphasized in the Central
54 Location Test (CLT). By contrast, external validity refers to the ability of an experimental setup
55 to faithfully reproduce reality. It depends on the stimulus presented, the context of evaluation,
56 and the participant's task (Schmuckler, 2001). The Home Use Test (HUT) emphasizes the
57 external validity of a measurement, i.e., its ability to reflect how a consumer feels in real-life
58 consumption conditions. There is therefore a conceptual opposition between the CLT and the
59 HUT, each emphasizing one type of validity at the expense of the other, and so yielding often
60 conflicting results (Delarue & Boutrolle, 2010).

61

62 The contextualization of sensory measurement aims to propose setups that
63 simultaneously offer high levels of both internal and external validity. Various
64 contextualization setups are described in the literature (Porcherot et al., 2018). They range from
65 a simple scenario presented in a conventional sensory booth, to studies in an ecological
66 environment such as an experimental or real restaurant. In recent years, virtual reality (VR)
67 setups have proved promising (Ischer et al., 2014; Persky et al., 2018; Siegrist et al., 2019; Ung
68 et al., 2018) for developing sensory measurements presenting both high internal and high
69 external validity.

70

71 VR enables participants to engage in a sensorimotor activity in a digitally created
72 environment (Fuchs et al., 2006). Comparative studies of immersive setups have underlined the

73 importance of the interactions that occur between the participant and the recreated environment
74 (Bangcuyo et al., 2015; Hathaway & Simons, 2017; Porcherot et al., 2018). Sinesio et al. (2019)
75 conducted a study on beers, comparing several immersive setups that simulated a context of
76 consumption in a pub. They carried out tests (1) in an immersive room, (2) with a 360° video
77 projection, (3) using VR, comparing them with tests in sensory booths and in a real-life situation
78 in a pub. The results of this first large-scale study were similar for VR, the immersive room and
79 the real situation relative to the 360° video and the booth tests. These findings suggest that
80 environments recreated either in immersive rooms (Sester et al., 2013; Sinesio et al., 2018), or
81 by VR (Ischer et al., 2014; Persky et al., 2018; Siegrist et al., 2019; Ung et al., 2018), are
82 promising setups for contextualizing sensory studies. The recent studies of Hannum et al.
83 (2019), Hannum et al. (2020), and Lichters et al. (2021) add to these results in support of
84 contextualization in an immersive room, relative to the conventional booth and the real-life
85 situation, in wine bar, pub, and coffeehouse settings. At the individual level (intra-individual
86 comparisons) immersive rooms seemed to bring evaluations of wines (Hannum et al., 2019;
87 Hannum et al., 2020), beers and cappuccinos (Lichters et al., 2021) closer to those made in real-
88 life settings. However, studies comparing the potential of contextualization setups are still few
89 in number. Until now, setups have been studied as wholes, although their effects may derive
90 from separate factors, such as evocation and perceptive stimulation.

91
92 A context groups a set of variables that describe the physical, social and temporal
93 environment of a consumption act. These variables, which are external to the individual, acquire
94 meaning through the individual's own 'frame of interpretation' determined by their system of
95 beliefs and values, prior experience, level of expertise, physiological and emotional state at the
96 time, and motivations. Bisogni et al. (2007) report that in daily life, external and internal
97 variables do not vary independently, but are organized in specific patterns, termed
98 'consumption episodes'. They correspond to a particular situation where a given type of product
99 is usually consumed to meet a specific need (nutritional, affective, social, etc.) (Bisogni et al.,
100 2007; Blake et al., 2007; Cruwys et al., 2015; Jaeger et al., 2011). Piqueras-Fiszman & Spence
101 (2015) suggest that a consumption episode is a memorized representation of a set of external
102 and internal variables, together with foods that are frequently experienced together, a sort of
103 prototypical situation. The contextualization of sensory tests should aim to reactivate the
104 representation of the consumption episode in participant mind, including the expectations
105 generated by the consumption context. In an immersive situation, the experience a participant
106 has with the product of interest should be close to that in real everyday life. The reactivation of
107 the consumption episode can be induced by a conceptual evocation. This is the scenario method,

108 where a participant imagines a consumption episode from a verbal description of a situation. A
109 consumption episode can also be reactivated by the presentation of a set of perceptive indices
110 congruent with the consumption episode. These are immersive setups in which variables such
111 as place, atmosphere, time of day, social setting, etc. relevant to the consumption episode in
112 question are recreated and presented for the participant. These indices will thus channel the
113 participant toward the closest remembered consumption episode, which will be reactivated.
114 However, the presence of perceptive indices can have an inherent utility: according to Dinh et
115 al. (1999), perceptive enrichment enhances the ‘feeling of presence’.

116

117 Our aim was to study the effect of the perceptive enrichment provided by two setups, a
118 context room (CR) and a virtual reality system (VR), in addition to the effect induced by mere
119 evocation of the consumption episode. Our hypothesis was that the real environment would be
120 more immersive than the sensory booths and that the two immersive setups would be
121 intermediate. The target consumption episode was ‘eating a sandwich in a park in summer
122 during lunch break’. Four sandwich recipes were evaluated in this context, adopting a
123 conventional CLT strategy, i.e., a sequential monadic evaluation of a sample of each product.
124 The two immersive setups tested were compared to two reference situations: (i) a CLT carried
125 out in sensory booths, and (ii) a test carried out in a real park. We note that this was not strictly
126 an HUT, which would have entailed offering a single sandwich to be consumed as a complete
127 lunch in the park. To ensure that the same consumption episode was evoked for all four setups,
128 a scenario was given to the participants in all the experimental conditions at the start of the test
129 – booth included. Consistent with the consumption episode evoked, all the tests took place on
130 a weekday at lunchtime.

131

132 Comparing the environments meant choosing performance criteria beforehand. In
133 studies designed to compare experimental contextualization setups, criteria most often concern
134 product evaluation. Classically, they comprise mean liking scores either absolute values or
135 product ranking, level of product discrimination and intra- or inter-session repeatability
136 (Galiñanes Plaza et al., 2019). We explored these criteria for the experimental setups tested.
137 However, these criteria are indirect measurements of the effect produced by the setup.
138 Accordingly, we measured the direct effect of the setup on the feeling of immersion. In the
139 literature, immersion is a complex concept. Slater & Wilbur (1997) define it as the description
140 of the technology and the extent to which it produces an illusion of reality. Fuchs et al. (2003)
141 add that combined with the interaction, immersion produces a ‘feeling of presence’, of ‘being
142 there’. However, as the concept of immersion is not completely stable, there is still no firm

143 consensus on its measurement, which may be behavioral, physiological or declarative. Among
144 the declarative measurements, there are multiple questionnaire variants, emphasizing the
145 concept of presence and mental representation of the space in the VR literature, and the concept
146 of engagement and situational consistency in the sensory and consumer literature, using a
147 ranging number of items according to the study. In the present study, in an attempt to be as
148 exhaustive as possible, we drew up a questionnaire of 35 items (Appendix 1) selected from the
149 VR and sensory and consumer ‘immersion’ literature (Bangcuyo et al., 2015; Hathaway &
150 Simons, 2017; Hein et al., 2010, 2012; IPQ, 2016; Lusk et al., 2015; O’Brien & Toms, 2010;
151 Sinesio et al., 2019; Slater et al., 1995; Usoh et al., 2000; Witmer & Singer, 1998).

152

153 4.3.4 Material & Methods

154

155 *Participants*

156

157 In all, 279 adult volunteers, aged 18–67 years (median age 30 years, 34% men, 66%
158 women), used to eating sandwiches, were split into five test contexts: Park ($N = 56$), Context
159 Room ($N = 57$), Virtual Reality ($N = 55$) and sensory booths repeated in parallel to the two
160 simulated contexts (Booth 1, $N = 59$; Booth 2, $N = 52$). Each participant first signed a consent
161 form and was acknowledged at the end of the session with a sack lunch.

162

163 *Products*

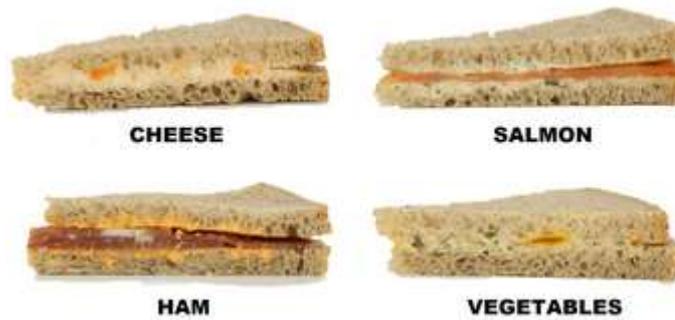
164

165 The products were industrial deep-frozen mini sandwiches. Fillings were goat’s cheese
166 and tomato, cured ham and butter, smoked salmon and lemon, and grilled vegetables and cumin
167 ($\times 2$) (**Figure 1**). They were thawed on the day before the experiment at 4 °C for 24 h according
168 to the manufacturer’s instructions.

169

170 The samples were packed individually, labeled with a three-digit code and placed for
171 each participant in a lunchbox, stored at 14°C until use.

172



173
174 **Figure 1.** Sample sandwiches.
175

176 ***Identification of the consumption episode***
177

178 The consumption episode was built from the responses to prior questions asked in
179 interviews lasting 5–10 min ($N = 15$, naïve subjects): “If I say, ‘sandwich’ what occasion do
180 you think of? Now, if I say, ‘eating a sandwich in a park’, describe the picture you have in
181 mind”. We constructed the scenario and the contexts from these responses (**Table 1**).
182

183 ***Procedure***
184

185 Individual sessions lasting 30 minutes were run (*up to 45 minutes in VR, which were*
186 *longer owing to the oral evaluation and two-stage eating phase*) in the time interval 11 a.m. to
187 2 p.m. to correspond to the consumption episode evoked. The participants first entered a waiting
188 room where they read the instructions and the scenario evoking the consumption episode ‘eating
189 a sandwich in a park’.
190

191 The participant then entered the test context (Park, Context Room, Virtual Reality or
192 Booth) to evaluate the samples: four recipes, one of which was duplicated (grilled vegetables
193 and cumin) to evaluate intra-session repeatability. The five samples were evaluated in a
194 sequential monadic manner in a Williams latin square, for overall liking on the nine-point
195 hedonic scale of Peryam & Pilgrim (1957) [adopted by Hein et al., (2012), Jaeger et al., (2017),
196 Hathaway & Simons, (2017), Sinesio et al., (2019), and Hannum et al. (2019)]. The participants
197 ended their session with a declarative evaluation of the immersive test environment
198 (Appendix 1): 35-item questionnaire, nine-point scales, based on the questions of Witmer &
199 Singer, (1998), O’Brien & Toms (2010), and Hein et al. (2010) [adopted by Hein et al. (2012),
200 Lusk et al. (2015), Hathaway & Simons (2017), and Sinesio et al. (2019)].
201

202 **Table 1.** Condition of presentation of the consumption episode.

SCENARIO <i>(common)</i>	<p>“Great weather today! It’s near midday, you’re getting hungry, and you feel you need a break. You decide to go to fetch a sandwich, and you enjoy half an hour in a park, sitting on a bench facing the greenery, eating quickly while enjoying landscape...”</p>			
ENVIRONMENT	<p>Park</p> 	<p>Context Room</p> 	<p>Virtual Reality</p> 	<p>Sensory Booths</p>  <p>(x2)</p>
SPECIFIC CONTENT	<p>In the park adjoining the laboratory building, three garden benches are arranged in an arc in the shade of a tree, looking onto greenery.</p> <p>Condition in Dijon, France, in summer (July-August 2019, 24–26 °C)</p>	<p>The same three benches are arranged in an arc on an artificial lawn opposite a large screen onto which is projected a film made in the real park (at the same angle, opposite tall trees whose branches, on which birds are perched, move in the wind). The room is ventilated to give the impression of a breeze matching the movement of the branches. A soundtrack of birdsong is played.</p> <p>Condition in Dijon, France, in summer (July-August 2019, 24–26 °C)</p>	<p>The real park and the three garden benches arranged in an arc are digitally reproduced on Unity® (version LTS 2017.4.28f1). They are viewed with an HTC Vive headset (first version). The same soundtrack of birdsong is played. Synchronization of the virtual position of the middle bench with that of an identical real bench connects the real and virtual worlds by haptic feedback to facilitate the eating experience. A lunchbox is in a synchronized real-virtual location. A Vive tracker is used to follow the position of the glass of water drunk from before and between each sample.</p> <p>The participant arrives in the virtual context with no foreknowledge of the real room, goes directly, with the headset on, to the middle virtual bench, and sits down. This favors interaction and facilitates the ‘departure’ stage (Kim & Biocca, 1997). The sandwich eating phase has two stages: (i) observation of the virtual 3D copy of the product, which is handled with a controller (cf. scan method – Gouton et al., 2021), with optimization of light settings ‘smoothness’ and ‘normalmap’), and (ii) blind eating of the real product placed in the lunchbox. Instructions, questions and responses are all oral.</p> <p>Condition at Massy, France, in winter (January-February 2020, 21–23 °C)</p>	<p>Sensory evaluation booth, white light, temperature 21–26 °C according to the season.</p> <p>Condition duplicated for best comparison with context room and virtual reality despite the change in location.</p> <p>Condition Booth 1 in Dijon, France, in summer, (July-August 2019, 24–26 °C).</p> <p>Condition Booth 2 at Massy, France, in winter (January-February 2020, 21–23 °C)</p>

203

204 **Data processing**

205

206 Product evaluation analysis

207

208 Several hypotheses were tested for the product analysis.

209

210 **H1:** The average hedonic scores, all products combined, are the same irrespective of the
 211 conditions of context presentation.

212

213 **H2:** The products are evaluated in a similar way from one condition of context presentation to
214 another.

215

216 To support or refute these hypotheses, we performed an analysis of variance (ANOVA) on the
217 hedonic scores with the effects of Product, Condition, Subject, Order and all the interactions
218 that could be estimated.

219

$$220 Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{k(j)} + \delta_l + \alpha\beta_{ij} + \alpha\delta_{il} + \beta\delta_{jl} + \alpha\beta\delta_{ijl} + \varepsilon_{ijklm} \text{ (Equation 1)}$$

221

222 α_i : effect of Product $i, i = 1 \dots 5$

223 β_j : effect of Condition $j, j = 1 \dots 5$

224 $\gamma_{k(j)}$: effect of Subject k inside effect of Condition, $k = 1 \dots 59$

225 δ_l : effect of Order $l, l = 1 \dots 5$

226 $\alpha\beta_{ij}$: interaction Product $i \times$ Condition j

227 $\alpha\delta_{il}$: interaction Product $i \times$ Order l

228 $\beta\delta_{jl}$: interaction Condition $j \times$ Order l

229 $\alpha\beta\delta_{ijl}$: interaction Product $i \times$ Condition $j \times$ Order l

230 with $\varepsilon_{ijklm} \xrightarrow{iid} N(0, \sigma^2)$

231

232 If H1 is true, then the effect of Condition will not be significant.

233 If H2 is true, then the interaction Product \times Condition will not be significant.

234

235 **H3:** The products are discriminated in a similar manner, from a hedonic point of view, in each
236 condition of context presentation.

237

238 To support or refute hypothesis H3, we performed an ANOVA for each condition of context
239 presentation on the hedonic scores with the effects of Product, Subject, Order and the
240 interaction Product \times Order.

241

$$242 Y_{iklm} = \mu + \alpha_i + \gamma_k + \delta_l + \alpha\delta_{il} + \varepsilon_{iklm} \text{ (Equation 2)}$$

243

244 α_i : effect of Product $i, i = 1 \dots 5$

245 γ_k : effect of Subject k

246 δ_l : effect of Order $l, l = 1 \dots 5$
247 $\alpha\delta_{il}$: interaction Product $i \times$ Ordre l

248 with $\varepsilon_{iklm} \xrightarrow{iid} N(0, \sigma^2)$

249

250 If H3 is true, then the Fisher statistics observed for the Product effect will be similar from one
251 condition of context presentation to another.

252

253 Engagement and presence analysis

254

255 Several hypotheses were tested for the evaluation of the conditions of context presentation.

256

257 **H4:** There is only one underlying dimension in the questionnaire characterizing the conditions
258 of context presentation.

259 **H5:** Whatever the number of dimensions in the questionnaire, the conditions of context
260 presentation are all evaluated at the same level.

261

262 The data analysis comprised two phases:

263 1. An exploratory phase to identify the number of underlying dimensions in the engagement
264 and presence variables. This phase was carried out by classification of variables under
265 JMP15®. It was completed with a principal component analysis (PCA) on the scores of
266 these dimensions for all the participants (H4).

267 2. The scores of the observations on the new variables derived from the classification then
268 underwent an ANOVA (H5). Each Condition was then compared with the reference, Park,
269 using a Dunnett test.

270

271 $\text{Scores}_{jm} = \mu + \beta_j + \varepsilon_{jm}$ (**Equation 3**)

272

273 β_j : effect of Condition $j, j = 1 \dots 5$

274 with $\varepsilon_{jm} \xrightarrow{iid} N(0, \sigma^2)$

275

276 4.3.5 Results

277

278 **Product evaluation results**

279

280 The terms of the ANOVA (**Equation 1**) were all non-significant (**Table 2**). The model
281 was simplified by removing the non-significant terms one by one, starting with the interactions.

282

283 **Table 2.** Effect tests for Equation 1 before model simplification.

Source	DF	Sum of squares	F ratio	Prob > F
PRODUCT	4	386.5702	33.4315	<.0001
CONDITION	4	41.9396	3.6270	0.0061
ORDER	4	4.6323	0.4006	0.8083
SUBJECT[CONDITION]	274	1689.7299	2.1333	<.0001
PRODUCT*CONDITION	16	44.7371	0.9672	0.4909
PRODUCT*ORDER	16	37.5902	0.8127	0.6720
CONDITION*ORDER	16	67.0174	1.4490	0.1117
PRODUCT*CONDITION*ORDER	64	158.7408	0.8580	0.7783

284

285 The duplicated presence of vegetable sandwiches in the same groups of *post hoc*
286 significance of the interaction Condition × Product in this five-factor ANOVA (**Table 3**)
287 confirmed the good repeatability of the participants in the evaluation of the overall liking of our
288 products, and attested to an equivalent level between the different test conditions.

289

290 For the final model, only the effects of Product, Condition and Subject were significant
291 (**Table 4**).

292

293 H1 is thus refuted because the effect of Condition was significant. The significance of
294 the test comes from the difference in the means of the hedonic scores between Context Room
295 and Booths at Massy (Scenario Booth M). However, no Condition had a mean significantly
296 different from that of Park (**Figure 2**).

297

298 **Table 3.** HSD Tukey’s connection letters of interaction Product*Condition – overall liking,
 299 highlighting repeatability of vegetable sandwich evaluation (5%).

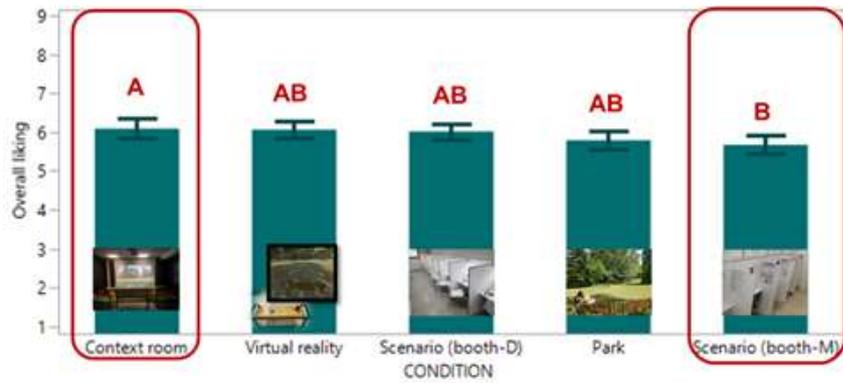
PRODUCT	CONDITION	HSD Tukey				Least squares mean
Cheese	Context Room	A	B	C		6.43
Ham	Context Room	A	B	C		6.42
Salmon	Context Room	A				6.79
Vegetables1	Context Room			C	D	5.31
Vegetables2	Context Room		B	C	D	5.56
Cheese	Park	A	B	C	D	5.75
Ham	Park			C	D	5.39
Salmon	Park	A				6.83
Vegetables1	Park			C	D	5.25
Vegetables2	Park		B	C	D	5.58
Cheese	Scenario (Booth D)	A	B	C		6.35
Ham	Scenario (Booth D)	A	B	C		6.31
Salmon	Scenario (Booth D)	A	B			6.65
Vegetables1	Scenario (Booth D)			C	D	5.46
Vegetables2	Scenario (Booth D)			C	D	5.36
Cheese	Scenario (Booth M)	A	B	C	D	5.80
Ham	Scenario (Booth M)	A	B	C	D	5.90
Salmon	Scenario (Booth M)	A	B			6.70
Vegetables1	Scenario (Booth M)				D	5.00
Vegetables2	Scenario (Booth M)				D	4.93
Cheese	Virtual Reality	A	B	C	D	6.07
Ham	Virtual Reality	A	B	C		6.35
Salmon	Virtual Reality	A				6.85
Vegetables1	Virtual Reality		B	C	D	5.53
Vegetables2	Virtual Reality		B	C	D	5.55

300

301 **Table 4.** Effect tests for Equation 1 after model simplification.

Source	DF	Sum of squares	F ratio	Prob > F
PRODUCT	4	392.5101	34.1858	<.0001
CONDITION	4	41.0363	3.5741	0.0066
SUBJECT[CONDITION]	274	1759.3851	2.2370	<.0001

302



303

304 **Figure 2.** Comparison of means by Condition, all products combined (Tukey test 5%).

305

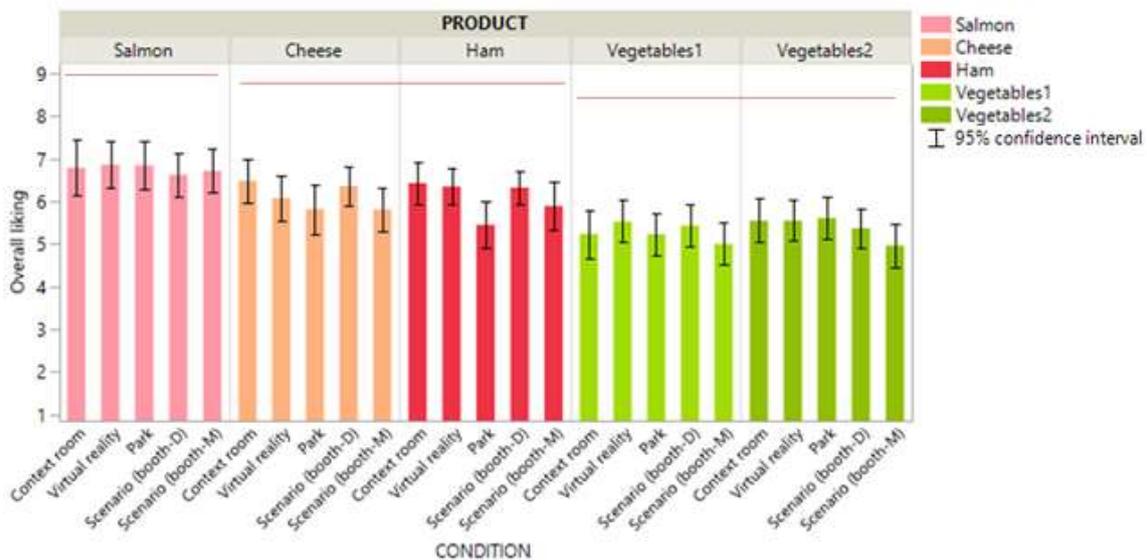
306 H2 is supported because the interaction Product × Condition was not significant.

307 There were no significant differences between the means of the hedonic evaluations of the
 308 same sandwich in different conditions of context presentation (**Table 4**).

309

310 Concerning the evaluation of the products themselves, the salmon sandwich was the
 311 most liked, followed by the cheese and ham sandwiches (no significant difference), and then
 312 the repeated vegetable sandwich (duplicate) (**Figure 3**).

313



314

315 **Figure 3.** Comparison of mean sandwich liking by Condition (Tukey test 5% on sandwiches).

316

317 The discrepancies between the conditions of context presentation (Condition effect: F
 318 = 3.63, $p = 0.0061$ before clean-up of model vs. $F = 3.57$, $p = 0.0066$ after clean-up), and their
 319 strength of interaction with product evaluation (interaction Product*Condition: $F = 0.97$, $p =$
 320 0.4909 = NS), were low relative to the strength of discrimination among the products
 321 themselves (Product effect: $F = 33.43$, $p < 0.0001$ before clean-up vs. $F = 34.19$, $p < 0.0001$

322 after clean-up). This difference in weight between discrimination among products and
 323 discrimination among conditions of context presentation shows ease of identifying the products
 324 in all the conditions, probably owing to their distinct flavors. Smaller perceptive differences in
 325 the product set might conceivably have yielded different results. For example, a set of more
 326 similar flavors, such as several salmon sandwich recipes, might have given more weight to the
 327 discrimination among conditions of context presentation.

328

329 As regards product discriminatory power, we examined the F values for the Product
 330 effects of individual ANOVA by Condition (**Equation 2** and **Table 5**).

331

332 **Table 5.** F -Ratio by source of individual ANOVA by Condition, before and after clean-up of
 333 the models.

	1-Before	2-After
Context Room		
ORDER	0.78	
PRODUCT	7.44	7.83
PRODUCT*ORDER	0.73	
SUBJECT	2.84	3.08
Park		
ORDER	2.65	2.61
PRODUCT	6.34	6.52
PRODUCT*ORDER	0.69	
SUBJECT	1.64	1.75
Scenario (Booth D)		
ORDER	1.39	
PRODUCT	8.56	8.39
PRODUCT*ORDER	1.20	
SUBJECT	2.77	2.73
Scenario (Booth M)		
ORDER	0.56	
PRODUCT	9.02	9.36
PRODUCT*ORDER	0.61	
SUBJECT	1.80	1.90
Virtual Reality		
ORDER	0.65	
PRODUCT	6.02	6.02
PRODUCT*ORDER	1.15	
SUBJECT	1.84	1.84

334

335 First, we note that these different F values share the same order of magnitude (**Table 3**)
 336 and represent a product discrimination of the same order irrespective of the participants' test
 337 environment, which supports H3. Given the small number of products evaluated, it would have

338 been difficult to find large differences between these F values. However, we were interested in
 339 their dynamics relative to our reference environment through the ratio of F value of the different
 340 conditions to the F value of the real park (**Table 6**).

341
 342 The important question is whether what is wanted is (i) the best possible discrimination,
 343 or (ii) discrimination closest to the real situation. In the first case, the dynamics of the scenario
 344 (Booth M) condition would argue for neutral environments, whereas in the second case, the
 345 dynamics of the VR condition support simulated environments. Neutral environments do allow
 346 a stronger discrimination among products, but simulated environments come closest to the level
 347 of discrimination obtained in a real environment.

348
 349 **Table 6.** Product F -ratio per Condition from individual ANOVA after clean-up of the models,
 350 and relation to Product in Park F -ratio.

	F ratio Product	F Condition / F Park
Virtual Reality	6.02	0.92
Park	6.52	1
Context Room	7.83	1.20
Scenario (Booth D)	8.39	1.29
Scenario (Booth M)	9.36	1.44

351
 352 **Environment and presence results**

353
 354 *Underlying dimensions of questionnaire*

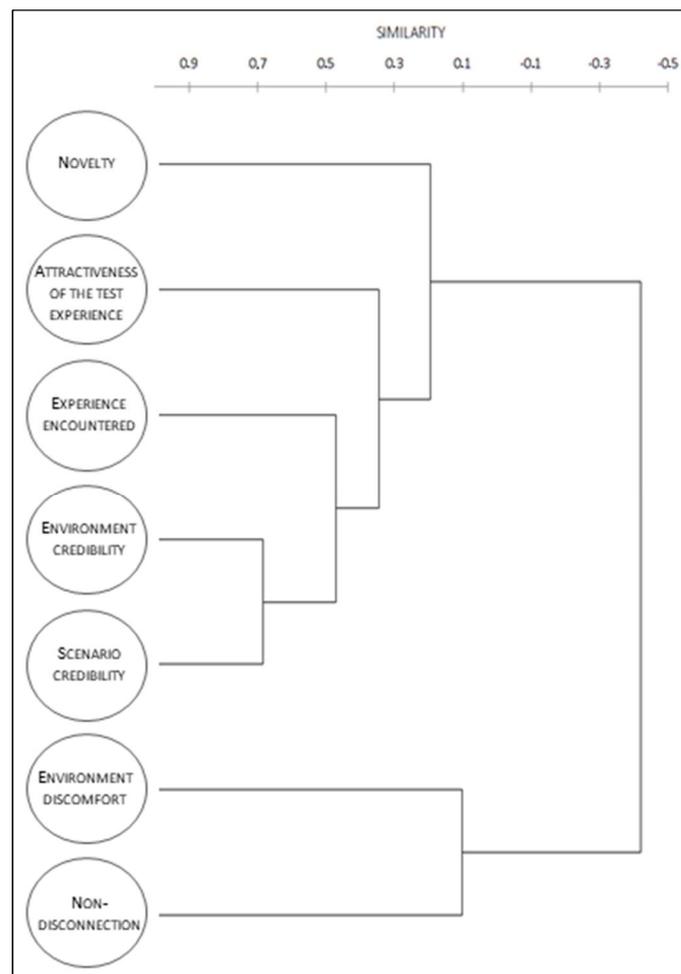
355
 356 After classification of variables in the questionnaire, seven underlying dimensions were
 357 identified:

- 358 1. Credibility of the environment (Q09, Q18, Q19, Q20, Q21, Q22, Q23, Q29, Q30, Q31)
- 359 2. Credibility of the scenario (Q01, Q02, Q06, Q07, Q08, Q16, Q17)
- 360 3. Attractiveness of the test experience (Q03, Q04, Q05, Q10, Q11)
- 361 4. Environment discomfort (Q15, Q25, Q26, Q27, Q35)
- 362 5. Non-disconnection/ connection-awareness (Q14, Q28)
- 363 6. Novelty (Q12, Q24)
- 364 7. Experience encountered (Q13, Q32, Q33, Q34) (**Appendix 1**).

365
 366 Interestingly, the question numbers in each cluster show that these seven dimensions
 367 were evenly distributed in the questionnaire, ruling out a halo effect, and attesting to a high
 368 concentration of the participants right through to the end of the questionnaire.

369

370 Looking now at the proximity of our seven dimensions (**Figure 4**), we observe a first
371 clear separation between attractiveness of the setup (positive feeling, represented by five
372 dimensions) and discomfort liable to disturb the task (represented by two dimensions). Lastly,
373 a final separation between the two dimensions ‘credibility of the environment’ and ‘credibility
374 of the scenario’ shows their proximity. These were also the clusters that best discriminated the
375 conditions (F conditions ‘credibility of the environment’ = 55.80, $p = 0.0001$, F conditions
376 ‘credibility of the scenario’ = 17.69, $p = 0.0001$, **Table 7**).
377



378

379 **Figure 4.** Similarity of underlying dimensions in questionnaire.

380

381 *Discrimination of environments*

382

383 The differentiation of the conditions of context presentation was not at the same level
384 according to the dimension considered in the questionnaire (**Table 7**), refuting our hypothesis
385 H5. For example, the differences between the conditions context of presentation were very

386 marked for the dimension ‘Environment credibility’ but very small for ‘Environment
387 discomfort’.

388

389 Although the participants in each condition were different, it is interesting to observe
390 that the real environment (Park) was the most credible one (**Figure 5**), highlighting the power
391 and sensitivity of the questionnaire.

392

393 **Table 7.** Results of ANOVA for all the dimensions.

Y	Source	DF	Sum of squares	F ratio	Prob > F
Environment credibility	CONDITION	4	709.21	55.80	0.0001
Scenario credibility	CONDITION	4	225.47	17.69	0.0001
Attractiveness of the test experience	CONDITION	4	39.84	4.43	0.0018
Environment discomfort	CONDITION	4	22.30	2.98	0.0196
Connection – awareness	CONDITION	4	37.49	8.52	0.0001
Novelty	CONDITION	4	22.69	5.65	0.0002
Experience encountered	CONDITION	4	52.64	7.05	0.0001

394

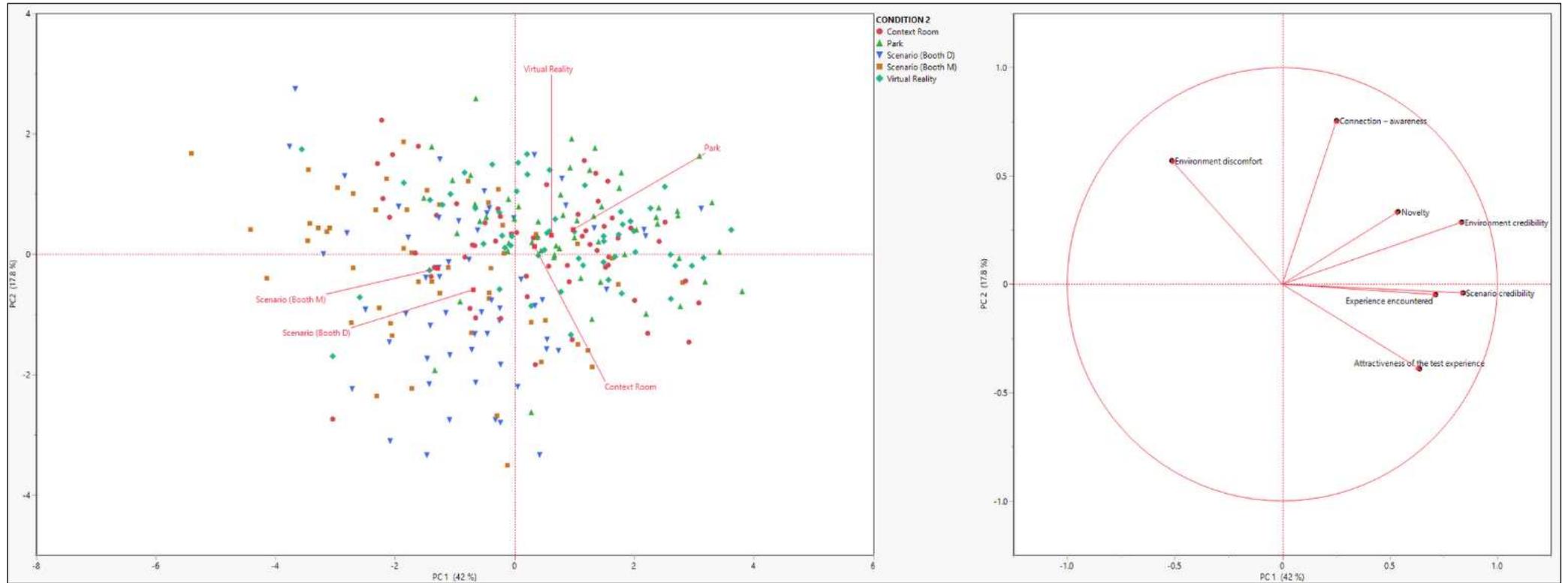
395 Because experimental design varied the condition in which the location of the evoked
396 consumption episode was presented, it is hardly surprising that the dimension ‘credibility of the
397 environment’ ($F = 55.8$) ranked first for discriminating the conditions. However, as regards
398 scenario, all five conditions were accompanied by the same scenario. The second place of the
399 dimension ‘credibility of the scenario’ ($F = 17.7$) in the discrimination of conditions thus
400 reveals an influence of the environment on the credibility of the scenario.

401

402 For the dimensions that best discriminated our test environments, namely ‘credibility of
403 the environment’ and ‘credibility of the scenario’, Virtual Reality came closest to the Park
404 condition, followed by the Context Room (**Figure 6**).

405

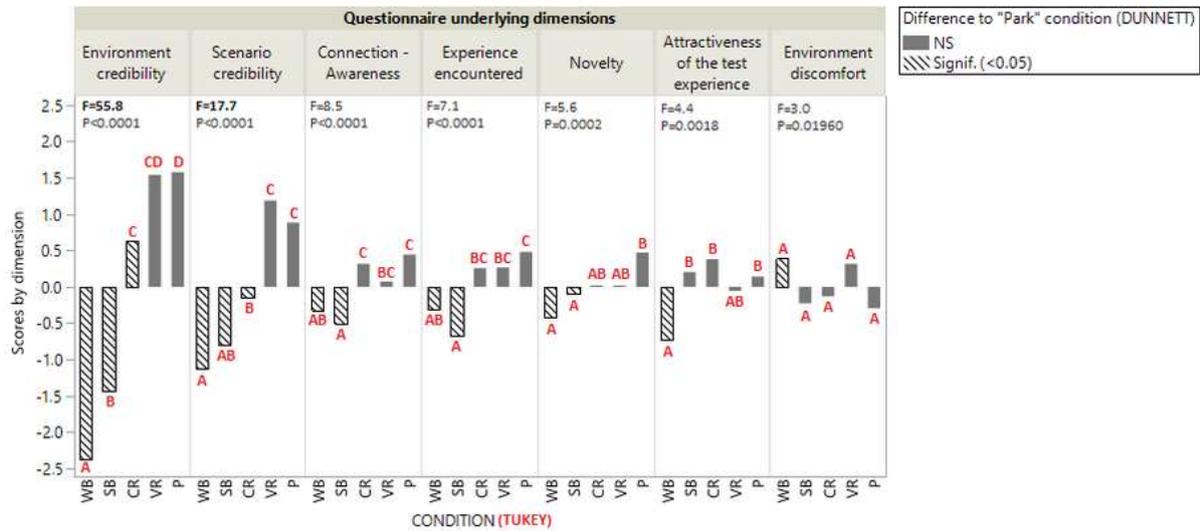
406



407

408

Figure 5. PCA of the scores of all participants in the seven dimensions.



409

410 **Figure 6.** Condition effect (ANOVA, Tukey, Dunnett) on scores by dimension, per
 411 questionnaire underlying dimension (*WB = Winter Booth, SB = Summer Booth, CR = Context*
 412 *Room, VR = Virtual Reality, P = Park*).

413

414 This first finding attests to the credibility of the simulated environments and their
 415 support for immersion in the evoked scenario, with nevertheless some discrepancies between
 416 virtual reality and context room. This difference might be explained by the type of context
 417 studied. It may be easier with virtual reality to give an impression of open space for an outdoor
 418 context (park, green spaces), than with a context room where walls remain perceptible and may
 419 limit the immersion.

420

421 For the dimensions ‘connection – awareness of the environment’ and ‘experience
 422 encountered’, the two simulated environments (context room and virtual reality) came close to
 423 the real environment, whereas the neutral environments (scenario-only in a booth) differed
 424 significantly from the park.

425

426 Though close to the park in the dimension ‘connection – awareness of the environment’,
 427 the central position of virtual reality, not significantly different from the other four conditions,
 428 point to an ambiguity reported by the participants in session feedback. The existence in the
 429 virtual immersion process of successive phases of ‘departure’ from the real world and of
 430 ‘arrival’ in the virtual one (Kim & Biocca, 1997), could explain the central position of the
 431 virtual reality, biased by the ambiguity of the questions asked on connection to the environment
 432 and awareness of surrounding items, which could refer to either forgetting reality or acting in
 433 the virtual world (“*Q14. How aware were you of the events in the real world around you*
 434 *(sounds, ambient temperature, other persons, etc.)?*”) and “*Q28. How disconnected were you*
 435 *from the test environment?*”).

436 The booths ranked last for overall immersive capacity, distinct from the real park, with
437 equivalent levels. There were nonetheless some nuances on the credibility of the environment
438 and the attractiveness of the test experience, where a discrepancy appeared, marking off the
439 booth at Massy (winter), possibly because the projection was out of season (so less credible,
440 less appealing).

441
442 Besides these dimensions, making a deeper unidimensional analysis of the questionnaire
443 items, it was surprising to find, for olfactive engagement, a stronger demarcation of the
444 stimulated environments (VR and Context Room – both odorless) from the park, compared with
445 the booths. The absence of odor seemed to have more weight in an already perceptively
446 enriched environment than in one not enriched, as an attentional focus on missing items
447 (*individual ANOVA “Q24. How much did the olfactive aspects of the test environment engage*
448 *you?”: $F = 5.5, p < 0.000$*).

449
450 Different levels of sensitivity of the VR setup were also observed. For most of the
451 participants (67%) no negative effect was reported. For the others, negative effects ranged from
452 simple discomfort (24% – visual discomfort, uncomfortable headset, or disturbance from the
453 interaction with the product and the glass of water) to dizziness or headaches (9%).

454

455 4.3.6 Discussion

456

457 *PRODUCT EVALUATION*

458

459 Irrespective of the experimental conditions, the mean scores of the products, their
460 ranking, repeatability and the discriminatory power of the group of participants, were of the
461 same order as in the real environment (park). Performance in simulated environments (virtual
462 reality and context room) was thus no different from that with a scenario in a booth as regards
463 liking. The initial hypothesis was therefore not supported. The perceptive enrichment proposed
464 by the immersive setups did not increase the validity of the measurement, which was already
465 very high as shown by the level of intra-session repeatability (duplicated sample) in all the
466 conditions, and the reproducibility between the groups of participants in the booths.

467

468 Comparisons between sensory booths (CLT) and real-life situation (HUT) generally
469 show discrepancies in product evaluation (Delarue & Boutrolle, 2010). Our study found no such
470 discrepancy. This can be partly explained by a ceiling effect: the liking of the test sandwiches
471 ranged very widely. As reported by other authors (Delarue et al., 2019), the amplitude of the

472 differences in the product space is a key factor in comparing the experimental setups. The
473 product space may thus have been too large in terms of sensations and/or liking, alongside the
474 modulations induced by the immersion. In addition, it must be emphasized that in the studies
475 reported in the literature, the booth condition does not generally include the presentation of a
476 scenario. It may thus be that the scenario ‘lunchbreak sandwich in a park in summer’ presented
477 systematically, including in booths, increased external validity in all the conditions and helped
478 reduce the discrepancies usually observed. Also, our real-life situation did not fully correspond
479 to the classical HUT: the participant had several samples to evaluate instead of consuming a
480 whole sandwich as a meal before evaluating it. Here too, the experimental setup may have
481 helped diminish the difference from the booth condition.

482

483 Our study showed no significant difference between booths (CLT) and immersive
484 environments for average liking of the products, liking pattern or repeatability. Two studies
485 conducted respectively on coffees and cookies (Bangcuayo et al., 2015; Hathaway & Simons,
486 2017) showed overall higher liking scores in the contextual environment (immersive room with
487 projection of a coffee-house scene and cookie-making at home, respectively). The authors
488 explain the evaluation discrepancy by the fact that the environment in an immersive room was
489 preferred to that of a booth, which would induce a higher liking score for the products through
490 a halo effect. However, in these studies, the booth condition had been set up without a scenario,
491 so without evocation of a particular consumption episode. As underlined by Lichters et al.
492 (2021), in conventional CLT (without contextualization by a scenario) consumers can have
493 different consumption episodes in mind when they evaluate a product. Episodes may thus differ
494 from one consumer to another and may differ from that evoked by contextualization in
495 immersive setups. The results of Hannum et al. (2019) for wines evaluated in a real wine bar,
496 immersion, or non-contextualized booth, support this view. The authors report that for intention
497 to order wines in a ‘wine bar - restaurant’, the participants discriminated among the wines and
498 desired them more when immersed in a ‘wine bar’ context, whereas they reported no significant
499 difference when the evaluation was carried out in a booth. We can assume that the differences
500 observed in immersion derive from a closer agreement among the participants, who can easily
501 refer to the same consumption episode when they are immersed in a bar. In a booth, the
502 participants may have more difficulty imagining a consumption episode in a bar or else can
503 imagine various occasions included in the ‘bar-restaurant’ category. When asked if they would
504 purchase the same wine to drink at home, wines were not discriminated either in a booth or in
505 an immersive situation. As the question did not refer to a consumption episode linked to the
506 context evoked, being consumption in the private sphere, the environment did not guide the

507 participants toward one consumption episode rather than another. It may thus be that the
508 discrepancy observed between CLT and immersive conditions comes from consumption
509 episodes imagined by the participants. These will be more heterogeneous in a booth where no
510 clue is given, than in an immersive situation where the environment points to a more specific
511 situation. Our results are consistent with this hypothesis. The scenario presented at the start of
512 the session in each experimental condition led the participants to evoke the same consumption
513 episode in all the conditions. Because the scenario described a very precise episode, it probably
514 left little room for inter-individual variations.

515

516 Overall, and irrespective of the condition of context presentation, highly significant
517 differences were observed between samples. However, comparison of levels of discrimination
518 between experimental conditions showed a slightly higher discrimination in booths than in the
519 other conditions. This result was expected, since the booth condition is deliberately designed to
520 optimize the internal validity of measurements, of which discriminatory power is one. This
521 highlights that a higher discriminatory power does not necessarily mean a better external
522 validity. As underlined by Jaeger & Porcherot (2017), differences in discrimination between
523 CLT and immersive environments are not systematic. The literature shows conflicting results
524 on this point. Bangcuyo et al. (2015) and Hathaway & Simons (2017) observed a higher
525 discrimination in an immersive situation than in booths (CLT). By contrast, Andersen et al.
526 (2019) found no difference in discrimination for liking of sun cream odors between booths
527 (CLT) and a 'beach' context given by either a photograph or a VR-360 setup. Even so, the
528 immersion was effective, as the desire for cold *vs.* hot drinks was more marked in the 'beach'
529 context than in the booths. Lastly, Sinesio et al. (2018) observed that for perceived vegetable
530 freshness, conventional booths produced greater discrimination than an immersive room
531 (garden-patio environment). For Sinesio et al. (2019) the link between discrimination and
532 immersion may depend on the product category and the context evoked. However, the
533 underlying mechanism is unclear. A first explanation may lie in the nature of the products.
534 Lichters et al. (2021) suggest that the weight of the context may depend on how well the product
535 is anchored in the consumption episode. Thus De Graaf et al. (2005) report context-stable liking
536 (sensory laboratory *vs.* army field study) of sweet snacks, whereas familiar meals were more
537 context-sensitive. Product versatility (Cardello & Schutz, 1996) is a key characteristic. It may
538 modulate the impact of the context according to the perceived congruence between product and
539 context (Dacremont & Sester, 2019). For versatile products like snacks, practically all contexts
540 are perceived as appropriate, sensory booth included, whereas for meals, which are less
541 versatile, the booth condition may be perceived as non-congruent. Another possible explanation

542 may lie in the nature of the task required of the participants during the test and its degree of
543 ecological validity (Galiñanes-Plaza, 2019). The attention paid to a product can thus vary
544 widely according to the consumption episode considered. It can be central, like when a beer is
545 being drunk in a beer cellar, or largely secondary, such as when the beer is drunk watching a
546 match with friends. The task required of the participants in CLT, through drawing attention to
547 the product, may thus come closer to what a consumer experiences in the first situation than in
548 the second. All these factors indicate that the link between discriminatory power and external
549 validity is complex and needs more thorough study. They argue for pursuing the exploration of
550 immersive setups as simulators of real-life situations with indices other than evaluation
551 performance measurements. For example, Lichters et al. (2021) considered the consumer
552 segmentation revealed in different contexts for beers and cappuccinos. They highlighted a
553 closer similarity between simulated and real environments, compared with the booth condition
554 (CLT).

555

556 *IMMERSIVE CAPACITY*

557

558 For the immersive capacity of the simulated environments: a context room and a virtual
559 reality system, our hypothesis was supported. As expected, overall, the immersive capacity of
560 the simulated environments lay between the immersive capacity of the conventional booth with
561 scenario and that of a real-life environment. Even so, simulated environments came closer to
562 the latter than to the former. These results are in line with those reported in the literature [Sinesio
563 et al. (2019) for beers in a bar context; Bangcuayo et al. (2015) for coffees in a coffeehouse
564 context; Hathaway & Simons (2017) for cookies in a kitchen context; Lichters et al. (2021) for
565 beers and cappuccinos in bar and coffeehouse contexts, respectively]. In these studies,
566 conventional sensory rooms had a lower immersive capacity than simulated environments as
567 measured by self-administered questionnaires, derived from Witmer & Singer's presence
568 questionnaire (Witmer & Singer, 1998) and O'Brien & Toms' engagement questionnaire
569 (O'Brien & Toms, 2010).

570

571 Simulated environments have immersive capacities close to real-life environments. This
572 is in line with Sinesio et al. (2019) (equivalent to the real situation) and Lichters et al. (2021)
573 (slightly lower than in real conditions). In the present study, the VR setup especially led to a
574 'feeling of presence' close to the real-life environment, closer than the context room. This
575 finding could be context-dependent. For our depicted outdoor environment, the VR setup may
576 help build the illusion of an open landscape. The eye-screen proximity of the head-mounted

577 display helps the participant forget the technology responsible for perceptual stimulation
578 ('illusion of non-mediation' – Lombard et al., 2000). Also, whatever the gaze direction, no limit
579 to the environment is detected. The theatrical strategy of the context room, with a dim light and
580 black walls, draws attention to the represented scene and blurs its limits. However, these limits
581 do remain perceptible. The illusion can be disturbed when a participant looks away from the
582 screen or even by elements within their peripheral field of vision. This limit could be less
583 problematic for indoor than for outdoor environments. For instance, in a bar environment,
584 Sinesio et al. (2019) found that the context room was more efficient than a 3D-VR setup.
585 However, as stated by the authors themselves, the way the social environment was simulated
586 and the difficulty of including an avatar in VR may also account for this result.

587

588 Overall, the hypothesis concerning the impact of perceptive enrichment was supported.
589 According to Dinh et al. (1999) perceptive enrichment increases feeling of presence. Giving
590 participants more perceptual cues is thus likely to increase the immersive power of the setup,
591 leading to a stronger feeling of presence, although less desirable effects may occur, such as
592 potential deviations of attentional focus on the perceptual dimension.

593

594 Comparison between immersive setups is complex. The ultimate goal of an immersive
595 setup is to cause participants to experience a 'feeling of presence'. The expected differences
596 between setups are subtle and may affect only one or another of the presence dimensions. Inter-
597 individual differences are also to be considered. For instance, participants prone to simulator
598 sickness may experience a very different pattern of immersion efficiency from other
599 participants because simulator sickness negatively affects the feeling of presence (Witmer &
600 Singer, 1998). In the same line, Sinesio et al. (2018) reported divergent opinion on the
601 distraction dimension for their immersive setup. Participants may be variably sensitive to
602 perceptual stimulation originating from the environment and this may then differently affect
603 the attention they pay to the tested products. Finally, as previously stated, setup efficiency may
604 depend on the consumption episode. For instance, Hathaway & Simons (2017) pointed out that
605 the distraction brought about by the immersive setup was different in the coffee-house and
606 kitchen environments for the evaluation of coffee and cookies, respectively.

607

608 There are relatively few studies reporting immersive assessments of immersive setups,
609 and the number of items used to assess immersion ranges from 4 to 21. Moreover, comparison
610 across studies is difficult, as explored dimensions are not systematically the same from one
611 study to another, and when they are the same, are sometimes assessed with different items. To

612 gain a better understanding of the immersive processes in play and how setups modulate product
613 experience and their evaluation, there is a need for a validated questionnaire, specifically
614 adapted to consumer studies. This would require a clarification of the immersion, presence, and
615 engagement concepts and how they interact. One challenge is to develop questionnaires adapted
616 to any kind of experimental setup to enable ready comparison. Meanwhile, information on how
617 participants get acquainted with each specific device are also crucial, as this process is central
618 in any immersive experience (Auvray, 2004).

619

620 4.3.7 Conclusion

621

622 Evoking a consumption episode by a scenario presented in a booth has limited
623 immersive capacity. The perceptive enrichment provided by recreated or real environments
624 improves not only the credibility of the environment, as expected, but also the credibility of the
625 evoked consumption episode. The enhanced immersive capacity of our simulated environments
626 had little impact on product evaluation. Performance in terms of repeatability and
627 discrimination was very high, irrespective of the experimental setup. This result may be due to
628 a ceiling effect. Overlarge differences in the product set make differences in evaluation between
629 setups harder to evidence. Overall, the simulated environments presented a good level of
630 internal validity and a strong potential to attain the external validity aimed for. The perceptive
631 enrichment of the environment seems to be an important factor in reaching this objective.

632

633 Evaluating the effectiveness and utility of an immersive setup calls on a number of
634 criteria. A first one is the ratio of the expected differences between the various products of
635 interest to the modulations that the context is liable to induce. This is difficult to assess because
636 the differences are not necessarily known beforehand. A second one concerns the nature of the
637 consumption episode and its relevance to the type of product to be evaluated. This concerns
638 both the products and the setups. A product of interest can be anchored to ranging degrees in a
639 consumption episode, and so be perceived as variably congruent with the environment,
640 ultimately affecting its perception. The setup can also simulate important aspects of the chosen
641 consumption episode with ranging degrees of effectiveness. VR allows a strong interaction
642 with the simulated environment and so is advantageous for situations in which action is an
643 integral part of the situation. Conversely, it can be less effective when the technology imposes
644 limits as in the case of avatars to simulate a social environment. A last criterion concerns the
645 right dimensions to assess the immersive capacity of a setup and the complex relations linking
646 the steps in the immersion process with the feeling of presence in the environment and

647 engagement in the task. On these methodological points, we still lack the perspective needed
648 to fully describe and compare different immersive setups.

649

650 4.3.8 Acknowledgments

651

652 The authors thank: Zouheir Quarjouane and Léa Barbesange for their involvement in
653 experimental design and data collection ; Francine Griffon, Pascale Reichl, Anne Regourd,
654 Priscilla Adei Ashie-Nikoi for their involvement in logistics and data collection ; Jean-Marie
655 Thomas for VR design and experimental configurations ; the research teams CEP (CSGA
656 Dijon) and HAP/IHAC (Sayfood Massy) ; All participants ; The **Carnot Qualiment Funding**.

657

658 4.3.9 References

659

- 660 Andersen, I. N. S. K., Kraus, A. A., Ritz, C., & Bredie, W. L. P. (2019). Desires for beverages and liking of skin
661 care product odors in imaginative and immersive virtual reality beach contexts. *Special Issue on "Virtual
662 Reality and Food: Applications in Sensory and Consumer Science"*, 117, 10–18.
663 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.027>
- 664 Auvray, M. (2004). *Immersion et perception spatiale: L'exemple des dispositifs de substitution sensorielle* [PhD
665 Thesis]. Atelier national de Reproduction des Thèses.
- 666 Banguayo, R. G., Smith, K. J., Zumach, J. L., Pierce, A. M., Guttman, G. A., & Simons, C. T. (2015). The use of
667 immersive technologies to improve consumer testing: The role of ecological validity, context and
668 engagement in evaluating coffee. *Food Quality and Preference*, 41, 84–95.
669 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.017>
- 670 Bisogni, C. A., Falk, L. W., Madore, E., Blake, C. E., Jastran, M., Sobal, J., & Devine, C. M. (2007). Dimensions
671 of everyday eating and drinking episodes. *Appetite*, 48(2), 218–231.
672 <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.09.004>
- 673 Blake, C. E., Bisogni, C. A., Sobal, J., Devine, C. M., & Jastran, M. (2007). Classifying foods in contexts: How
674 adults categorize foods for different eating settings. *Appetite*, 49(2), 500–510.
675 <https://doi.org/10.1016/j.appet.2007.03.009>
- 676 Cardello, A. V., & Schutz, H. G. (1996). Food appropriateness measures as an adjunct to consumer
677 preference/acceptability evaluation. *Second Rose Marie Pangborn Memorial Symposium*, 7(3), 239–249.
678 [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(96\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(96)00012-2)
- 679 Cruwys, T., Bevelander, K. E., & Hermans, R. C. J. (2015). Social modeling of eating: A review of when and why
680 social influence affects food intake and choice. *Social Influences on Eating*, 86, 3–18.
681 <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.08.035>
- 682 Dacremont, C., & Sester, C. (2019). Context in food behavior and product experience – a review. *Current Opinion
683 in Food Science*, 27, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.007>
- 684 De Graaf, C., Cardello, A. V., Matthew Kramer, F., Leshner, L. L., Meiselman, H. L., & Schutz, H. G. (2005). A
685 comparison between liking ratings obtained under laboratory and field conditions: The role of choice.
686 *Appetite*, 44(1), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2003.06.002>
- 687 Delarue, J., & Boutrolle, I. (2010). 8—The effects of context on liking: Implications for hedonic measurements in
688 new product development. In S. R. Jaeger & H. MacFie (Eds.), *Consumer-Driven Innovation in Food
689 and Personal Care Products* (pp. 175–218). Woodhead Publishing.
690 <https://doi.org/10.1533/9781845699970.2.175>
- 691 Delarue, J., Brasset, A.-C., Jarrot, F., & Abiven, F. (2019). Taking control of product testing context thanks to a
692 multi-sensory immersive room. A case study on alcohol-free beer. *Food Quality and Preference*, 75, 78–
693 86. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.02.012>

- 694 Dinh, H. Q., Walker, N., Hodges, L. F., Chang Song, & Kobayashi, A. (1999). Evaluating the importance of multi-
695 sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. *Proceedings IEEE Virtual*
696 *Reality (Cat. No. 99CB36316)*, 222–228. <https://doi.org/10.1109/VR.1999.756955>
- 697 Edwards, J. S. A., Meiselman, H. L., Edwards, A., & Leshner, L. (2003). The influence of eating location on the
698 acceptability of identically prepared foods. *Food Quality and Preference*, 14(8), 647–652.
699 [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00189-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00189-1)
- 700 Fuchs, P., Moreau, G., & Berthoz, A. (2003). *Le traité de la réalité virtuelle (Vol. 2, Création des environnements*
701 *virtuels & applications)*. Les Presses de l'École des Mines.
- 702 Fuchs, P., Moreau, G., & Burkhardt, J.-M. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle Volume 2-L'interfaçage:*
703 *L'immersion et l'interaction en environnement virtuel*. Presse des Mines.
- 704 Galiñanes Plaza, A., Delarue, J., & Saulais, L. (2019). The pursuit of ecological validity through contextual
705 methodologies. *Food Quality and Preference*, 73, 226–247.
706 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.004>
- 707 Galiñanes-Plaza, A. (2019). *Methodological insights to understand the effects of context on consumer hedonic*
708 *evaluation of food products*. Université Paris Saclay (COmUE).
- 709 Gouton, M.-A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2021). Validation of food visual attribute
710 perception in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 87, 104016.
711 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104016>
- 712 Hannum, M. E., Forzley, S., Popper, R., & Simons, C. T. (2020). Further validation of the engagement
713 questionnaire (EQ): Do immersive technologies actually increase consumer engagement during wine
714 evaluations? *Food Quality and Preference*, 85, 103966. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103966>
- 715 Hannum, M., Forzley, S., Popper, R., & Simons, C. T. (2019). Does environment matter? Assessments of wine in
716 traditional booths compared to an immersive and actual wine bar. *Food Quality and Preference*, 76, 100–
717 108. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.04.007>
- 718 Hathaway, D., & Simons, C. T. (2017). The impact of multiple immersion levels on data quality and panelist
719 engagement for the evaluation of cookies under a preparation-based scenario. *Food Quality and*
720 *Preference*, 57, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.009>
- 721 Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2010). Application of a written scenario to evoke a
722 consumption context in a laboratory setting: Effects on hedonic ratings. *Food Quality and Preference*,
723 21(4), 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.10.003>
- 724 Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2012). Effects of evoked consumption contexts on
725 hedonic ratings: A case study with two fruit beverages. *Food Quality and Preference*, 26(1), 35–44.
726 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.014>
- 727 IPQ. (2016). *Igroup Presence Questionnaire*. Survey on Experiences in Virtual Worlds.
728 <http://www.igroup.org/pq/ipq/download.php>
- 729 Ischer, M., Baron, N., Mermoud, C., Cayeux, I., Porcherot, C., Sander, D., & Delplanque, S. (2014). How
730 incorporation of scents could enhance immersive virtual experiences. *Frontiers in Psychology*, 5, 736.
- 731 Jaeger, S. R., Bava, C. M., Worch, T., Dawson, J., & Marshall, D. W. (2011). The food choice kaleidoscope. A
732 framework for structured description of product, place and person as sources of variation in food choices.
733 *Appetite*, 56(2), 412–423. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.01.012>
- 734 Jaeger, S. R., Fiszman, S., Reis, F., Chheang, S. L., Kam, K., Pineau, B., Deliza, R., & Ares, G. (2017). Influence
735 of evoked contexts on hedonic product discrimination and sensory characterizations using CATA
736 questions. *Food Quality and Preference*, 56, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.003>
- 737 Jaeger, S. R., & Porcherot, C. (2017). Consumption context in consumer research: Methodological perspectives.
738 *Current Opinion in Food Science*, 15, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.001>
- 739 JMP® (Version 15). (n.d.). [Computer software]. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2019.
- 740 Kim, T., & Biocca, F. (1997). Telepresence via Television: Two Dimensions of Telepresence May Have Different
741 Connections to Memory and Persuasion.[1]. *Journal of Computer-Mediated Communication*,
742 3(JCMC325). <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00073.x>
- 743 Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: Some often encountered fallacies. *Food Quality and*
744 *Preference*, 14(5–6), 359–373.
- 745 Köster, E. P., & Mojet, J. (2007). Boredom and the reasons why some new food products fail. In *Consumer-led*
746 *food product development* (pp. 262–280). Woodhead Publishing Ltd; CABDirect.

- 747 Lichters, M., Möslin, R., Sarstedt, M., & Scharf, A. (2021). Segmenting consumers based on sensory acceptance
748 tests in sensory labs, immersive environments, and natural consumption settings. *Food Quality and*
749 *Preference*, 89, 104138. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104138>
- 750 Lombard, M., Reich, R., Grabe, M., Bracken, C., & Ditton, T. (2000). Presence and television. *Human*
751 *Communication Research*, 26(1), 75–98. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2000.tb00750.x>
- 752 Lusk, K. A., Hamid, N., Delahunty, C. M., & Jaeger, S. R. (2015). Effects of an evoked refreshing consumption
753 context on hedonic responses to apple juice measured using best–worst scaling and the 9-pt hedonic
754 category scale. *Food Quality and Preference*, 43, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.007>
- 755 O'Brien, H. L., & Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement.
756 *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50–69.
757 <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- 758 Persky, S., Goldring, M. R., Turner, S. A., Cohen, R. W., & Kistler, W. D. (2018). Validity of assessing child
759 feeding with virtual reality. *Appetite*, 123, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.007>
- 760 Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*,
761 11, Suppl., 9–14.
- 762 Piqueras-Fiszman, B., & Spence, C. (2015). Sensory expectations based on product-extrinsic food cues: An
763 interdisciplinary review of the empirical evidence and theoretical accounts. *Food Quality and Preference*,
764 40, 165–179. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.013>
- 765 Porcherot, C., Delplanque, S., Gaudreau, N., Ischer, M., De Marles, A., & Cayeux, I. (2018). Chapter 3—
766 Immersive Techniques and Virtual Reality. In G. Ares & P. Varela (Eds.), *Methods in Consumer*
767 *Research, Volume 2* (pp. 69–83). Woodhead Publishing. [https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0)
768 [2.00003-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0)
- 769 Schmuckler, M. A. (2001). What Is Ecological Validity? A Dimensional Analysis. *Infancy*, 2(4), 419–436.
770 https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204_02
- 771 Sester, C., Deroy, O., Sutan, A., Galia, F., Desmarchelier, J.-F., Valentin, D., & Dacremont, C. (2013). “Having a
772 drink in a bar”: An immersive approach to explore the effects of context on drink choice. *Food Quality*
773 *and Preference*, 28(1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.07.006>
- 774 Siegrist, M., Ung, C.-Y., Zank, M., Marinello, M., Kunz, A., Hartmann, C., & Menozzi, M. (2019). Consumers’
775 food selection behaviors in three-dimensional (3D) virtual reality. *Special Issue on “Virtual Reality and*
776 *Food: Applications in Sensory and Consumer Science”*, 117, 50–59.
777 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.033>
- 778 Sinesio, F., Moneta, E., Porcherot, C., Abbà, S., Dreyfuss, L., Guillamet, K., Bruyninckx, S., Laporte, C.,
779 Henneberg, S., & McEwan, J. A. (2019). Do immersive techniques help to capture consumer reality?
780 *Food Quality and Preference*, 77, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.004>
- 781 Sinesio, F., Saba, A., Peparario, M., Saggia Civitelli, E., Paoletti, F., & Moneta, E. (2018). Capturing consumer
782 perception of vegetable freshness in a simulated real-life taste situation. *Food Research International*,
783 105, 764–771. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.073>
- 784 Slater, M., Usoh, M., & Chrysanthou, Y. (1995). The influence of dynamic shadows on presence in immersive
785 virtual environments. In *Virtual environments '95* (pp. 8–21). Springer.
- 786 Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the
787 Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–
788 616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- 789 Ung, C.-Y., Menozzi, M., Hartmann, C., & Siegrist, M. (2018). Innovations in consumer research: The virtual
790 food buffet. *Food Quality and Preference*, 63, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.007>
- 791 Usoh, M., Catena, E., Arman, S., & Slater, M. (2000). Using Presence Questionnaires in Reality. *Presence:*
792 *Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 497–503. <https://doi.org/10.1162/105474600566989>
- 793 Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire.
794 *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.
795 <https://doi.org/10.1162/105474698565686>

4.4 Conclusions

Dans une quête de validité écologique pour l'étude de produits alimentaires, nous nous intéressons à travers ce premier chapitre de thèse à ce que, l'enrichissement perceptif de l'expérience, peut apporter à l'état de présence du consommateur immergé en contexte de consommation. Dans ce cadre précis, nous tentons d'apporter des réponses sur la validité écologique d'une contextualisation par la réalité virtuelle (*VR*). Au premier niveau de lecture, la *VR* représente un objectif d'illusion contextuelle plus qu'un design expérimental. La première étude présentée plus haut dans ce chapitre (**article 1**) questionne donc l'influence de modulations dans la mise en place d'une *VR* sur sa capacité d'immersion. Au second niveau de lecture, la *VR* n'est pas l'unique option méthodologique à l'intégration du contexte de consommation, pour une étude de produit alimentaire. La seconde étude présentée plus haut dans ce chapitre (**article 2**) questionne ensuite le positionnement immersif de différents modes de présentation du contexte de consommation les uns par rapport aux autres.

Sur cette question de mise en place d'une *VR*, nous nous intéressons tout particulièrement au caractère de « réalité mixte » que représente la réalité virtuelle sur le « continuum réalité-virtualité » (Milgram & Kishino, 1994). Car selon l'application « sensorielle et consommateurs » que vise l'utilisation de l'outil de *VR*, l'intégration d'éléments communs aux mondes, réel et virtuel, est plus ou moins nécessaire. Une tâche de sélection de produits, très axée sur la modalité visuelle de l'aliment, peut par exemple gagner en praticité de mise en place en limitant l'intégration d'objets physiques au monde virtuel. Inversement une dégustation de produits nécessite au minimum une table physique pour faciliter l'intégration de l'aliment réel à l'expérience. Notre première étude (**article 1**) présente ici l'évaluation de l'influence d'une intégration de repères communs entre réel et virtuel sur l'immersion des consommateurs. Pour cette évaluation, 48 participants étaient immergés dans une tâche du petit-déjeuner, où pour la moitié d'entre eux l'expérience *VR* était enrichie d'une table physique synchronisée à la position du visuel de la table de la cuisine virtuelle. La comparaison de ces deux conditions expérimentales (expérience virtuelle plus ou moins enrichie d'éléments physiques) inclue des mesures implicites et des mesures explicites du sentiment de présence. Nos hypothèses de départ étaient que l'ajout de repères communs entre les mondes, réel et virtuel, permettrait (A) soit de faciliter la phase de « départ » du monde réel (T. Kim & Biocca, 1997) et d'augmenter l'immersion en *VR*, (B) soit à l'inverse créerait un rappel constant du monde réel et diminuerait l'immersion en *VR*.

Avec les résultats de cette étude nous constatons, dans un premier temps, le fort potentiel immersif de la réalité virtuelle, amenant à une forte « illusion de réalité ». Comme attendu, les mesures implicites (observations comportementales) et explicites (questionnaires de présence, interviews) coïncident et se complètent, pour confirmer l'état de présence spatiale atteint par les participants. Et dans ce fort sentiment de présence quelques subtilités sont constatées entre nos conditions expérimentales, mais la *VR* reste au global sur un niveau plutôt équivalent de ses performances immersives.

Sur le plan comportemental, nous validons l'état de présence spatiale des participants par la considération des obstacles virtuels disposés en travers de leur tâche (une chaise dans le passage, un pot fleurs encombrant la table). Dans l'espace virtuel dessiné, les participants agissent dans le respect des lois physiques du monde réel (ex. « il n'est physiquement pas possible de passer au travers des objets »). Mais sur ces observations comportementales, l'interprétation de la cohérence situationnelle du comportement du participant (en interaction avec l'environnement) laisse une zone grise. En effet, sans connaissance de la réaction de l'individu en situation réelle, nous ne pouvons juger pleinement de la cohérence logique de ce comportement, bien qu'il n'entrave pas les lois physiques.

Les observations comportementales, en cohérences aux mesures explicites, pourraient représenter des méthodes rapides d'évaluation de la présence spatiale des participants en *VR*. Mais cette méthode de mesure nécessite une étude préalable de la situation réelle pour aller plus loin dans l'interprétation situationnelle de cet état de présence. De plus, cette méthode reste peu précise et peu nuancée, quant à l'intensité de ce sentiment de présence. L'étude de Fink et al. (2007) a par exemple mis en évidence le fait qu'un comportement réel donné n'est pas retrouvé à l'identique en *VR*, où l'amplitude des mouvements peut être amoindrie. En effet, l'individu ne retrouve pas en *VR* le poids des objets, ni le retour de force dans son interaction. L'amplitude du geste n'est donc pas un bon indicateur pour nuancer l'état de présence spatiale. Mais, ces observations du comportement peuvent déjà donner une indication sur le fait que l'individu se soit construit une représentation mentale de l'espace physique, tel que décrit au premier niveau du modèle de formation de la présence de Wirth et al. (2007). Il est par contre moins certain de savoir si les possibilités d'actions perçues par l'individu dans l'espace tiennent également compte de la situation contextuelle évoquée.

Dans cette étude, le questionnaire de présence offre un avantage quantitatif sur cette évaluation de l'état de présence spatiale. Ce qui permet également une comparaison du niveau

de notre environnement virtuel à ceux décrits dans la littérature. Avec les résultats de ce questionnaire nous notons quelques nuances sur l'état de présence des participants entre nos deux conditions expérimentales testées, mais c'est finalement grâce aux interviews semi-directives réalisées pour cette même étude, que nous en comprenons l'interprétation, quant à la manière dont l'enrichissement physique influence ici subtilement le sentiment de présence en *VR*.

Au global, nous retrouvons un fort sentiment de présence entre nos deux conditions expérimentales. Comme il a été constaté dans la littérature lors d'une mise en situation (Biocca et al., 2001), notre environnement *VR* offre déjà en condition « de table uniquement virtuelle » une illusion haptique. Une fois entrés dans l'environnement virtuel, les participants apparentent la simulation visuelle à une réalité physique. Cette interaction cross-modale est facilitée par l'utilisation des manettes tenues en mains, qui n'amènent pas de contact direct avec les éléments de l'environnement.

Mais bien que le dispositif de *VR* crée une expérience positive, agréable et ergonomique, dans laquelle les participants se sentent installés confortablement et en confiance, ils restent conscients qu'il ne s'agit pas du monde réel. Le visuel de l'environnement reste perçu comme étant artificiel, de même, l'interaction y est moins précise qu'en situation réelle. De plus, plus le participant cherchera à explorer l'environnement, plus il sera susceptible de constater les limites d'interaction offerte par le monde virtuel, c'est-à-dire jusqu'où l'environnement aura-t-il été programmé pour apporter une réponse cohérente à ses actions (design de l'environnement, composantes des objets, évolutions des objets, colliders, zone de jeu, etc.) ? C'est ce que Fuchs et al. (2003) présentent comme l'autonomie des objets. Cette limite technique dépend de la maîtrise du logiciel et de la puissance autorisée par l'ordinateur. Mais d'un participant à l'autre, nous pouvons supposer qu'il existe une variabilité à la perception des limites de la virtualité, si cette perception est fonction de l'implication.

Ici, les participants en condition « enrichie d'une table physique » semblent avoir constaté davantage d'interférences du dispositif sur leurs actions, avec un peu plus de frustrations sur la recherche de perceptions physiques dans l'environnement virtuel. Il est possible qu'en cette condition les participants aient plus exploré l'espace virtuel, les amenant davantage à en rencontrer les limites. Comme dans l'étude de Podkosova & Kaufmann (2018), l'enrichissement physique de l'environnement a peut-être amorcé une forte attention des

participants dans l'exploration de l'environnement virtuel, les aidant ainsi à s'immerger rapidement.

Sur le plan situationnel, notre environnement *VR* semble amener un haut niveau de réalisme, en comparaison des normes de la littérature (UQO, 2002). Ces résultats s'expliquent par le caractère quotidien recherché de notre évocation (épisode de consommation). Néanmoins les attentes des participants sont grandes quant à la cohérence entre l'environnement *VR* et leurs représentations mentales de la réalité. Bien que la situation soit ici perçue réaliste et que les participants arrivent à se sentir dans une vraie cuisine, ils ne sentent pas pour autant dans leur cuisine.

Nous retrouvons donc bien ici, l'acceptation du media en tant que cadre de référence égocentrique primaire (*PERF*), puisque les participants associent l'illusion virtuelle à la perception d'un lieu, dans lequel ils s'y situent et y agissent. L'ensemble des éléments du lieu leur semble cohérent avec leur représentation commune d'une cuisine. Pourtant, à l'échelle individuelle ces éléments entrent en contradiction avec la représentation plus précise de leur propre cuisine du quotidien.

A cela s'ajoute la difficulté de passer de l'illusion d'un lieu à l'illusion d'une expérience. Bien que la *VR* semble ici apporter une forte illusion de lieu physique (cuisine), il est plus difficile pour les participants de se sentir présents dans l'épisode de consommation du petit-déjeuner. Il manque donc d'autres dimensions, en complément de cette dimension de lieu, pour y parvenir. Il est par exemple difficile pour certains participants de faire abstraction de leur état physiologique réel non-congruent à l'épisode du petit-déjeuner (ex. « *je n'ai pas faim* »). Mais les participants impliqués dans la tâche donnée ont essayé d'agir fidèlement à leur propre petit-déjeuner. L'ajout d'un scénario à l'expérience *VR* peut donc être une solution pour passer de l'illusion d'un lieu à celle d'une expérience vécue de consommation, avec « l'implication » et la « suspension de l'incrédulité » des participants.

L'enrichissement physique de l'expérience aura finalement renforcé l'implication des participants en *VR*. Mais cette implication est à double-tranchant. Lorsqu'ils sont plus impliqués, les participants explorent davantage l'environnement et se confrontent aux limites techniques du dispositif. Et parce qu'ils s'impliquent davantage, les participants récupèrent aussi leur rôle du petit-déjeuner et essaient de faire abstraction des informations contradictoires

à cette projection. En définitive, les deux conditions expérimentales testées ramènent les participants à un état final de présence équivalent.

La *VR* présente donc une certaine flexibilité dans sa mise en place pour maintenir le sentiment de présence. L'utilisation de manettes semble être un choix technologique pertinent dans une configuration totalement virtuelle de la *VR* pour favoriser l'illusion haptique. Et pour aller plus loin, dans le cas d'un enrichissement physique de l'expérience VR, il serait intéressant de favoriser un contact plus direct avec les éléments physiques. Une technologie de tracking des mains par exemple, maximiserait peut-être encore davantage la présence dans l'interaction avec des éléments physiques en *VR*.

Dans une flexibilité de mise en place, la *VR* semble donc présenter un bon potentiel de présence, mais que représente-t-elle dans le vaste champ d'options de contextualisation ?

Sur cette question plus générale de l'impact immersif des différents modes de contextualisation d'une étude de produits, nous nous sommes tout particulièrement intéressés au positionnement immersif de la *VR*, face à la stratégie concurrente d'une reconstruction physique. Nous comparons la plus-value perceptive de ces stratégies immersives, à l'évocation seule et à la richesse perceptive du réel. La seconde étude de ce chapitre (**article 2**) présente donc l'évaluation de l'influence du mode de présentation de l'épisode de consommation « manger un sandwich dans un parc » sur l'état de présence des consommateurs. Pour cette évaluation, 279 participants ont réalisé une évaluation hédonique d'échantillons de sandwiches répartis entre les différents environnements contextualisés. Sur ce design inter-sujets, la comparaison des différents modes de présentation entre eux, inclue des critères de validité interne (acceptabilité, préférences, discrimination des produits, répétabilité de la recette doublée) et des critères de validité externe (mesure déclarative du sentiment de présence). Notre hypothèse de départ était que l'environnement réel amènerait un plus fort sentiment de présence que les cabines sensorielles (scénario seul) et que les deux configurations immersives amèneraient un état intermédiaire.

Les résultats de cette deuxième étude confirment finalement bien le fort potentiel immersif de la réalité virtuelle qui, comme nous l'avions suspecté au cours de la première étude (**Article 1**), conduit à un niveau de présence, proche de celui d'un environnement physiquement recréé, voire même à un niveau supérieur, dans notre cas de figure. Dans une conception

physique, comme numérique, l'enrichissement perceptif de l'évaluation se rapproche en scores, davantage du sentiment de présence procuré par un environnement réel, que d'une stratégie seule d'évocation contextuelle. Mais sur les critères de validité interne des données collectées, tous les modes de présentation de l'épisode de consommation ont permis de fortes performances d'évaluation.

Dans un design comparatif de même type, l'étude de Sinesio et al. (2019) confirme cette proximité des environnements simulés entre eux et face au réel, avec de fortes suscitations de l'engagement des consommateurs, bien que, dans leur cas de figure, la reconstruction physique ait montré un poids immersif dominant la réalité virtuelle. Selon le contenu médiatique (ex. épisode « boire un verre dans un bar », pour l'étude de Sinesio et al., 2019), le positionnement entre ces deux dispositifs semble fluctuer légèrement mais, dans l'ensemble, ils offrent des niveaux puissants et comparables pour amener au consommateur le sentiment d'être dans un lieu et d'y agir.

La proximité immersive des stratégies simulées (*VR* et salle contexte) à l'environnement réel témoigne également de leur validité perceptive. Sur l'intensité du sentiment de présence suscité, ces stratégies se démarquent de l'évocation elle-même. Les performances de l'évocation seule, sur l'évaluation des produits, attirent néanmoins l'attention sur le poids du contenu médiatique, dans la perception du produit par le consommateur. Ici, bien que l'enrichissement perceptif renforce nettement le sentiment de présence des consommateurs au sein de l'épisode de consommation, la dimension conceptuelle du contenu médiatique importe autant à la fiabilité du comportement du consommateur à l'égard de l'aliment. Aujourd'hui nous manquons d'études sur le poids du contenu médiatique face à l'enrichissement perceptif et moteur de l'évaluation. Nous ne pouvons prédire jusqu'où le contenu seul soutiendra la représentativité du comportement alimentaire testé, probablement dépendant (au regard de la littérature) de la situation évoquée et des produits. Mais il est clair que le contenu de l'évocation implémenté en réalité virtuelle, comme en reconstruction physique, mérite notre attention.

Globalement, nous pouvons extraire de ce premier chapitre de thèse le surprenant potentiel de la *VR* à amener un sentiment de présence spatiale, cette perception d'auto-localisation et d'action. Malgré l'inexistence matérielle / physique, la stimulation visuelle de la *VR* offre une illusion puissante d'espace physique. Et malgré l'absence de fortes émotions, à la différence de la littérature utilisant la *VR* pour d'autres champs applicatifs [ex. phobie (Malbos et al., 2008), précipice (Meehan et al., 2005), cadavre (Biocca et al., 2001)], nous retrouvons ce

fort potentiel d'illusion spatiale. Sur ce continuum « réalité-virtualité » la VR nous montre également sa flexibilité de mise en place perceptive, ouvrant une perspective immersive favorable à la dégustation (*sous condition que les repères réels et virtuels s'accordent – Simeone et al., 2015*).

Par comparaison à l'observation comportementale de la présence spatiale (action dans le respect des lois physiques du monde réel), les questionnaires d'auto-évaluation du sentiment de présence offrent davantage de nuances quant à l'intensité de ce ressenti par le consommateur. Mais à ces mesures immersives, un troisième niveau de compréhension manque : le sentiment de vivre son expérience du quotidien, au-delà de l'illusion d'un lieu. Aujourd'hui la réalité virtuelle, au même titre que les environnements physiquement recréés, atteint une performance suffisante pour procurer l'illusion d'un lieu ; mais peut-on pour autant parler de l'illusion d'un épisode, d'une expérience, de son quotidien ? Ce troisième niveau hypothétique de présence est peut-être le niveau d'intérêt pour notre cas applicatif.

Aujourd'hui nous ne savons pas par quel moyen métrologique approcher ce niveau ; toutefois nous constatons l'importance du contenu médiatique à la représentativité du comportement observé. L'étude de Biocca et al. (2001) met également en avant l'intérêt d'une mise en situation pour augmenter le sentiment de présence. L'inadéquation de ce contenu médiatique aux représentations du consommateur peut représenter une barrière à cette projection expérientielle. Mais l'identification du contenu médiatique n'est pas un point correctement défini dans la littérature. Contrairement à d'autres domaines, plus qu'un lieu « aléatoire », nous recherchons ici à ré-évoquer une situation quotidienne. Il ne s'agit pas d'amener le participant à se mettre dans le rôle d'un personnage (Normand et al., 2011), comme cela peut être recherché pour certaines applications (jeux vidéo, apprentissage, ...), mais bien de ramener le participant à un comportement représentatif de sa réalité. Comme le souligne Schmuckler (2001), si le comportement n'est observé qu'en laboratoire alors ce comportement est sans intérêt pour nous. **En conséquence, comment définir le contenu à implémenter en réalité virtuelle ? Avec quel niveau de précision le contenu médiatique doit-il être traité pour concorder aux représentations des consommateurs ? Et comment optimiser ce contenu médiatique pour fournir, au-delà d'un lieu, l'illusion d'un épisode de consommation ?**

CHAPITRE 2
COMMENT DÉFINIR UN ÉPISODE DE
CONSOMMATION ?

5 CHAPITRE 2 : COMMENT DEFINIR UN EPISODE DE CONSOMMATION ?

5.1 Introduction

Dans la construction de l'expérience *VR*, le concepteur commence par définir l'immersion et l'interaction fonctionnelles de l'utilisateur (Fuchs et al., 2006), qui correspondent pour nous à l'expérience de consommation dans laquelle il sera projeté. Pour amener le consommateur à se sentir présent dans cette expérience de *VR*, comme pour tout autre moyen de contextualisation, le contenu médiatique doit être cohérent avec ses représentations du réel et composé d'indices congruents entre eux (Wirth et al., 2007). Du point de vue de la validité écologique, permettre au consommateur immergé de se comporter à son habitude, nécessite un contenu médiatique présentant des caractéristiques cruciales de son cadre naturel de consommation (Schmuckler, 2001), mais quelles sont-elles ? Pour identifier les clés d'un contenu médiatique fonctionnel, nous nous rendons sur la piste de l'épisode réel de consommation.

Comment définir l'épisode de consommation à implémenter en *VR* (*ou tout autre mode de contextualisation*) ? Aujourd'hui, dans la littérature, la manière de recréer le contexte de consommation reste peu définie. La réflexion sur l'origine du design des environnements immersifs y est rarement renseignée. Nous savons que pour favoriser la formation de la présence, le contenu médiatique doit maintenir une cohérence avec les épisodes réels de consommation. Mais, pouvons-nous représenter les situations sous une forme telle que tous les individus puissent s'y identifier (Köster, 2003) ?

En situation réelle, nos épisodes de consommation peuvent être caractérisés par les huit dimensions interconnectées suivantes : aliments et boissons, temps, lieu, activité, entourage social, état mental, condition physique et récurrence (cf. partie 1.1 : **Figure 1**). Elles influent sur notre comportement alimentaire à travers diverses variables contextuelles (Bisogni et al., 2007). Nous enregistrons ces épisodes de consommation à l'image d'ensembles « congruents » (ex. le petit-déjeuner). En sciences « sensorielles et consommateurs », le produit est au centre de l'étude. Il est alors traité avec un poids différent des autres variables contextuelles. Dans les méthodologies *CLT* (*Central Location Tests*), le produit est même traditionnellement isolé des autres variables contextuelles. Il constitue la base de l'étude. Avec le questionnement de la validité écologique, les expérimentateurs remettent en question ce design expérimental, en

essayant d'intégrer davantage d'informations contextuelles. La dimension de « lieu », très accessible à la manipulation (base des environnements immersifs), prend alors son importance.

La reconstruction du contexte de consommation ne reproduit pas le réel à l'identique, mais elle peut déjà, dans une sélection judicieuse des éléments contextuels, concorder avec la représentation mentale de l'utilisateur et favoriser son immersion. Cependant, si la représentation de l'épisode de consommation est précisément ancrée dans l'esprit du consommateur, une incohérence dans sa reconstruction risque d'y être très rapidement détectée et d'en perturber l'immersion. Jusqu'à quel niveau de détail le contenu médiatique doit-il alors être fidèlement travaillé pour recouper les représentations des consommateurs ? Dans la première étude de ce chapitre (**Article 3**), nous abordons cette question, à travers l'exploration des représentations des épisodes de consommation de « sandwichs ».

La reconstruction de l'épisode de consommation est également limitée par les dimensions « artificiellement » modulables de celui-ci. Mais si les dimensions réelles de l'épisode de consommation sont interconnectées (Bisogni et al., 2007), les dimensions plus accessibles à la manipulation (lieu, aliments et boissons) participent peut-être à l'évocation des autres. Alors quels éléments amener au contenu médiatique pour favoriser l'évocation complète de l'épisode de consommation ? À travers la seconde étude de ce chapitre (**Article 4**), nous abordons cette question, dans l'identification des éléments saillants de l'épisode du « petit-déjeuner ».

Dans la contextualisation d'études « sensorielles » ou « consommateurs », l'épisode de consommation n'est généralement pas abordé dans son ensemble. L'aliment y est regardé indépendamment du reste de l'épisode. Dans une application industrielle par exemple, deux cas de figure se présentent : (1) « *j'ai déjà un produit d'intérêt et je recherche où il pourrait être consommé* » (ex. test d'un même fromage dans différents contextes de consommation - Stelick et al., 2018) ; (2) « *j'ai déjà un contexte cible et je recherche ce que les gens pourraient y consommer* » (ex. test de différentes boissons dans un même contexte de bar – Sester et al., 2013). La pertinence de l'association « produit » - « contexte » crée ensuite un indicateur de l'acceptation de l'épisode global de consommation ainsi formé (**Figure 30**).

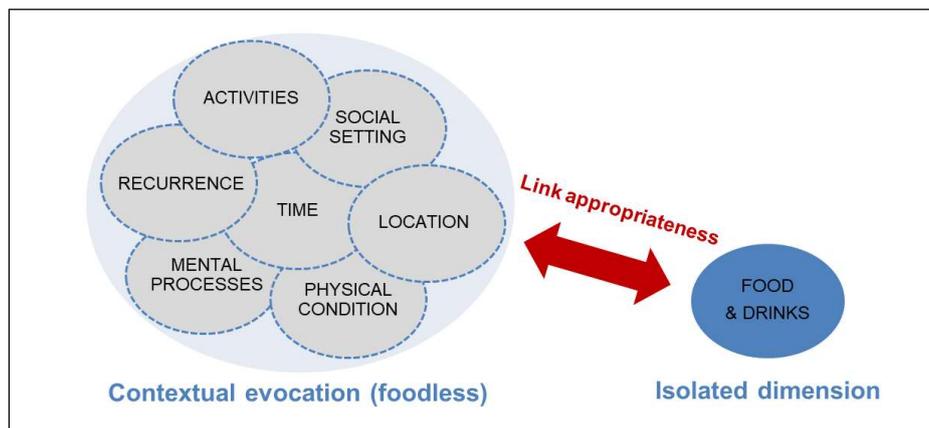


Figure 30. Manipulation de l'épisode lors d'une évocation en laboratoire.

Pour étudier la précision de la représentation de l'épisode de consommation (**Article 3**), nous testons alors l'interférence du niveau de conceptualisation du produit, sur sa congruence aux autres dimensions contextuelles. Le produit « sandwich » est, dans cette étude, décliné sur trois niveaux de détails « conceptuels ». Notre hypothèse de départ était que l'épisode de consommation pourrait être très détaillé dans l'esprit des consommateurs, amenant alors des attentes précises du produit au sein de celui-ci, se reflétant dans des différences de congruence au contexte entre les sandwiches, à chaque niveau conceptuel. Le premier niveau de précision conceptuelle correspond au « type de sandwich » dans une présentation de sous-catégories du produit (panini, triangle, baguette, burger, etc.). Le second niveau de précision correspond à la présentation du produit en termes de tailles / quantités (un mini, un gros, plusieurs mini). Le dernier niveau de précision testé correspond à la présentation du produit en termes de dominance de saveurs / garnitures (jambon-beurre, saumon-citron, légumes-cumin, chèvre-tomate). Via un premier questionnaire en ligne, à l'image d'une méthodologie « item-by-use » (Jaeger et al., 2019), 221 participants évaluèrent le caractère approprié (*appropriateness*) de couples « sandwich » - « scénario de consommation », pour notre premier niveau conceptuel de présentation des produits. Via un second questionnaire en ligne, recentré sur le sandwich de type « triangle » et sur un plus petit nombre d'occasions de consommation, 164 participants évaluèrent leur perception de la congruence des couples « sandwich » – « scénario de consommation » pour nos deux derniers niveaux de précision conceptuelle.

Autour de l'aliment, la reconstruction de l'épisode de consommation est soumise à un certain nombre de contraintes expérimentales. Par exemple, en termes de productivité, les dimensions de « temps » et de « récurrence » sont parfois difficiles à calquer sur le réel. Pour l'épisode du petit-déjeuner du week-end, dont la temporalité réelle correspond à un court créneau de quelques heures une à deux fois par semaine, il faudrait des mois pour étudier cet

épisode sur un rythme naturel, avec une centaine de consommateurs et monopoliser les expérimentateurs en dehors de leurs horaires de travail. Le recrutement peut également créer un décalage au réel sur les dimensions « d'état mental », de « condition physique » et « d'entourage social ». En venant à l'étude, les participants sortent de leur réalité ; par opposition aux études de terrain, où l'étude vient aux participants. Ces participants peuvent alors venir motivés par une indemnisation, se déplacer seuls, arriver fatigués à un horaire qui leur est imposé, etc. De même, la métrologie « sensorielle et consommateurs », telle que l'évaluation explicite de l'aliment, change « l'activité » de l'épisode de consommation. Si au cinéma l'attention du consommateur est portée sur le film plus que sur le popcorn, dans un cadre expérimental cette attention peut être ramenée au produit et partagée avec le questionnaire d'évaluation. Les dimensions de l'épisode de consommation ne peuvent donc, pas toujours, être recrées à l'image du réel. Néanmoins, lorsqu'elles ne peuvent être concrètement amenées au consommateur, elles peuvent lui être évoquées.

Pour la dimension de « lieu », l'arrivée des environnements immersifs (physiques, numériques) ôte un grand nombre de contraintes expérimentales, en permettant une reproduction perceptive détaillée de cette dimension. Cette dimension représente alors un atout supplémentaire à l'évocation de l'épisode. Et si les dimensions réelles de l'épisode sont interconnectées, peut-être existe-t-il au sein de la dimension de « lieu » des indices pertinents à l'évocation de celles non-reconstruites (**Figure 31**).

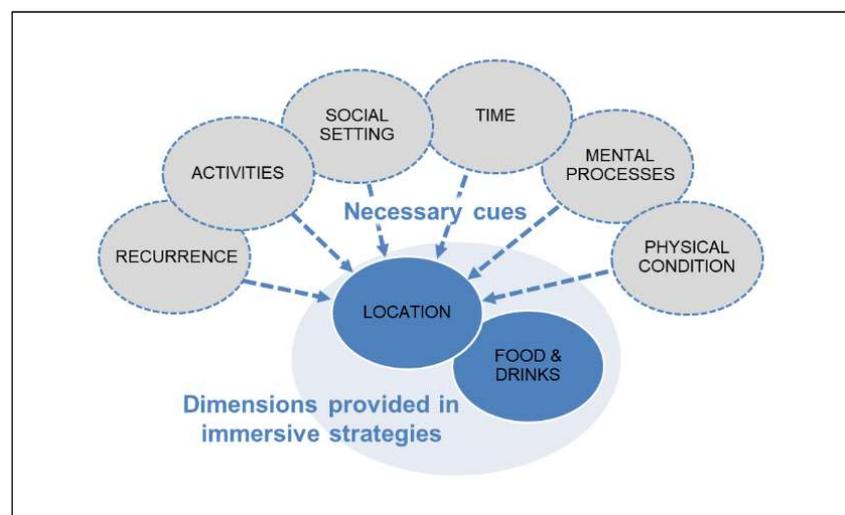


Figure 31. Présentation de l'épisode de consommation en stratégies immersives.

A travers l'étude du « petit-déjeuner en semaine dans ma cuisine » (**Article 4**), nous nous penchons sur l'identification de ces éléments pertinents à l'évocation de l'épisode dans une reconstruction de la dimension de « lieu ». Pour identifier la représentation perceptive de cet

épisode, nous avons réalisé des interviews semi-directives, questionnant les différentes dimensions de l'épisode vécu, à l'image d'un test de rappel. Sur des séances individuelles, 41 participants furent amenés à raconter leur moment passé le matin même. Et pour les aider, à la fois à se replonger dans le souvenir de ce moment et à identifier des indices perceptifs reliant le lieu à d'autres dimensions de l'épisode, chacun accompagna son discours d'une photo de ce moment juste avant la consommation des aliments (pré-instruction donnée). Nos hypothèses de départ étaient que : (1) il pourrait exister au sein de la dimension de « lieu » des éléments saillants et consensuels de l'épisode de consommation, (2) mais il pourrait exister pour un même moment de consommation plusieurs profils d'individus et donc plusieurs contextes et scénarios types. À la différence de la première étude (**Article 3**), nous regardons dans celle-ci (**Article 4**) la précision de la représentation de l'épisode de consommation en reliant davantage le conceptuel au perceptif.

5.2 A quel niveau de précision conceptuelle étudier l'épisode de consommation ? (Article 3)

À travers l'étude de la congruence entre produits et scénarios, l'article intitulé « *Understanding of contextual representation through product appropriateness. (Article in preparation)* » discute de la précision de l'épisode de consommation dans les représentations des consommateurs, notamment de la façon dont la présentation du produit peut influencer sa perception en contexte.

Understanding of contextual representation through product appropriateness

Maëlle-Ahou Gouton¹⁻², David Blumenthal¹, Gilles Trystram¹, Catherine Dacremont²

¹ *Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300 Massy, France.*

² *Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France.*

5.2.1 Highlights

- The product naming requires precision to identify its consumption situations.
- Samples presentation (small size) can alter the product suitability in context.
- Expectations in the mouth modulate preferences through consumption situations.

5.2.2 Abstract

To increase external validity, context evocation can be brought to food tasting. From written scenarios to more elaborated setups as virtual reality, the episode of consumption described to participants is the key to insure effective immersion and validity of the outcomes. The episode of consumption could be conceptualized as a mental representation of a category of events sharing common features. It includes both the context and the products consumed in this context. This study aims to explore the required precision level for the episode of consumption. We hypothesized that pattern of congruency across products would reveal sub-groups of scenarios representing the basic level of the category. In a second time, we assessed the impact of product aspect on congruency. 11 scenarios related to the episode “having a sandwich” and 10 sandwiches were chosen from pre-tests. Participants (N=210) rated appropriateness of each sandwich with each scenario via an online questionnaire. For one sandwich, scenarios appropriateness was assessed for 3 sample sizes (N=169) and 4 sandwich fillings (N=169). The appropriateness ratings revealed a hierarchical structure for the episode of consumption “having a sandwich”. It leads to identify several groups of scenarios potentially being a relevant precision level in the description of the episode of consumption. The product aspect also affects appropriateness rating. Thus, presenting a whole product or a sample would impact the experimental set-up credibility.

36 **Key words:** Context, Consumption episode, Appropriateness, Scenario, Sandwich.

37

38 5.2.3 Introduction

39

40 **Can we generalize the data obtained in the laboratory to the real consumption**
41 **situation?** This capacity for generalization relates to the notion of “ecological validity”
42 (Bronfenbrenner, 1977; Galiñanes Plaza et al., 2019; Schmuckler, 2001). Nowadays, we know
43 that the traditional CLT (Central Location Test) methodology limits the food understandings to
44 the laboratory context. The control of the context has long been sought, as it allows a better
45 explanation of the causal relationships between the variables (measurement internal validity).
46 Nevertheless, far from the real context of consumption, it reduces the ability of these data to be
47 generalized (measurement external validity) (Delarue & Boutrolle, 2010; Galiñanes Plaza et
48 al., 2019). Conversely, the consumer observations in a natural context can be bias by
49 measurements and it required a long and complex organization (Jaeger & Porcherot, 2017;
50 Köster, 2003).

51

52 Taking consideration of the consumption context in the experimental work is now a
53 necessity (Dacremont & Sester, 2019; Meiselman, 2019). It can be evoked by many different
54 ways (Galiñanes Plaza et al., 2019; Porcherot et al., 2018): like written scenarios, perceptual
55 enrichments, physical reconstructions (e.g. context rooms), digital reconstructions (e.g. virtual
56 reality). An ecologically valid experimental design will lead the participant to feel present in
57 the evoked consumption episode and to behave representatively of his/her reality (Gorini et al.,
58 2010; Mestre, 2018; Schmuckler, 2001). There are no standardized criteria to rebuild the context
59 (Galiñanes Plaza et al., 2019; Schmuckler, 2001). However, whatever the type of media used
60 for this contextual evocation, the media content must be consistent with the representations of
61 the consumer, to make him/her feel present (Wirth et al., 2007).

62

63 **How are these episodes of consumption conceptualized in the consumer's mind?**

64

65 In real life, our consumption episodes can be characterized by the following eight
66 interconnected dimensions: food and drinks, time, location, activity, social setting, mental
67 process, physical condition and recurrence (**Figure 1**). These influence our eating behavior
68 through various contextual variables (Bisogni et al., 2007). We record the consumption episodes
69 experienced as a whole congruent (e.g. the breakfast).

70

71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90

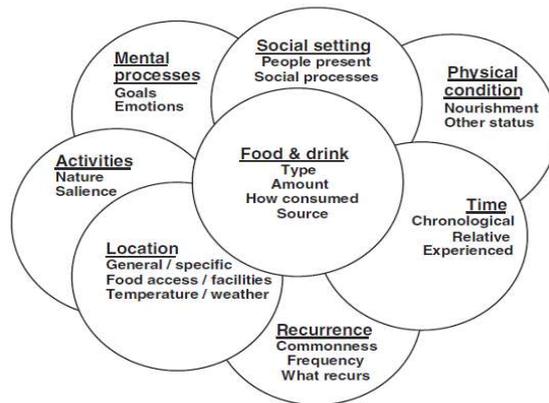


Figure 1. Consumption episode dimensions (Bisogni et al., 2007).

In the contextualization process of sensory or consumer studies, the product is taken into consideration differently than other contextual variables (Figure 2). It is looked at independently from the rest of the episode, with a central position in the study. For example, considering an industrial application, two scenarios arise: (1) “I already have a product of interest and I am looking for where it could be consumed” (e.g. testing the same cheese in different consumption contexts - Stelick et al., 2018); (2) “I already have a target context and I am looking for what people could consume there” (e.g. testing different drinks in the same bar context - Sester et al., 2013). The relevance of the association "product - context" then creates an indicator of the acceptance of the overall consumption episode thus formed.

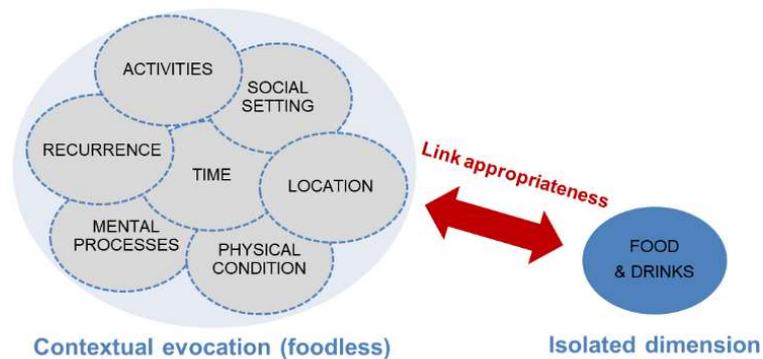


Figure 2. Consumption episode manipulation in laboratory.

If the representation of the consumption episode is precisely settled in the consumer's mind, an incongruent information in its rebuilding may be quickly detected and may disturb the immersion. **Then, to what extent, in level of detail, must the media content be faithfully shaped to overlap the consumer’s representations? Moreover, how far can the perception of the product be generalized?**

99

100 To study the precision of the consumption episode’s mental representation, we tested
101 the interference of the conceptualization level of the product on its congruence with the other
102 contextual dimensions. The “sandwich” product was here presented on three conceptual details
103 levels. Our initial hypothesis was that the consumption episode could be very detailed in the
104 minds of consumers, bringing precise expectations of the product for the episode, and therefore
105 different perception of the “product – context” congruency between sandwiches at each
106 conceptual level.

107

108 The first conceptual precision level gave the “type of sandwich” in a presentation of
109 product subcategories (panini, triangle, baguette, burger, etc.). The second precision level gave
110 the presentation of the product in terms of sizes / quantities (a mini, a big, a set of mini). The
111 last precision level tested gave the presentation of the product in terms of dominance of flavors
112 /filling (ham-butter, salmon-lemon, vegetables-cumin, goat cheese-tomato). These two were
113 focused on the “triangle” type sandwich. Participants assessed their perception of the “sandwich
114 - consumption scenario” pairs’ congruency via online-questionnaires.

115

116 5.2.4 Material & Method

117

118 *Participants*

119

120 First, 211 participants (average age: 36 ± 14 ; 79% of women and 21% of men) were
121 recruited for a first online questionnaire by snowball effect (e-mail transfer). Then 164
122 participants (average age: 32 ± 13 ; 74% of women and 26% of men) were recruited for a second
123 questionnaire in the same way. Among these 164 participants, 48% declared having taken part
124 in both questionnaires. To include only consumers of the studied product (sandwiches), each
125 questionnaire was preceded by questions on consumption habits. Non-consumers were
126 therefore all redirected to an apology message.

127

128 *Experimental design*

129

130 Like an Item-By-Use (IBU) procedure (Jaeger et al., 2019), the participants assessed the
131 level of appropriateness between product-scenario pairs. The products were presented
132 semantically and perceptually by presenting an image along with the name of the sandwich or
133 a short description. The product-scenario pairs were evaluated on a 7-points scale ranging from
134 (1) not appropriate at all to (7) very appropriate. The questionnaire was organized with one
135 scenario per page, in random order, with all the products listed facing their respective rating
136 scale under each scenario in random order as well. Then participants finished the questionnaires
137 giving their familiarity with the scenarios, appreciation / preferences, frequency of consumption
138 of the products and personal information (gender, year of birth, profession, and nationality).

139

140 For the first questionnaire (N = 221), the products were modulated at the product
141 subcategory level. 11 scenarios of “having a sandwich episode” were crossed with 10
142 sandwiches types.

143

144 In the second questionnaire (N = 164), the products were modulated on their aspect
145 level. This questionnaire was divided in two parts. In the first part, the products were modulated
146 on their presentation size. In the second part, the products were modulated on their fillings. This
147 questionnaire focused on one type of sandwich: the triangle sandwich. Five scenarios were
148 selected from the previous questionnaire, and crossed with 3 variations of sandwich
149 presentation sizes, then crossed with 4 variations of sandwich fillings (dominant expected
150 flavors).

151 **Product & Scenario identification**

152

153 From pre-test interviews (N=7), 10 main sandwiches categories and 11 episodes of
 154 “having a sandwich” were identified. From this information, scenarios were built (**Table 1**) to
 155 illustrate the different dimensions of each episode (location, time, activity, recurrence, mental
 156 process, physical condition, social setting).

157

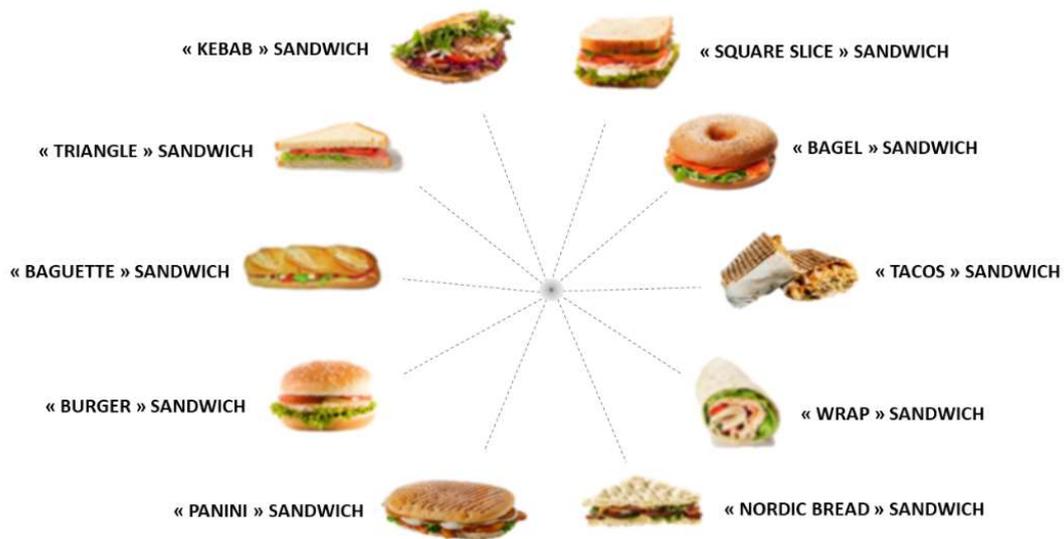
158 **Table 1.** Scenarios list.

TITLE CODE	SCENARIO PRESENTED
APERITIF*	“Tonight, at aperitif time, everyone is in a festive mood. Let's go for an aperitif dinner! From sandwiches, a nicely presented assortment of things to nibble is being prepared...”
PICNIC	“The weekend promises to be sunny. The perfect time for a picnic! On the menu, sandwich.”
WORK	“Today, you are at your workplace and you have a busy day. This lunchtime you have to hurry, you eat a sandwich on the go to waste no time.”
LONG DRIVE*	“On the way for a long drive by car! At lunchtime, you stop to eat a sandwich, but without lingering too long.”
BREAK IN A PARC*	“Today the weather is nice! Arrived around noon, hunger rises and you feel the need to take a break. You decide to go get a sandwich and you take advantage of thirty minutes to sit in a park, on a bench facing in the greenery, to taste it quickly while appreciating the landscape ...”
CITY WALK*	“Today, you take advantage of your day to go shopping or to stroll in town. Around noon, you are feeling hungry and you want to sit down for a few minutes. You take a sandwich for a break without wasting too much time.”
FOOD SHOPPING	“Today, you take advantage of the lunch break to go shopping at the supermarket. For lunch, you take a sandwich that you eat in the store while pushing your cart.”
HIKE	“This weekend, the weather is nice, ideal weather for hiking and enjoying the open-air: don't forget to bring your sandwich!”
TRANSPORTS	“Today you have a busy day and you have to travel for your activity. No time to stop to eat, a sandwich in transport will do the job.”
LAZINESS TO COOK	“You are home and it's mealtime but you don't feel like cooking tonight. You opt for a sandwich.”
PLEASURE MOMENT*	“Tonight, it is an opportunity to have fun, to relax, while sharing a convivial meal but without spending too much time in the kitchen. Everyone is up for sandwiches!”

159 * *Selected for the second online questionnaire (focused on triangle sandwich).*

160

161 A first list of sandwich categories names was found on google (looking at first answers
 162 to the search “sandwich”). This list was then discussed with participants of the pretest
 163 interviews (addition, suppression, validation). Sandwich categories were then illustrated in the
 164 first questionnaire from pictures provided by participants during pre-test interviews (**Figure 3**).



165

166 **Figure 3.** Illustrations and descriptions of sandwich categories (tested in questionnaire 1).

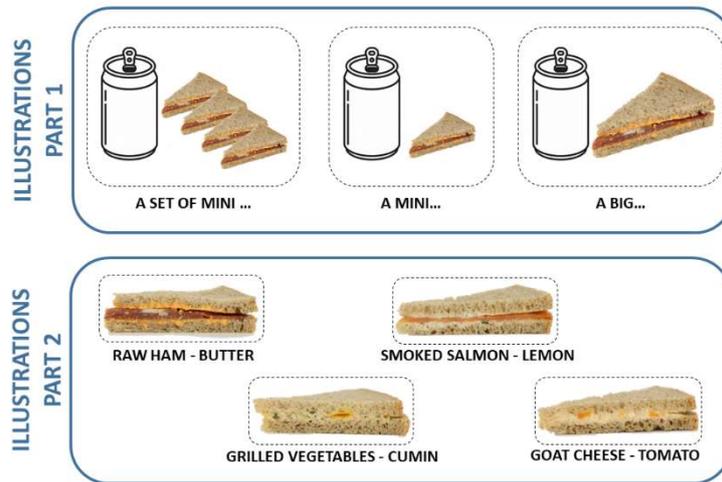
167

168 In the second questionnaire, focused on “triangle sandwich” type, we selected five
 169 scenarios (aperitif, long drive, break in a park, city walk, pleasure moment) identified in the
 170 previous online study to be different on appropriateness level with this sandwich type, but with
 171 close familiarity and ease of imagination for consumers.

172

173 For the product aspect of the second questionnaire, sizes were based on experimental
 174 regular options, inspired by the ability to provide normal size (big sandwich) in HUT vs. the
 175 constraint to provide samples (a mini, or a set of mini) in CLT. To illustrate the scale of the
 176 sandwich size, the triangle sandwich picture was juxtaposed to the drawing of a common object
 177 with well-known size and congruent with scenarios: a drink can. Triangle sandwich illustrations
 178 and filling flavor descriptions were based on existing products from the French market (**Figure**
 179 **4**) - sandwich flavors use in Gouton et al. (2020).

180



181
182 **Figure 4.** Illustrations and descriptions of sandwich aspects (tested in questionnaire 2).
183

184 ***Data analysis***

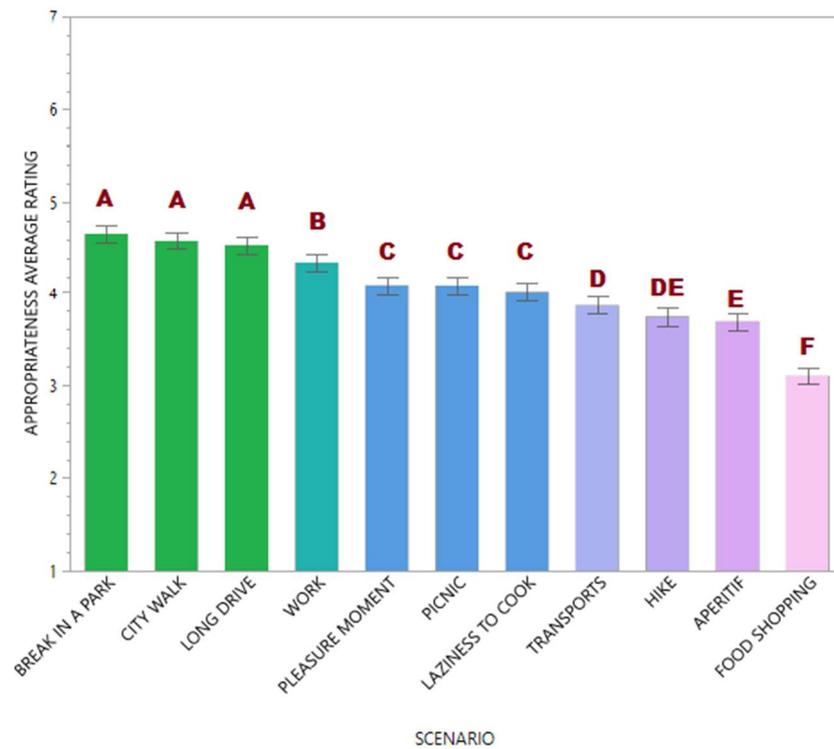
185
186 To identify the effect of the precision given for the “sandwich” product on its
187 congruence strength to the different consumption situations, we carried out, for each level tested
188 (sandwich category, quantity presented, expected flavor), an ANOVA (Subject, Scenario,
189 Sandwich), focusing particularly on the significance of the SCENARIO x SANDWICH
190 interaction. The significant ANOVA were then followed by a post-hoc HSD-Tukey test. And to
191 better visualize these product-context links appropriateness despite the large number of pairs,
192 we carried out a double Ascending Hierarchical Classifications (AHC), linking sandwiches and
193 scenarios classifications, on the average appropriateness ratings of the pairs. For the “sandwich
194 category” level, we also conducted a subjects’ AHC, on their pairs assessments, followed by an
195 ANOVA (Subject cluster, Scenario, Sandwich).
196

197 **5.2.5 Results**

198
199 ***“Sandwich category” conceptual level***
200

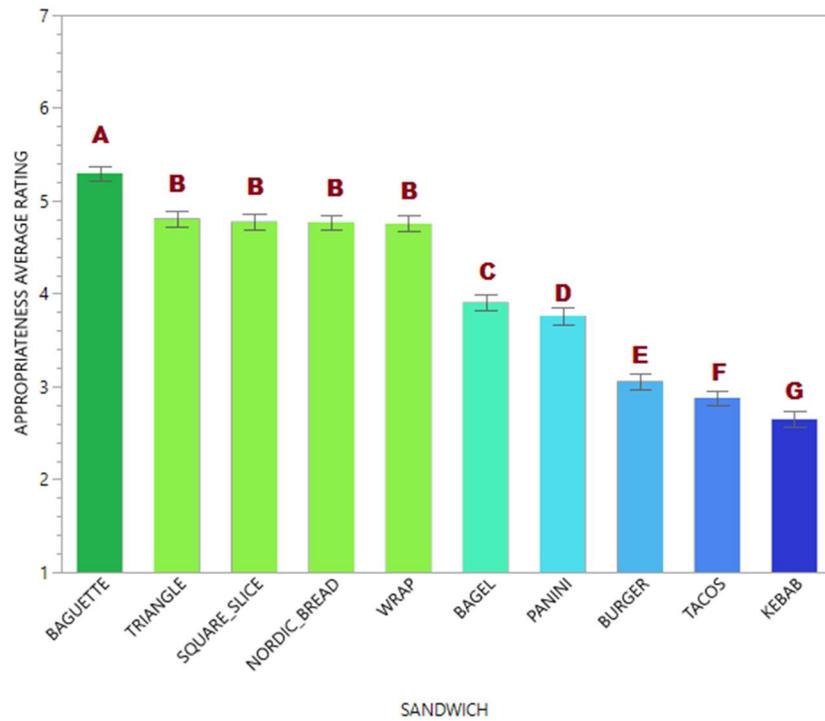
201 On average, for the sandwich product (general meaning), the different scenarios
202 identified vary in congruence strength (**Figure 5**; scenario: $F = 255.0$; $p\text{-value} < 0.0001^*$ -
203 **Table 2**). The “break in a park”, “city walk” and “long drive” scenarios are the most relevant
204 in the representations (respective means: 4.6, 4.6, and 4.5). These are perhaps scenarios where
205 the sandwich product is more expected than another food product, scenarios where the general
206 idea of the sandwich could be very much more settled. In opposition with the “food shopping”

207 (mean: 3.1) scenario, where a lot of food products are available, the sandwich may not be the
208 first choice.
209



210
211 **Figure 5.** Scenario average appropriateness rating (connection letters, HSD-Tukey), at the
212 conceptual level of “sandwich categories”.
213

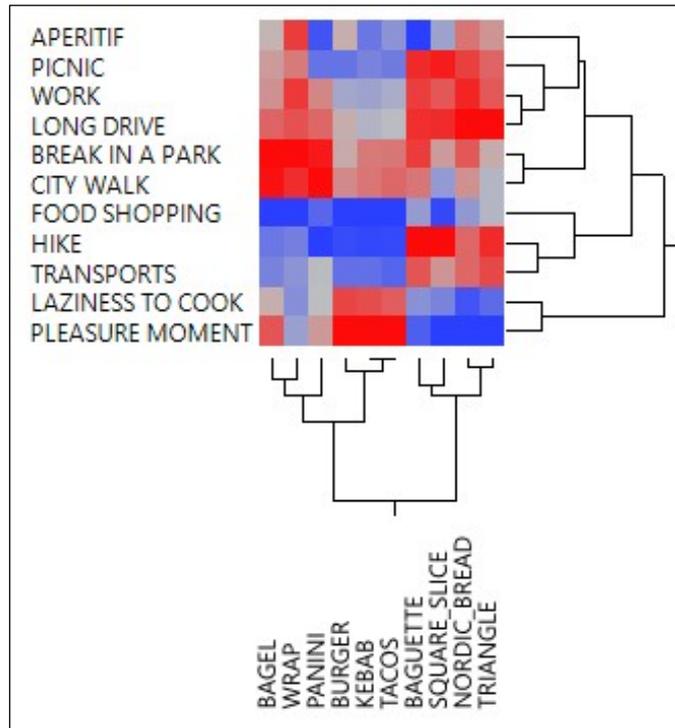
214 Between the different subcategories of the sandwich product, we observe a variability
215 of average congruence to the product’s episodes of consumption (**Figure 6**; sandwich: $F =$
216 1224.7 ; $p\text{-value} < 0.0001^*$ - **Table 2**). Therefore, there seems to be sub-categories in consumer
217 representations that are more typical of the sandwich product (general meaning). With the
218 highest mean appropriateness we find the “baguette” sandwich (mean = 5.3), a typical product
219 of French bakeries. This strong appropriateness can be explained by the French dominance of
220 respondents (98%). We also note an opposition between cold sandwiches (means ≥ 4) and hot
221 sandwiches (means < 4).
222



223
 224 **Figure 6.** Sandwich type average appropriateness rating (connection letters, HSD-Tukey), at
 225 the conceptual level of “sandwich categories”.

226
 227 As expected, we observe an interaction between the consumption episodes of the
 228 sandwich product and the sub-categories of the product (sandwich*scenario: $F = 80.5$; $p\text{-value}$
 229 $< 0.0001^*$ - **Table 2**). Therefore, at this conceptual level, there seems to be a precise
 230 representation of the consumption episode. Depending on the sandwich consumption episode,
 231 different types of sandwiches will be expected. Nevertheless, these product-context
 232 associations seem to form at a less precise level than the “taxonomic” categorization (**Figure**
 233 **7**). For example, we find a strong association of the “burger-kebab-tacos” sandwich trio with
 234 the “laziness to cook - pleasure moment” scenario duo. This intermediate level between the
 235 major category and the taxonomic sub-categories could be explained by the motivations. In
 236 these episodes sharing close motivations, a need for a big, fast and comforting meal, the burger,
 237 the kebab, as well as the tacos sandwiches can fill this need.

238



239

240 **Figure 7.** Double classification “sandwich – scenario”, at the conceptual level of “sandwich
 241 categories” (*Red pairing: strong appropriateness. – Blue pairing: low appropriateness*).

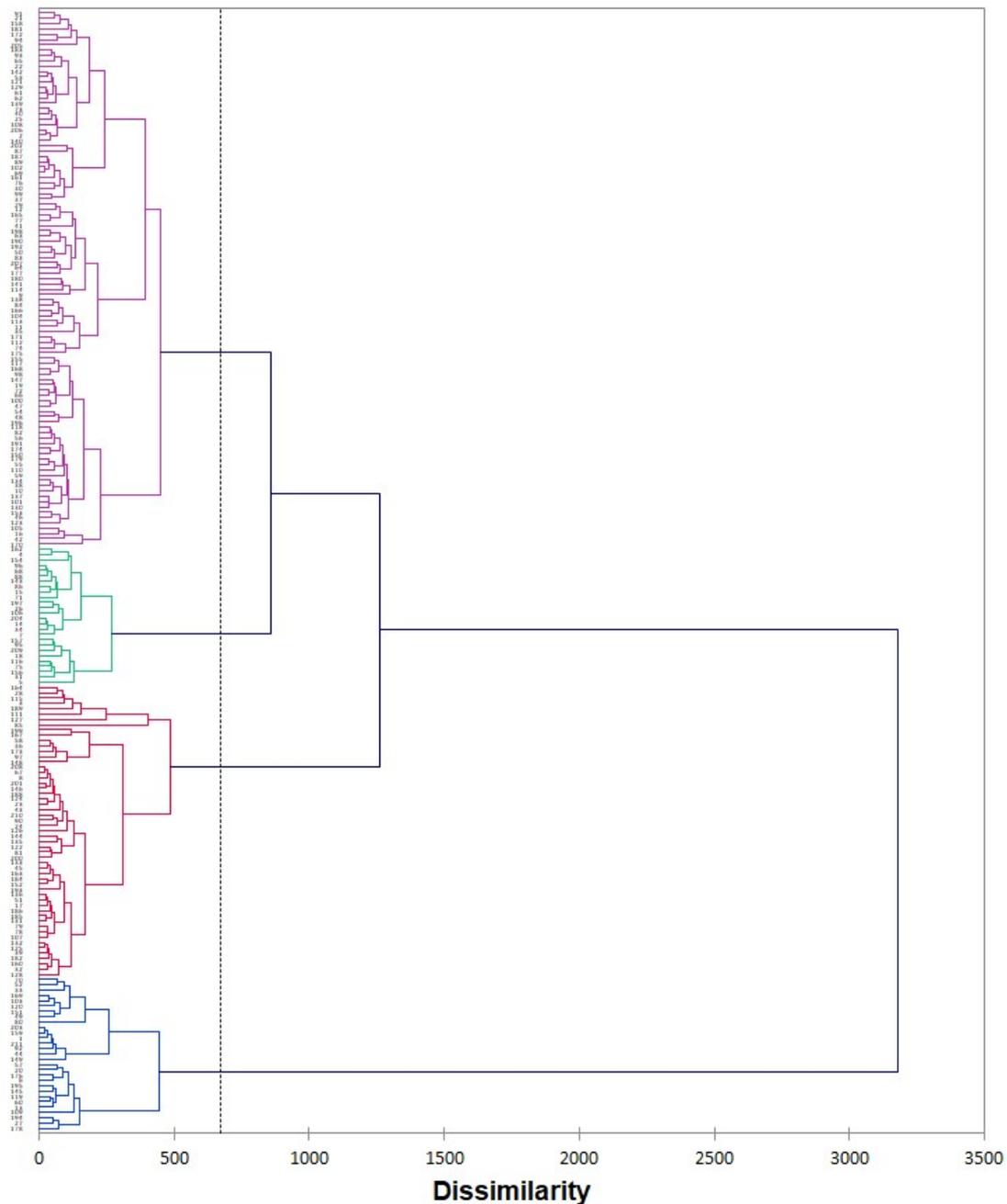
242

243 In this perception of congruence, we nevertheless note a lack of consensus between
 244 consumers (significant subject effect and linked interactions - **Table 2**). We identify four groups
 245 of consumers (**Figure 8**).

246

247 **Table 2.** Summary of the ANOVA effects (subject, sandwich, scenario), at the conceptual level
 248 of “sandwich categories”.

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
SUBJECT	210	210	18455.480	51.5870	<.0001*
SCENARIO	10	10	4343.544	254.9636	<.0001*
SUBJECT*SCENARIO	2100	2100	13428.165	3.7535	<.0001*
SANDWICH	9	9	18777.486	1224.698	<.0001*
SUBJECT*SANDWICH	1890	1890	17465.833	5.4245	<.0001*
SCENARIO*SANDWICH	90	90	12495.456	81.4974	<.0001*



249

250 **Figure 8.** Subject clustering on assessment dissimilarity (dendrogram truncation: 4), at the
 251 conceptual level of “sandwich categories”.

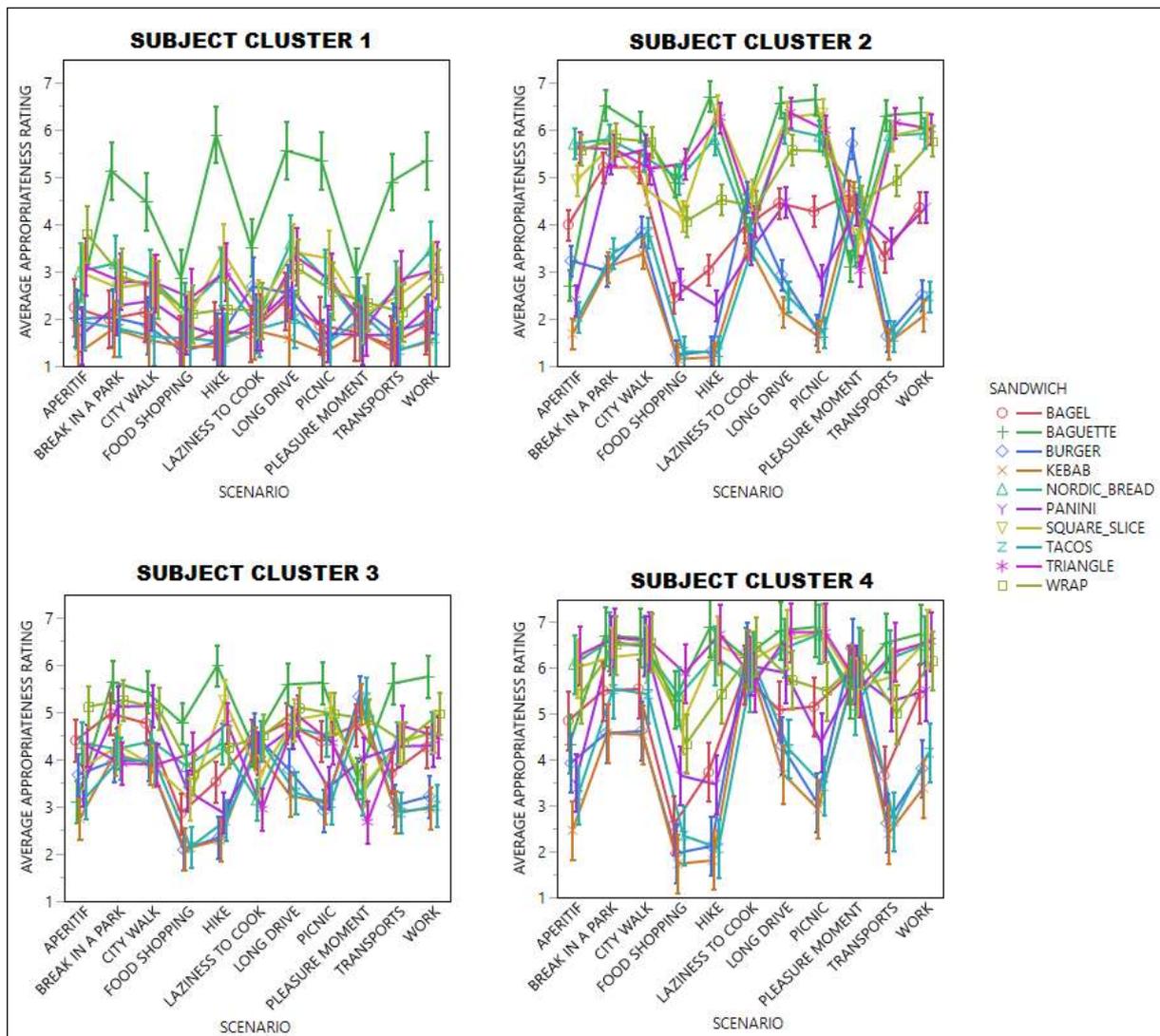
252

253 We find for these four groups of consumers four different evaluation patterns
 254 (sandwich*scenario*cluster: $F = 2.1$; $p\text{-value} < 0.0001^*$ - **Table 3**). Clusters n°2, n°3, and n°4
 255 show a similar picture of the associations with different uses of the rating scale. For cluster n°4
 256 we note more distributed assessments on the appropriateness scale between the different
 257 sandwich-scenario pairs. Cluster n°2 rather seems to assess pairs with extremes ratings. Cluster
 258 n°3 presents a narrow assessment of the pairs around the center of the appropriateness scale.
 259 Cluster n°1 is more distant from the other three, where only the “baguette” sandwich seems to
 260 matter in these associations.

261 **Table 3.** Summary of the ANOVA effects (subject cluster, sandwich, scenario), at the
 262 conceptual level of “sandwich categories”.

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
SCENARIO	10	10	3070.053	111.4849	<.0001*
SANDWICH	9	9	11822.577	477.0235	<.0001*
SCENARIO*SANDWICH	90	90	7314.202	29.5117	<.0001*
SUBJECT CLUSTER	3	3	12813.137	1550.973	<.0001*
SCENARIO*SUBJECT CLUSTER	30	30	929.366	11.2496	<.0001*
SANDWICH*SUBJECT CLUSTER	27	27	3575.107	48.0834	<.0001*
SCENARIO*SANDWICH*SUBJECT CLUSTER	270	270	1526.124	2.0526	<.0001*

263



264

265 **Figure 9.** Graphs of the interactions between sandwich*scenario*subject cluster, at the
 266 conceptual level of “sandwich categories” (4 evaluation patterns).

267

268 The ease of episodes imagination, the different episodes familiarity, the products liking
 269 and the different sandwiches frequency of consumption have a positive influence on the
 270 perceived pairs' congruency (**Table 4**). And among these explanatory variables, the “products
 271 liking” is the most influential. However, only 15% of the variability of the “appropriateness” is
 272 explained by these 4 explanatory variables ($R^2=0.151$).

273

274 **Table 4.** Correlations of personal variables to appropriateness ($R^2=0.151$), at the conceptual
 275 level of “sandwich categories”.

	EASE OF EPISODE IMAGINATION	EPISODE FAMILIARITY	PRODUCTS LIKING	PRODUCTS CONSUMPTION	PAIRS APPROPRIATENESS
EASE OF EPISODES IMAGINATION	1	0.642	0.097	0.099	0.256
EPISODES FAMILIARITY	0.642	1	0.097	0.104	0.184
PRODUCTS LIKING	0.097	0.097	1	0.557	0.311
PRODUCTS CONSUMPTION	0.099	0.104	0.557	1	0.226
PAIRS APPROPRIATENESS	0.256	0.184	0.311	0.226	1

276

277 **“Sandwich aspect” conceptual levels**

278

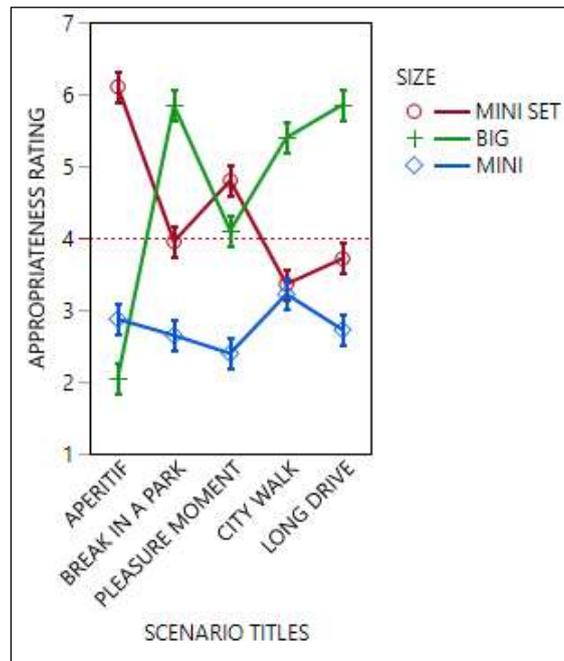
279 At the “product size” modulation level, we observe different products rankings
 280 according to the consumption episode (scenario*sandwich: $F=159.5$; $p\text{-value} < 0.0001^*$ - **Table**
 281 **4**). For example, between the "aperitif" and "long drive" scenarios we see a complete opposition
 282 in appropriateness between the presentation of a big sandwich and a set of mini sandwiches
 283 (**Figure 10**). In this case, we can assume that these consumption episodes are so precisely
 284 represented in consumers' minds that a specific appearance of the product, in terms of size, is
 285 expected.

286

287 **Table 4.** Summary of the ANOVA effects (subject, sandwich, scenario), at the conceptual level
 288 of “sandwich size / quantity”.

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
SUBJECT	163	163	970.5801	3.0675	<.0001*
SCENARIO	4	4	82.8520	10.6704	<.0001*
SANDWICH	2	2	1696.1520	436.8921	<.0001*
SUBJECT*SANDWICH	326	326	1649.0480	2.6059	<.0001*
SCENARIO*SANDWICH	8	8	2477.4455	159.5341	<.0001*

289



290
291 **Figure 10.** Graph of the sandwich*scenario interaction
292 (conceptual level of “sandwich size / quantity”).
293

294 At the “product flavor” modulation level, we observe different products rankings as well
295 according to the consumption episode (scenario*sandwich: $F=22.5$; $p\text{-value} < 0.0001^*$ - **Table**
296 **5**). On this level, the discrimination strength is lower (scenario*sandwich: $F_{\text{SIZE}} > F_{\text{FLAVOR}}$). If
297 it has been a little more difficult for consumers to project themselves on the “product flavor”
298 level, this perhaps reflects lower expectations in the mouth, compared to more visual product
299 aspects. Also, the flavors tested here were inspired by existing products, this may explain that
300 all the fillings are in average congruent. Nevertheless, still we can notice rankings variations.
301 Taking the "aperitif" and "long drive" scenarios example, we can see that “ham” and
302 “vegetables” sandwiches take opposite directions (**Figure 11**).

303
304 **Table 5.** Summary of the ANOVA effects (subject, sandwich, scenario), at the conceptual level
305 of “sandwich dominant flavor / filling”.

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
SUBJECT	163	163	3180.8805	24.0369	<.0001*
SCENARIO	4	4	59.3951	18.2898	<.0001*
SUBJECT*SCENARIO	652	652	1266.7049	2.3930	<.0001*
SANDWICH	3	3	87.1049	35.7635	<.0001*
SUBJECT*SANDWICH	489	489	2458.7951	6.1934	<.0001*
SCENARIO*SANDWICH	12	12	219.1024	22.4898	<.0001*

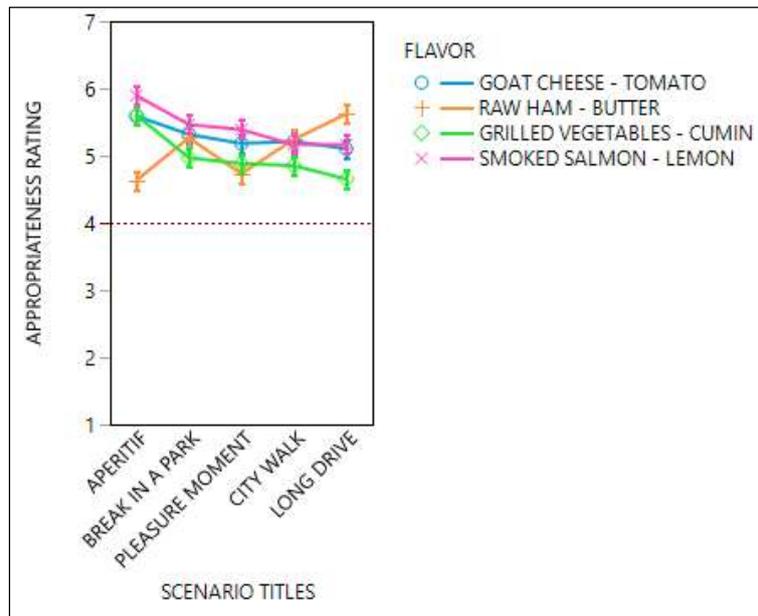


Figure 11. Graph of the sandwich*scenario interaction (conceptual level of “dominant flavor / filling”).

306
307
308
309

If we check the overall preferences between episodes, the motivations could still explain these observations. The social environment of the “aperitif” invites: to share, which the mini set of sandwich can meet; to give a good impression to the guests, which more expensive ingredients, such as salmon, can offer.

314

5.2.6 Discussion

316

In this study, we questioned the clarity of the mental representation of the consumption episodes. We know that immersion can be a way to boost the ecological validity in sensory and consumer sciences (Galiñanes Plaza et al., 2019). However, to bring consumers to the feeling of presence and to a representative behavior, the media content must match with their daily life representations (Wirth et al., 2007). Therefore, the precision of the consumption episodes representations will give us the design objectives of the media content. Here, we tested the interference between the conceptual precision level in the product presentation and the product congruence with the other dimensions of the consumption episode. Our initial hypothesis was that the consumption episode would be very detailed in minds, bringing specific expectations of the product within the episode.

327

We confirm this hypothesis here, with the observation of differences in perceived “product - context” congruence between the sandwiches and at each of the three levels of conceptual precision tested. The representation of the consumption episode appears very precise

330

331 in the minds of consumers. The precision of this mental representation appears, however, at an
332 intermediate level between the first taxonomic category "sandwich" and these taxonomic sub-
333 categories "baguette, bagel, wrap, kabab, and others". This intermediate level seems to be
334 guided by the motivational aspect of the consumption episode and the product's ability to meet
335 this motivational need. This observation is in line with the "jobs-to-be-done" marketing theory
336 (Christensen et al., 2016), which explains that products will only be considered by consumers
337 if they meet the specific need of the given situation.

338

339 We identified this motivational lever with the three tested levels of conceptual
340 precisions. By grouping together the three levels of information given on the sandwich product,
341 we could imagine the following scenarios:

342

343 (1) In the friendly "aperitif" episode, my need is to share a pleasant moment with others,
344 the sandwiches will be nicely presented and mixed with a multitude of other
345 products to taste, a set of mini salmon wrap will meet this need. With a prestigious
346 filling (more expensive), I offer my guests a qualitative culinary experience. With
347 the homogeneity of this type of sandwich, I can quickly prepare several mini from
348 a big one cut, shaping pretty little spirals with shade of pink. With their mini size,
349 they are ready to be shared, and small enough to be hungry to try other products.

350

351 (2) In contrast, in the "long drive" episode, my need is efficiency, I am hungry but the
352 way is long, there are few resting areas to stop, and usually prices are more
353 expensive there, a large triangle ham sandwich will meet this need. It is popularly
354 sold at gas stations, I can save time stopping once for all of my travel needs. I limit
355 my expenses taking a classic recipe like ham filling. And with its triangle shape I
356 can even hold it with one hand to finish it while driving.

357

358 Thus, consumers have a precise vision in mind of consumption episodes. However, this
359 conceptualization of the episode is not as strictly represented in their minds as we imagined.
360 Several sandwiches could be appropriate for the same situation; similarly, several scenarios
361 could be appropriate for the same sandwich. The motivational context of the episode seems to
362 guide the attention consumers pay to the products. The Bagel and Kebab sandwiches, for
363 example, both match with the episode "pleasure moment", the consumer could look for
364 "something big"; while in the episode "laziness to cook", the Bagel does not pair as well as the
365 Kebab, the consumer could be looking for "something hot". In consumption episodes, the

366 consumers (driven by their motivations) may look at the products according to thematic
367 categories, more than taxonomic ones (see category development: Pickard et al., 2021; Thibaut
368 et al., 2020). This non-taxonomic categorization is also observed here with the consumers
369 cluster n°1, for whom only the "baguette" sandwich is appropriate, in almost all the scenarios
370 tested. Their perception of the product seems here focused on its availability, in a French
371 consumption context (easily accessible with bakeries, on every street corner).

372

373 We also note a variability between products in their integration into their first taxonomic
374 category. For these sandwiches scenarios, the "Baguette sandwich", for example, reached
375 higher overall congruence than the "Kebab sandwich". In the "sandwich" taxonomic group, the
376 products seem to vary on their typicality, more or less integrated in the minds of consumers. In
377 a "sensory and consumer" application, the risk is therefore to misidentify the consumption
378 episodes of a product. Imagine you are interested in the perception of Kabab sandwiches in
379 context: if you start searching for the "sandwich" consumption episodes, while consumers have
380 in mind the "Baguette sandwich" when thinking about "sandwich", you may test then your
381 Kebab sandwiches in not appropriate situations where in will be rejected, as this type answer
382 different needs than the Baguette one. If the consumption episodes are precisely integrated in
383 the minds of consumers, even before rebuilding them, we must already be precise on the
384 dimension taken apart (often the "food & drinks" dimension) to identify the rest of the episodes
385 dimensions. Depending on our position, we assign a different image to the categories. In France,
386 the Baguette sandwich may be strongly associated with the image of the sandwich, but it may
387 not be the case in a country with a different culinary culture. Likewise, in the study of Yeomans
388 et al. (2008), the term "ice cream", which suits with the representations of the designers of the
389 smoked salmon ice cream by its manufacturing process, does not suit with the representations
390 of the consumers who associate a different image with this name, not salty, based on their past
391 experiences. The more precise we are, the more accurate the understanding will be on the media
392 content that we are seeking to identify.

393

394 We also observe between the different scenarios a variability of global congruence to
395 the sandwich group. Depending on the episode, the "sandwich" seem more or less strongly
396 integrated. This strength of integration may depend on the competition of this product to others
397 within the episode. In the "aperitif" scenario, for example, with low average congruence, crisps
398 or other "tapas" could easily replace the sandwich product.

399

400 These mental representations of the consumption episode also show a personal
401 dimension, with different perceptions of congruence and versatility. As Köster (2003) feared, it
402 can be difficult to get everyone to agree on a same contextual reconstruction. This personal
403 dimension may reflect the divergence of product experiences encountered (Dacremont &
404 Sester, 2019). Nevertheless, with only four stable consumer clusters, social or cultural
405 representations may also have strong impact in these representations of the consumption
406 episodes. By way of example, we suspect here strong cultural effect on the typicality, as the
407 Baguette sandwich arrived on the top of the appropriateness average ratings.

408

409 At the super-ordinal level of the product category, we know that there are already
410 differences in versatility between products, such as sweet snacks (context-stable liking) versus
411 familiar meals (more context-sensitive) (Cardello & Schutz, 1996; Dacremont & Sester, 2019;
412 De Graaf et al., 2005). And we observed here that within the same category (e.g. sandwich), at
413 a more basic level (e.g. burger, triangle, baguette, etc.), versatility still varies. Which means that
414 maybe not all familiar meals are context-sensitive, as well as, not all sweet snacks are context-
415 stable. It is likely that only the typical versions of the product category follow this law. This
416 questions novel foods, which deviate from the typical version of their super-ordinal category.
417 For example, will snacks enriched with pulses, rich in protein (bringing satiety - Ortinau et al.,
418 2014), still be context-stable like the typical snacks (eaten without hunger)?

419

420 On a methodological point of view, this precise representation of the consumption
421 episodes highlight the high consideration to give to the content media, in the contextualization
422 of sensory and consumer studies, to revive the consumer's presence. On this point, the evocation
423 strategies alone (written scenario) have the advantage of blurring the details, helping the
424 participant to feel present. However, at the same time, it also means that the evocation is not
425 controlled; the participant may feel present in a different episode, from the one in minds of
426 experimenters. Conversely, detailed evocations, as enriched with perceptual clues (e.g. context
427 room, virtual reality), request time for the content preparation, but once done, they may ensure
428 better control of the immersion.

429

430 These results also invite us to redesign the way the product is presented to consumers,
431 in an experimental framework. For example, products are often presented through samples
432 (Delarue & Boutrolle, 2010), limiting costs, waste, etc. But as observed here, the size of the
433 product can significantly affect its perceived appropriateness with the context. With a different
434 size, it will no longer respond to the same motivations.

435 The divergence of expectations in the mouth (product flavors), between the different
436 consumption scenarios, reinforces the interest in the contextualization of food studies.
437 Depending on the context, different characteristics will be expected / looked for, including its
438 flavor. Nevertheless, the taste perception can show a stability to expectations; the study of Koza
439 et al. (2005) showed, for example, a weaker influence in the mouth than on the smell, of the
440 expectations induced by the visual manipulation of the product. That is why, a strong contextual
441 immersion is perhaps necessary, to revive the force of the episode's motivations, on the taste
442 perception.

443

444 5.2.7 Conclusions

445

446 In an experimental framework, with the objective to bring consumers to a representative
447 behavior of reality, the media content must be treated with attention. The consumption episodes
448 are, indeed, precisely conceptualized in the minds of consumers. The more detailed the media
449 content, the more controlled the consumers projection will be. Identifying the motivations
450 behind the actual consumption episode will also guide its valid reconstruction.

451

452 5.2.8 Acknowledgements

453

454 The authors thank Priscilla Adei Ashie-Nikoi for her involvement in experimental
455 design and data collection through her Master internship, the Carnot Institute "Qualiment®"
456 for the funding support of this work, and all the participants involved.

457

458 5.2.9 References

459

- 460 Bisogni, C. A., Falk, L. W., Madore, E., Blake, C. E., Jastran, M., Sobal, J., & Devine, C. M. (2007).
461 Dimensions of everyday eating and drinking episodes. *Appetite*, *48*(2), 218–231.
462 <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.09.004>
- 463 Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American Psychologist*,
464 *32*(7), 513.
- 465 Cardello, A. V., & Schutz, H. G. (1996). Food appropriateness measures as an adjunct to consumer
466 preference/acceptability evaluation. *Second Rose Marie Pangborn Memorial Symposium*, *7*(3), 239–
467 249. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(96\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(96)00012-2)
- 468 Christensen, C. M., Hall, T., Dillon, K., & Duncan, D. S. (2016). Know your customers' jobs to be done.
469 *Harvard Business Review*, *94*(9), 54–62.
- 470 Dacremont, C., & Sester, C. (2019). Context in food behavior and product experience – a review. *Current*
471 *Opinion in Food Science*, *27*, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.007>
- 472 De Graaf, C., Cardello, A. V., Matthew Kramer, F., Leshner, L. L., Meiselman, H. L., & Schutz, H. G. (2005). A
473 comparison between liking ratings obtained under laboratory and field conditions: The role of choice.
474 *Appetite*, *44*(1), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2003.06.002>

- 475 Delarue, J., & Boutrolle, I. (2010). 8—The effects of context on liking: Implications for hedonic measurements
476 in new product development. In S. R. Jaeger & H. MacFie (Eds.), *Consumer-Driven Innovation in Food*
477 *and Personal Care Products* (pp. 175–218). Woodhead Publishing.
478 <https://doi.org/10.1533/9781845699970.2.175>
- 479 Galiñanes Plaza, A., Delarue, J., & Saulais, L. (2019). The pursuit of ecological validity through contextual
480 methodologies. *Food Quality and Preference*, *73*, 226–247.
481 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.004>
- 482 Gorini, A., Griez, E., Petrova, A., & Riva, G. (2010). Assessment of the emotional responses produced by
483 exposure to real food, virtual food and photographs of food in patients affected by eating disorders.
484 *Annals of General Psychiatry*, *9*(1), 30. <https://doi.org/10.1186/1744-859X-9-30>
- 485 Gouton, M.-A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2020). Comparison of immersive room and
486 virtual reality, through the consumption episode" Eating a sandwich in a park". *9. European Conference*
487 *on Sensory and Consumer Research (Eurosense)*.
- 488 Jaeger, S. R., Lee, P.-Y., Jin, D., Chheang, S. L., Rojas-Rivas, E., & Ares, G. (2019). The item-by-use (IBU)
489 method for measuring perceived situational appropriateness: A methodological characterisation using
490 CATA questions. *Food Quality and Preference*, *78*, 103724.
- 491 Jaeger, S. R., & Porcherot, C. (2017). Consumption context in consumer research: Methodological perspectives.
492 *Current Opinion in Food Science*, *15*, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.001>
- 493 Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: Some often encountered fallacies. *Food Quality and*
494 *Preference*, *14*(5–6), 359–373.
- 495 Koza, B. J., Cilmi, A., Dolese, M., & Zellner, D. A. (2005). Color enhances orthonasal olfactory intensity and
496 reduces retronasal olfactory intensity. *Chemical Senses*, *30*(8), 643–649.
- 497 Meiselman, H. L. (2019). *Context: The effects of environment on product design and evaluation*.
- 498 Mestre, D. R. (2018). Presence in Virtual Reality: Insights from fundamental and applied research. *Electronic*
499 *Imaging*, *2018*(3), 433-1-433–435.
- 500 Ortinau, L. C., Hoertel, H. A., Douglas, S. M., & Leidy, H. J. (2014). Effects of high-protein vs. High-fat snacks
501 on appetite control, satiety, and eating initiation in healthy women. *Nutrition Journal*, *13*(1), 1–5.
- 502 Pickard, A., Thibaut, J.-P., & Lafraire, J. (2021). Strawberries and Cream: The Relationship Between Food
503 Rejection and Thematic Knowledge of Food in Young Children. *Frontiers in Psychology*, *12*, 280.
- 504 Porcherot, C., Delplanque, S., Gaudreau, N., Ischer, M., De Marles, A., & Cayeux, I. (2018). Immersive
505 Techniques and Virtual Reality. In *Methods in Consumer Research, Volume 2* (pp. 69–83). Elsevier.
506 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0>
- 507 Schmuckler, M. A. (2001). What Is Ecological Validity? A Dimensional Analysis. *Infancy*, *2*(4), 419–436.
508 https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204_02
- 509 Sester, C., Derooy, O., Sutan, A., Galia, F., Desmarchelier, J.-F., Valentin, D., & Dacremont, C. (2013). “Having
510 a drink in a bar”: An immersive approach to explore the effects of context on drink choice. *Food*
511 *Quality and Preference*, *28*(1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.07.006>
- 512 Stelick, A., Penano, A. G., Riak, A. C., & Dando, R. (2018). Dynamic Context Sensory Testing—A Proof of
513 Concept Study Bringing Virtual Reality to the Sensory Booth. *Journal of Food Science*, *83*(8), 2047–
514 2051. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14275>
- 515 Thibaut, J.-P., Lafraire, J., & Foinant, D. (2020). A time for a meal? Children’s conceptions of short-term and
516 long-term effects of foods. *Cognitive Development*, *55*, 100885.
- 517 Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Saari, T., Laarni, J., Ravaja, N.,
518 & Gouveia, F. R. (2007). A process model of the formation of spatial presence experiences. *Media*
519 *Psychology*, *9*(3), 493–525.
- 520 Yeomans, M. R., Chambers, L., Blumenthal, H., & Blake, A. (2008). The role of expectancy in sensory and
521 hedonic evaluation: The case of smoked salmon ice-cream. *Food Quality and Preference*, *19*(6), 565–
522 573.

5.3 Comment repérer les indices perceptifs à implémenter en réalité virtuelle ? (Article 4)

À travers l'identification des éléments saillants au sein d'un épisode de consommation, l'article intitulé "*How to rebuild a consumption episode? An immersive "breakfast". (Article in preparation)*" discute des points de connexion entre les dimensions de l'épisode de consommation et entre les différents vécus personnels, pour une sélection des éléments du contenu médiatique, pertinente à l'évocation de l'épisode de consommation.

How to rebuild a consumption episode, an immersive “breakfast”?

Maëlle-Ahou Gouton¹⁻². David Blumenthal¹. Gilles Trystram¹. Catherine Dacremont²

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300 Massy, France.

² Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France.

5.3.1 Highlights

- This study identifies key elements to evoke the breakfast consumption episode.
- It exist perceptive connections between the consumption episode dimensions that might boost its evocation.
- Salient elements alone do not reflect the complex interactions between elements to rebuild a coherent episode.
- Persona identification may help contextual design to counterbalance individual divergent representations.

5.3.2 Abstract

Rebuilt environments aim to consider context during food evaluation, while keeping under control testing conditions. Whether immersive rooms or virtual reality, the difficulty is to evoke a consumption episode, not only a place. According to Bisogni et al. (2007), eight interconnecting dimensions characterize a consumption episode: food and drink, location, time, recurrence, activities, social setting, mental processes, and physical condition. If all those dimensions are part of consumption episodes, it seems necessary to evoke them inside the rebuilt environment where only “location” and “food and drinks” are actually provided to participants. In the present study, the consumption episode is “having a week-day breakfast”. The objective is to identify the key features effective to evoke a consumption episode from clues introduced in the physical environment i.e., a kitchen. 40 participants performed a recall-task with photo elicitation to identify what in the kitchen provide clues of the six other dimensions (time, activity, etc.). The day of the interview, participants took pictures of their kitchen showing the arrangement of their breakfast. Through a semi-directive interview, they described the eight dimensions of their breakfast and showed in the pictures clues of what they mentioned. For example, the microwave will not necessarily be used in the food preparation

37 but its digital clock implies it as a visual cue for the episode temporality. This approach, allows
38 the identification of salient elements to evoke “a week-day breakfast” episode.

39

40 **Key words:** Context, Consumption episode, Interview, Breakfast.

41

42 5.3.3 Introduction

43

44 Nowadays, in human sciences, as sensory and consumer sciences, we look for the
45 balance between internal and external validity of the experimental measurement (Galiñanes
46 Plaza et al., 2019; Jaeger & Porcherot, 2017). For a long time, in food products studies, CLTs
47 (Central-Location-Tests) methodologies were promoted (Delarue & Boutrolle, 2010). In full
48 control of the consumption context, CLTs aim to provide an understanding and explain the
49 causal relationships within the experiment (internal validity), to identify the perception only
50 related to the intrinsic properties of the product. Today ecological validity is questioned
51 (external validity): the ability to generalize these data to the daily behavior of the consumers
52 (Schmuckler, 2001), where the context influences their food perception (Edwards et al., 2003;
53 Köster, 2003). In real environments, as in HUTs (Home-Use-Tests) methodologies, this external
54 validity is promoted, but control is lost over the experimental conditions.

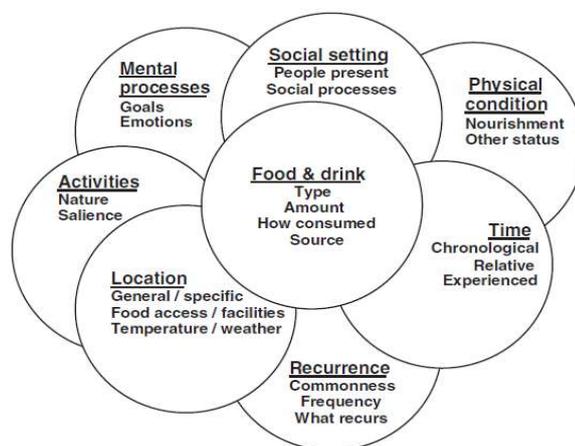
55

56 The laboratory contextualization could be a way to find the balance between these
57 internal and external validities. Different modes (media) to immerse in context exist now
58 (Porcherot et al., 2018; Sinesio et al., 2019): ranging from single evocations (e.g. written
59 scenarios - De Andrade et al., 2017; Hein et al., 2010, 2012; Jaeger et al., 2017; Lusk et al.,
60 2015; Piqueras-Fiszman & Jaeger, 2014a, 2014b), to perceptual reconstructions, physical (e.g.
61 context rooms - Bangcuayo et al., 2015; Hathaway & Simons, 2017; Sester et al., 2013) or digital
62 (e.g. virtual reality - Ischer et al., 2014; Persky et al., 2018; Siegrist et al., 2019; Ung et al.,
63 2018). However, to bring the consumers to behaviors representative of their daily life, to feel
64 present in the contextual evocation, the media content must remain coherent with the
65 consumers' representations of reality and must be composed of congruent clues (Schmuckler,
66 2001; Wirth et al., 2007).

67

68 In real life, we perceive our consumption episodes holistically, as a congruent whole.
69 Bisogni et al. (2007) describes these consumption episodes through the following eight
70 interconnected dimensions: food and drinks, time, location, activities, social setting, mental
71 processes, physical condition and recurrence (**Figure 1**). In sensory and consumer sciences, the

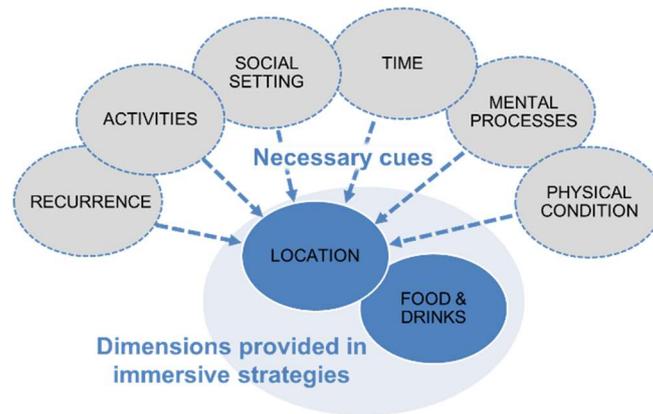
72 food holds a central position in the study and is higher weighted than the other contextual
73 dimensions. Considering the ecological validity issue, the experimenters question the CLT
74 experimental design (only focused on food), trying to include more contextual information. The
75 “location” dimension gains in importance, as the immersive environments make it accessible
76 for manipulations.



86 **Figure 1.** Consumption episode dimension (Bisogni et al., 2007).

87
88 In an experimental framework, it is not possible to rebuild the whole actual consumption
89 episode (Meiselman, 2019). With a media content offering crucial characteristics of the natural
90 setting, consumers could feel present and get back to their representative behavior.
91 Nevertheless, which characteristics should be selected? There are currently no guidelines for
92 building an ecologically valid environment (Galiñanes Plaza et al., 2019; Schmuckler, 2001).
93 Köster (2003) also expresses fears about the difficulty to present the context in a way that
94 everyone could identify with it.

95
96 While we do not know what to select, it is more certain that some elements of the episode
97 will not be easily brought back. For example, laboratory productivity affects the dimensions
98 of "time" and "recurrence" (session schedules adapt to working schedules and experimenters
99 availability, more than to the actual consumption episode). Recruitment affects "mental
100 processes", "physical condition" and "social setting" dimensions (opposed to field studies, the
101 participants coming to the laboratory leave their reality). Also, the unnatural explicit evaluation
102 of the food products changes the "activity" of the consumption episode. If these dimensions are
103 not brought to the consumers, they can already be evoked to them. More often, around the food,
104 only the “location” dimension is tangibly brought to the consumers (**Figure 2**). **Is there a way
105 to introduce within the “location dimension” some cues that trigger the evocation of other
106 dimensions?**



107
108 **Figure 2.** Hypothesis for a good immersion.
109

110 With the objective to identify the relevant keys for an effective rebuilding of immersive
111 consumption episodes, we explored a real and daily experience of consumption: the "weekday
112 breakfast in my kitchen" episode. Our initial hypotheses were that: (1) within the "location"
113 dimension some salient elements connected to the other dimensions of the consumption
114 episode, may efficiently trigger the evocation of these dimensions; (2) consumers'
115 representations of the same consumption episode may differ leading to different typical contexts
116 and scenarios. We conducted semi-directive interviews in a recall task, questioning the different
117 dimensions of the episode experienced. In individual sessions, 41 participants were asked to
118 describe their weekday breakfast moment spent on very morning. To help them, to remember
119 this moment and to identify perceptual clues linking the location to other dimensions of the
120 episode, they came with a picture took at breakfast just before stating to eat (photo-elicitation -
121 Bates et al., 2017; Lachal et al., 2012; Mills et al., 2017; Sibeoni et al., 2017).
122

123 5.3.4 Material & Method

124 *Participants*

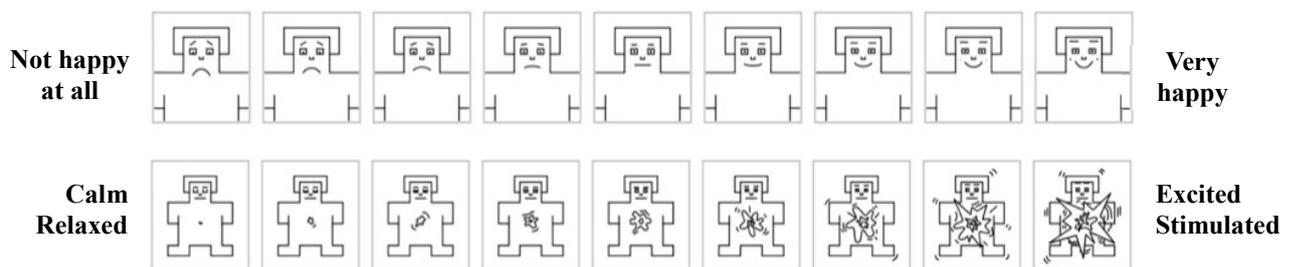
125
126
127 41 participants (average age 39; 20 men and 21 women) were recruited on their breakfast
128 habits to assist a 30-minute interview session. Among them, 29% were students, 46% were
129 active workers, and 25% were retired, balanced in gender in each category. They were all
130 volunteer adults, use to take breakfast in their kitchen during weekdays. All gave their written
131 consent and authorization for audio recording. 40/41 authorized the use of the picture brought
132 in support of the interview (in the frame of scientific use). Chocolate bars were given as reward
133 at the end of the session.
134

135 **Procedure**

136

137 30 minutes interviews were run in individual sessions. Around the topic of the consumption
138 episode "weekday breakfast in my kitchen". The interviews followed a semi-directive frame,
139 following a list of questions opening the discussion. Like a recall test (e.g. Haftenberger et al.,
140 2010; Naska et al., 2015; Orfanos et al., 2017), the participants were invited to report their
141 breakfast moment experienced on the very morning. To help them go as far as possible in their
142 lived memory, each of the eight dimensions of the consumption episode, as described by
143 Bisogni et al. (2007), was questioned (location, food & drinks, time, social setting, activities,
144 physical condition, mental processes and recurrence). And inspired by anthropological
145 methodologies, these interviews involved a photo-elicitation (e.g. Bates et al., 2017; Lachal et
146 al., 2012; Mills et al., 2017; Sibeoni et al., 2017). A picture was used as basis for the interview,
147 enabling the verbal material to be steered and enriched. For this photo-elicitation, before the
148 session the participants were instructed to capture, on the morning preceding the interview, the
149 moment of their episode just before consumption. This photo brought to the session was first
150 used to help them remember the moment they lived. In a second step, the photo was used to
151 help the participant to identify salient perceptual clues of the consumption episode. Dimension
152 by dimension, the participant was asked to find "evidence" supporting the facts of his/her
153 speech. And for the dimension "mental processes", as emotions were identified difficult to
154 express during pretests, participants were helped to express them through an evaluation on the
155 illustrated Self-Assessment Manikin scale (used only with pleasure and arousal assessments –
156 **Figure 3**) (Hayashi et al., 2016).

157



158

159 **Figure 3.** Pleasure and arousal 9-points illustrated scales (from Self-Assessment Manikin -
160 SAM), used to help emotional expression.

161

162 ***Photo capture instruction***

163

164 Participants were informed that they would have to prepare a photo (or more) of their
165 kitchen before the interview to guide the discussion and would be free to give it to laboratory
166 or not at the end of the session. To well capture this moment, they received the following
167 instruction: *"On the morning of the interview, using your smartphone / cellphone, take a few*
168 *photos of your kitchen after preparing your breakfast, before eating it. The photo(s) will show*
169 *your breakfast foods, where they were prepared, where they are placed, and where you would*
170 *sit to eat them. Make sure no one is in the photo."*

171

172 ***Episode targeting***

173

174 We pre-tested the breakfast meaning through a semantic association task. 136 online
175 participants (French. average age 27) were given the following instruction: "What comes to
176 your mind if I tell you: breakfast? - Give 1 to 5 words". After word analysis, we understood
177 breakfast was to wild expression hiding several type of breakfast consummation episode, so we
178 decided to specify the episode of weekday breakfast. And as our objective was to focus then on
179 the location perceptive indices, we finally selected "weekday breakfast in my kitchen" as target
180 episode to study. "Kitchen" was pretested to be the major place for weekday breakfast (for a
181 French panel).

182

183 ***Interview directions***

184

185 1. Did you have breakfast in your kitchen this morning? (**Location**)

186 1.1. Are you always in the kitchen to have breakfast? (**Recurrence**)

187 2. Do you have any other meals in the kitchen? If yes, what elements are unique / specific to
188 breakfast? (**Location**) (*Depending on the answer, ask: "Are there other elements not on the*
189 *photo which are specific to breakfast?" or vice versa "Are there other elements on the photo*
190 *which are specific to breakfast?"*)

191 3. What did you eat for breakfast this morning? (**Food / drinks**)

192 3.1. Do you always eat this for breakfast? (**Recurrence**)

193 3.2. Where were these food / drinks placed (*repeat those mentioned in the previous answer*)?
194 (**Location**)

195 3.3. Are they always placed here? (**Recurrence**)

- 196 3.3. What elements correspond to these foods / drinks and their consumption / preparation
197 method? (Food / drinks)
- 198 4. At what time did you have your breakfast this morning? (Time)
- 199 4.1. Do you still take it at this time? (Recurrence)
- 200 4.2. Is there any indication that it was * *Time previously answered* *? (Time)
- 201 4.3. How much time did you spend on your breakfast? (Time)
- 202 4.4. Do you always take this time? (Time)
- 203 5. Was there anyone with you? (Social setting)
- 204 5.1. Are you always alone / with others to have breakfast? (Recurrence)
- 205 5.2. Are there elements which indicate that you were alone / several? (Social setting)
- 206 6. What did you do before having breakfast? (Activities)
- 207 6.1. Do you always do this before having breakfast? (Recurrence)
- 208 6.2. Is there anything that indicates that you **summarize the answer**? (Activities)
- 209 7. What did you do while having breakfast? (Activities)
- 210 7.1. Do you always do this? (Recurrence)
- 211 7.2. What indicates that you were **summarize the answer**? (Activities) (if the answer is
212 “nothing”, ask : “Was there no music / television ...?”)
- 213 8. What did you do after you had breakfast? (Activities)
- 214 8.2. Do you always do this after having breakfast? (Recurrence)
- 215 8.1. Are there any indications that you **summarize the answer**? (Activities)
- 216 9. Can you remember how you felt at breakfast this morning? (Physical condition / Emotional
217 state)
- 218 9.1. Does anything indicate that you were **information previously answered**? (Physical
219 condition / Emotional state)
- 220 10. Do you have anything else to tell us about your breakfast? (General)

221
222 ***Data analysis***

223
224 Each interview was recorded using a dictaphone and then transcribed verbatim. Then
225 for each dimension of the consumption episode, each element of response to the questions was
226 listed and encoded per participant as "0 = absent" or "1 = present". For the identification of the
227 general scenario and salient elements, we looked at data distributions. For the identification of
228 profiles of participants, we run an Ascending Hierarchical Classification (AHC) on Multiple
229 Correspondence Analysis (MCA) subject coordinates. After identifying the different elements
230 linking consumer groups, we design imaginary characters breakfast routines, like “persona”

231 used in the fields of user-centered design (Kujala & Kauppinen, 2004; Massanari, 2010;
232 Miaskiewicz et al., 2009; Miaskiewicz & Kozar, 2011).

233

234 5.3.5 Results

235

236 *Location*

237

238 Overall, the participants provided much more information around the location
239 dimension (45% - **Table 1**). Photo-elicitation therefore seems to have helped the participants to
240 communicate around this dimension. It appears as an effective tool for the "perceptual"
241 identification (especially visual information) of the rebuilding bricks of the consumption
242 episode.

243

244 **Table 1.** Cited information per dimension.

DIMENSIONS	FREQUENCIES	PROPORTIONS	SIGNIFICANCE (Marascuilo)
Location	545	45%	A
Food & Drinks	246	20%	B
Activities	153	13%	C
Mental processes - Physical condition	146	12%	C
Time	82	7%	D
Social setting	41	3%	E
TOTAL	1213	100%	Khi2 : p-value < 0,0001

245

246 Among these location elements (**Figure 4**), we of course find the term "kitchen" cited
247 unanimously (x41), with its "table" very representative of this place (x33). The participants
248 described the location quite precisely, from the light atmosphere ("artificial light" x31; "weak /
249 indirect light" x24; "open shutter" x15), to the utensils for their consumption ("spoon" x25;
250 "chair" x25; "cup / mug" x24; "glass" x22; "bowl" x19; "knife" x18), to the preparation devices
251 ("microwave" x17; "kettle" x16; "toaster" x14; "coffee maker" x14) or the storage devices
252 ("cupboard shelves" x12; "fridge" x10), or even the devices relating to their activity ("radio"
253 x10), etc. However, if salient elements appears at first, going into details we can already notice
254 divergent location image in the main elements "kitchen" and "table". As example, 15
255 participant specifies having an "open kitchen". And some specify eating on a "big table" (x13),
256 while others on a "small table" (x11), or even on a "counter" (x11). Without going as far as
257 personal decoration (e.g. "tablecloth" x10), we can wonder if the participants would manage to

258 identify with a unique rebuild episode prototype. Moreover, the quantity of location information
 259 announces the necessity and the difficulty of the selection work of to pass from the real episode
 260 to the immersive rebuilding.
 261

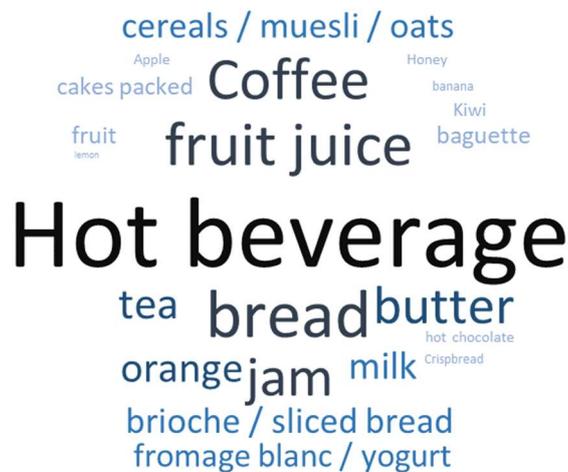


262
 263 **Figure 4.** Location citations' word cloud.
 264

265 ***Food & Drinks***
 266

267 Among the overall food & drinks elements (**Figure 5**), we find almost all the
 268 components of the nutritional pyramid (PNNS recommendations - Hercberg, 2011): “Hot
 269 beverage” (x33) (“Coffee” x19 ; “Tea” x14 ; “Hot chocolate” x4), cereals (“Bread” x22 ;
 270 “Brioche - sliced bread” x11 ; “Cereals - muesli - oats” x11 ; “Baguette” x7 ; “Cakes packed”
 271 x7 ; “Crispbread” x3), fruits (“Fruit juice” x20 ; “Orange” x13 ; “Fruit” x7 ; “Kiwi” x5 ;
 272 “Apple” x4 ; “Banana” x3 ; “Lemon” x2), condiment (“Jam” x18 ; “Butter” x17 ; “Honey” x4),
 273 dairy products (“Milk” x12 ; “Fromage blanc / yogurt” x10). However, in consumer individual
 274 reality these associations raises many questions: does any hot beverage would be enough to
 275 help consumer identifying with the episode, or would s/he need her/him tea, or coffee, to feel
 276 present in her/his own episode? Within a "nutritional" category (e.g. hot drinks, cereals, dairy
 277 products, etc.) are the products interchangeable? Would someone who usually only takes a
 278 coffee, known where s/he is if a set of products is presented? Do the cereals make sense without

279 the milk? Does jam make sense without the bread? Without bread, does the jam work with the
 280 cakes? Do the consumers who take fruit juice look for something fruity or something to drink?
 281 Some participants suggest the idea that products can be interchangeable (e.g. "in the morning,
 282 in general, I am rather relaxed ... as long as I have not drunk my coffee yet, or anything anyway"
 283 ; "It can vary, sometimes I take a yogurt"), others seem to have a less flexible representation on
 284 changes (e.g. "The foods are always the same for me, there are these on the table, so in other
 285 words, homemade jam, my coffee that is essential, with milk, so there is the coffee maker over
 286 there" ; "a tea, black tea every morning, yes classic of breakfast, tea" ; "tea is really every
 287 morning non-stop" ; "It must be, I don't know, 5 years that I have been eating the same thing").
 288



289
 290 **Figure 5.** Food & Drinks citations' word cloud.
 291

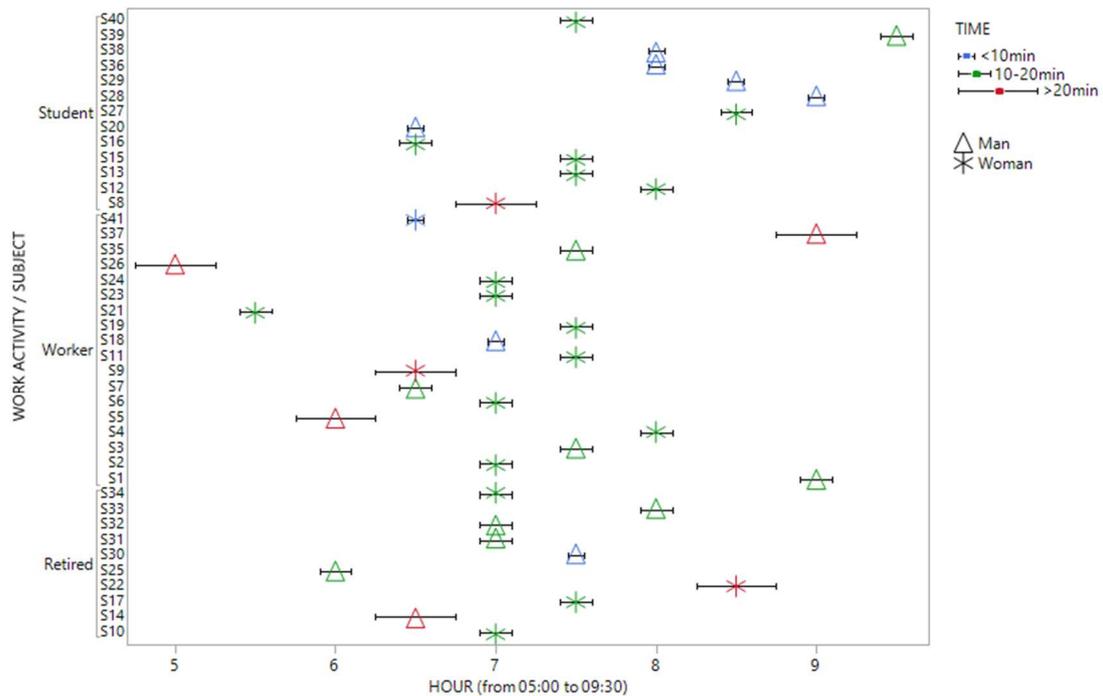
292 Within the location dimension, the elements "toaster", "coffee maker", "kettle" represent
 293 key points of connection to the dimension "food & drinks". These devices are used in the
 294 preparation of central food in the episode (e.g. hot beverages, breads), and even sometimes only
 295 used for this episode (e.g. "well, all that is coffee maker, toaster, for me, it's immediately
 296 breakfast" ; "the specific utensils, we do not see them on the photo I'm sorry, it's the kettle to
 297 heat water for the tea, and then a ball to put the tea" ; "The toaster is out just in the morning for
 298 breakfast, today I wasn't the one who used it, but toaster is out just for breakfast."). We also
 299 observe a logical interlocking between the elements, which could lose their meaning if extracted
 300 from their consumption scenario. For example, the consumption of hot beverages involves the
 301 following elements: cup, bowl, coffee maker, microwave, kettle. The fruit juice consumption is
 302 associated with presence of a glass. The bread preparation in slices requires: toaster, knife,
 303 spoon.
 304

305 **Time**

306

307 In a time dimension, we note a personal rhythm, with variable duration; but overall,
308 these timings remain close, on the scale of entire day, and balanced on gender and work
309 activities (**Figure 6**). Participants mostly take them breakfast between 10 to 20 minutes (x26),
310 from 5 a.m. to 9:30 a.m. (with a peak around 7 a.m. - x10).

311



312

313 **Figure 6.** Time dimension (hour, duration), crossed with work activities and gender.

314

315 Within the location dimension, several types of temporality connections can be found :
316 the low light intensity (x8) (e.g. “It was dark but otherwise I have no clock”), the digital clock
317 of domestic appliances, such as those of the microwave (x15) or the oven (x15) although they
318 are not necessarily involved in the food preparation (e.g. “I have the clock on the oven, on the
319 microwave, but here we do not see them”), the digital clock of audio-visual devices (“radio”
320 x6; “phone” x6; “weather station” x1; “decoder” x1; “TV” x1), or the more classic clocks (“wall
321 watch / pendulum” x6; “wrist watch” x2).

322

323 **Social setting**

324

325 Socially, this breakfast episode present an intimate setting. Most of the participants
326 experience it alone (71%). And if surrounded, they only share this episode with family (e.g.
327 “partner”, “sister”, “daughter”, “son”). In the rebuilding of a private episode like this one, where

328 the social setting is very familiar, would consumers be able to project themselves into the middle
329 of anonymous avatars? In this case, perhaps to give the illusion of a presence by auditory
330 stimulation would be more credible than a divergent visual stimulation of the close relation.

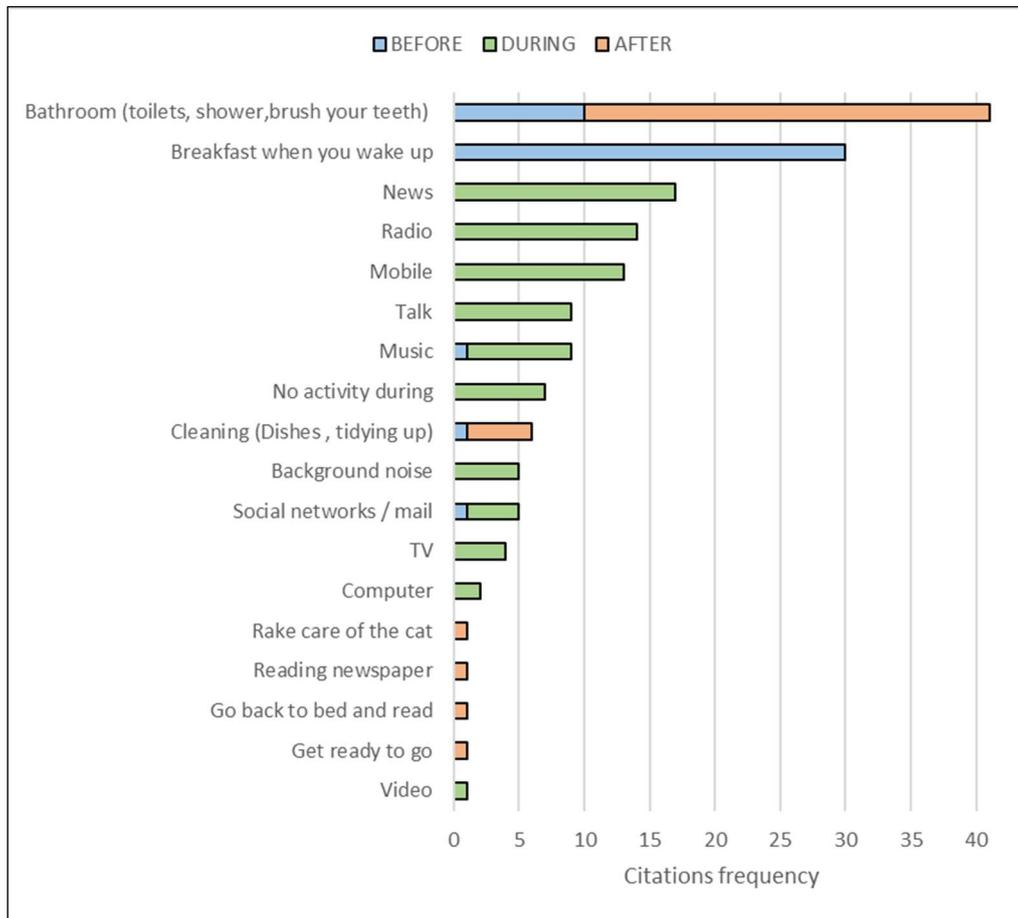
331
332 Within the location dimension, visually, the social setting is mainly here identified by
333 material quantities (74%), by one, by two, etc. (e.g. "one breakfast" x11; "one bowl" x5; "one
334 cup" x4; "one glass" x4; "one chair" x3; "one plate" x2; "a single fruit" x1; "a single tray" x1;
335 "a single spoon" x1;... "two plates" x2; "two bowls" x2; "two breakfasts" x2; "two chairs" x1;
336 "two napkins" x1). This clue could be easily managed in a rebuilding of the consumption
337 episode. It will nonetheless be engaging, as if designed on a fixed unit of "one" (or conversely
338 a fixed unit of "two"), not all consumers might find their groove, depending on whether they
339 are used to experience it alone or not.

340
341 The other clues identified relate to a more personal assessment, like a perceived
342 difference in rhythm (15%) (e.g. "there is nobody / it's empty" x4; "quiet house" x2; "when I'm
343 not alone, I rather sit on the other table" [different place] x1; "tidy kitchen" x1), or like a
344 perceived difference through the elements possessions (11%) (to him, to her, etc. - e.g.: "nothing
345 else on the table" x1; "him, drinks a coffee" x1;"my daughter's bowl presence" x1; "He takes
346 milk" x1; "He takes cereals" x1; "There are his own things" x1). On one hand, these types of
347 clues would be difficult to generalize for a rebuilding. On the other hand, perhaps people used
348 to be surrounded by the elements of another, would not be disturbed by a slightly divergent
349 representation from her/his personal episode scenario (e.g. to immerse a tea consumer in front
350 of a coffee maker).

351
352 ***Activities***

353
354 In this episode of consumption, 47% of the activities described (**Figure 7**) concern the
355 active preparation of the day ("get ready to go" x1; "take care of the cat" x1; "cleaning" [dishes,
356 tidying up] x6; "breakfast when you wake up" x30; "bathroom" [toilets, shower, brush your
357 teeth] x41), 26% is listening ("background noise" x5; "no activity during" [silence] x7; "music"
358 x9; "talk" x9; "radio" x14), 25% is audio-visual ("video" x1; "computer" x2; "TV" x4; "social
359 networks / email" x5; "mobile" x13; "news" x17), and 1% concern reading ("go back to bed
360 and read" x1; "reading newspaper" x1). From a motor point of view, the consumer therefore
361 experiences active and passive activities. Some would therefore require interactivity with the

362 recreated environment; others could be brought with the perceptual sound and/or visual
 363 enrichment of the location dimension, recreating an atmosphere.
 364



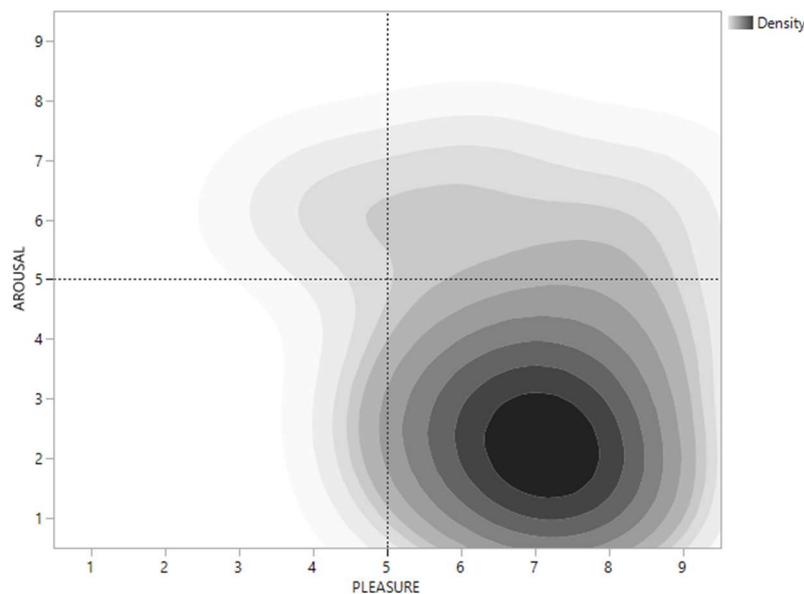
365
 366 **Figure 7.** Parallel activities to food consumption in the breakfast episode.
 367

368 As the series of actions brings a temporal dimension, certain elements can create a triple
 369 connection (“rather information, in fact it's a background sound that guides me [...] it serves me
 370 as time tracker, the radio, I know by heart the radio broadcasts that are playing at that time, I
 371 know how it comes one after another, and so it gives me my breakfast rhythm”). In a rebuilding
 372 of the consumption episode, the radio, for example, could be a very relevant element to
 373 implement in the location dimension (visual and/or background noise), evoking both, the
 374 activity and the temporality.

375
 376 ***Emotional & Physical condition***
 377

378 On the emotional and physical state, we understand with the participants’ speech that
 379 there is indeed for this episode a variation of the arousal state, going from a low level (“relaxed”
 380 x2; “rests” x2; “tired” x8; “drowsy” x1; “asleep” x1; “slept tight” x2), to a more awake level

381 (“wake up” x2; “stressed / in a hurry” x8; “moment to set off” x1; “allows for wake up” x1).
 382 Some participants have a very positive speech (“euphoric” x1; “pleasant / calm moment” x14;
 383 “friendly moment” x4; “special moment” x1), others less (“bored” x1; “concerned” x2;
 384 “anxious” x1; “depressed” x1; “cold” x1; “back pain” x1 ; “bloated” x1). However, through the
 385 quantitative assessments, on pleasure and arousal scales, we can highlight that this breakfast is
 386 mainly (76% - **Figure 8**) experienced as a calm (arousal: ≤ 5) and pleasant moment (pleasure:
 387 ≥ 5). For a smaller number of consumers this episode is a little more restless, in joy (17%), or
 388 irritation (7%).
 389



390
 391 **Figure 8.** Participants’ distribution on their quantitative emotional ratings.

392
 393 On a motivational level, this consumption episode is guided by a need (“hunger” x13;
 394 “it is a need” x1; “because you have to eat” x1), and at the same time, settled as automatic reflex
 395 (“normal” x1; “routine” x6; “habit” x3; “lifestyle” x1). In the episode rebuilding, the
 396 physiological need would not be easy to manipulate, but a good match between the presented
 397 elements and the consumer representations could play on the return to automatisms. For the
 398 participants, light (soft light atmosphere) represents a triple point of connection, between the
 399 dimensions of location, time and their state (physical and emotional). Here are some citations
 400 examples : "no, I don't have direct lighting, it's rather dark, calm but I really stay in the calm,
 401 serene moment and I have really quiet lunch, it's really still calm before starting"; "It's rather an
 402 artificial light, a subdued light, if I could eat in the dark, I would" ; "rather calm, I think anyway
 403 it's a breakfast, where you still have time to have breakfast, so it shows it is still quite relaxed
 404 and I had time to rest" ; "I like it when it's soft, my lights are not very aggressive, I like it when
 405 there is the sunlight that comes right in front of the house when I have breakfast, that's

406 happiness" ; "We put artificial light, here there are lights but we never put much light because
407 otherwise we wake up too much, too suddenly, and I don't like it, we have to take it slow".

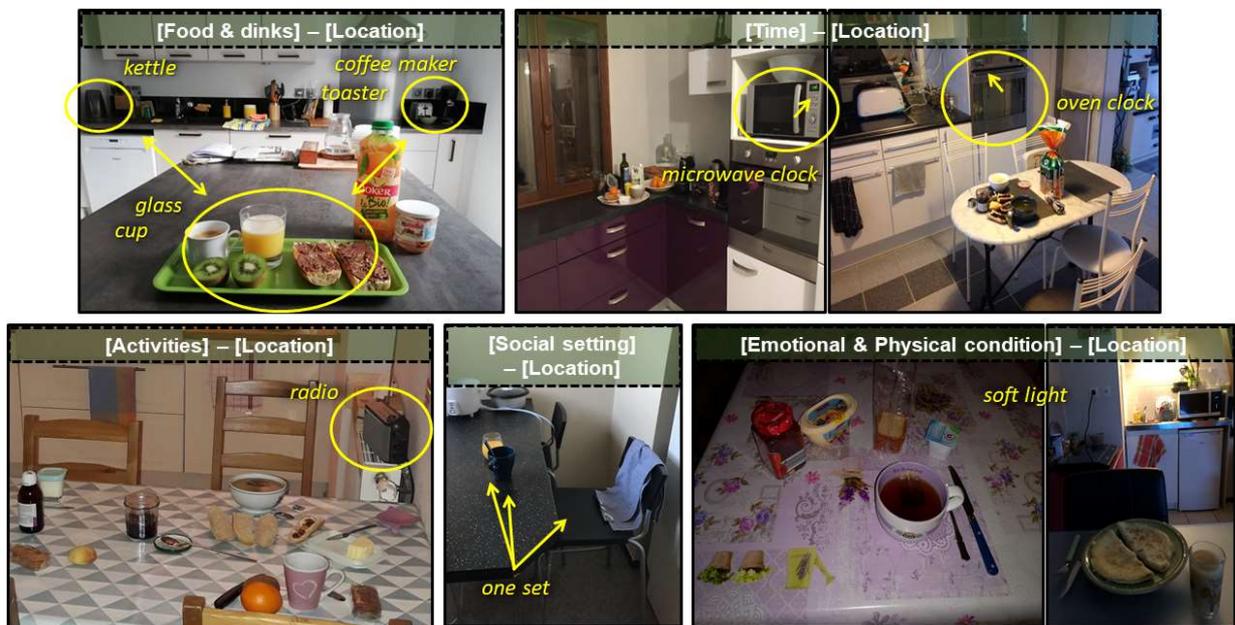
408

409 *Episode scenario(s)*

410

411 Through these interviews with photo-elicitation, we identify points of connection
412 between dimensions (**Figure 9**). By taking the salient elements (high citations), we could
413 construct a typical representation of this consumption episode (**Figure 10**). Nevertheless, would
414 this general vision, bringing together the highly cited elements, allow everyone to identify with
415 it?

416



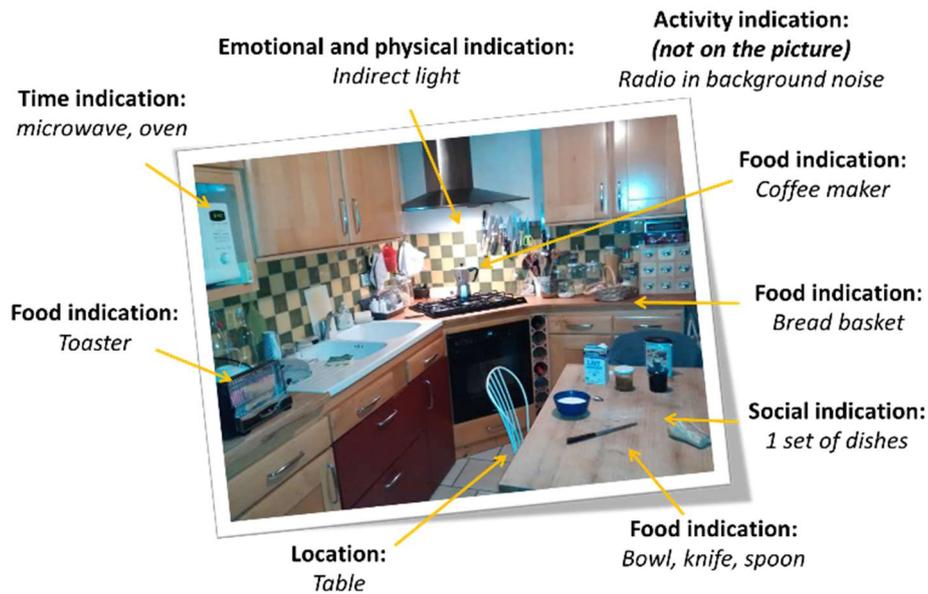
417

418 **Figure 9.** Examples of visual connections between the location dimension and other episode

419

dimensions.

420



421

422 **Figure 10.** Example of picture that illustrate well the “typical weekday kitchen breakfast”.

423

424 The participants are not here distinctly divided (**Figure 11**), even though their speeches
 425 suggest that their habits are finely orchestrated at the individual level. This shows the
 426 complexity and diversity in which the elements are associated with each other. On the most
 427 stable truncation (2), we separate our participants into two groups. By comparing the
 428 characteristic elements of these two groupings (**Table 2**), we construct two imaginary
 429 characters:

430

431 - “Jacqueline is a bread lover, she likes to use a good bread knife to prepare her toast, to
 432 grill them in the toaster, to spread on them butter and jam, then to plunge them in a big
 433 bowl of coffee, and especially she likes to share them with her family while listening to
 434 the news on the radio and occasionally she look at her oven to check the time.”

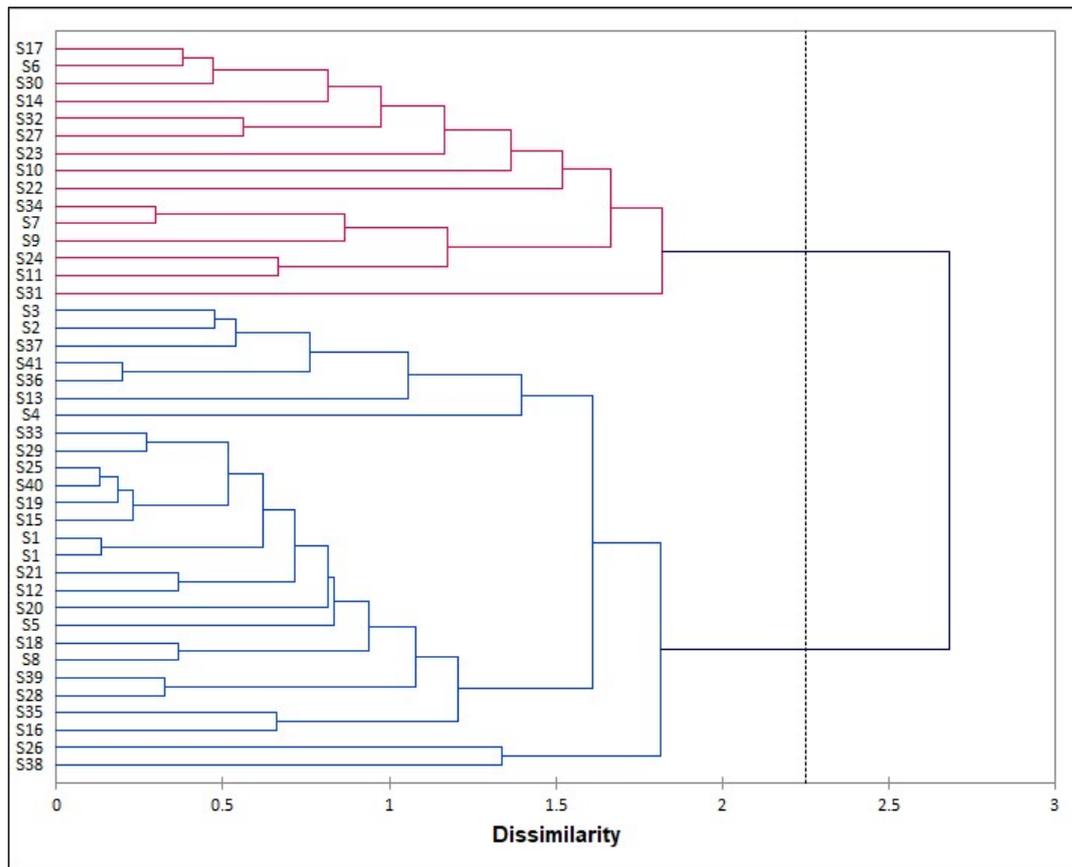
435

436 - “Lou loves the light and lonely morning, when she wakes up she catches her phone in
 437 one hand, a cup in the other hand and take her place standing up next to her fruit basket,
 438 before to taste her hot drink.”

439

440 For a reconstruction of this breakfast episode, these two “personas” (Jacqueline and
 441 Lou), could help in the design of the environment by offering, through the common thread of
 442 the scenario, an indication of the key elements to implement.

443



444

445

Figure 11. Dendrogram of the Ascending Hierarchical Classification of participants
(truncation = 2).

446

447

448

Table 2. Representation of the elements within both main consumers groups used in persona
construction. (*proportion of participants in the groups concerned by the element*).

449

ELEMENTS	Group 1 (N=15)	Group 2 (N=26)
LOCATION		
table	100%	58%
counter	0%	47%
chair [seated]	73%	54%
toaster	60%	19%
knife	60%	35%
bread knife	27%	0%
microwave	47%	38%
coffee maker	47%	41%
kettle	40%	38%
bowl	80%	27%
cup	40%	69%
glass	47%	58%
spoon	73%	57%
fruit basket	0%	19%

radio	53%	12%
artificial light	80%	73%
subdued light	53%	62%
FOOD		
coffee	73%	42%
tea	40%	31%
fruit juice	40%	54%
milk	47%	15%
bread	100%	58%
cereals	20%	31%
jam	73%	35%
butter	73%	27%
packed cakes	0%	15%
TIME		
5-6 a.m.	0%	8%
6-7 a.m.	20%	19%
7-8 a.m.	67%	35%
8-9 a.m.	13%	23%
9-10 a.m.	0%	15%
Indication: radio	33%	4%
Indication: phone	0%	23%
Indication: microwave	40%	38%
Indication: oven	67%	19%
SOCIAL SATTING		
alone (1 set)	47%	85%
with someone (more than one set)	53%	12%
ACTIVITIES		
smartphone	0%	46%
news	73%	23%
music	13%	19%
radio	60%	19%
EMOTIONAL (& PHYSICAL) STATE		
Average pleasure rating (9-points scale)	7.53	6.31
Average arousal rating (9-points scale)	2.73	3.96
PERSONA :	JACQUELINE	LOU

451 5.3.6 Discussion

452

453 In the quest for ecological validity in the experimental framework of sensory and
454 consumer sciences, we have here sought to explore the transition from the real consumption
455 context to its rebuilding. If we know today that immersion can be a way to bring the consumer
456 back to a representative behavior of her/his reality, the content to implement in the media (e.g.
457 virtual reality, immersive rooms) is not defined (Galiñanes Plaza et al., 2019; Schmuckler, 2001;
458 Wirth et al., 2007). To better understand the relevant elements to implement, we explored the
459 links between the consumption episode dimensions, in particular the location dimension, more
460 easily (and concretely) brought back to the consumer in a rebuilding phase. Our initial
461 hypotheses were that: (1) within the “location” dimension some salient elements connected to
462 the other dimensions of the consumption episode, may efficiently trigger the evocation of these
463 dimensions; (2) consumers' representations of the same consumption episode may differ leading
464 to different typical contexts and scenarios.

465

466 Through the identification of the episode "*French* weekday breakfast in my kitchen",
467 we validate these hypotheses. Here we identify key interconnected elements between the
468 location and other dimensions, sometimes even multiple connection points, with more than one
469 dimension connected to the location. We also note an individual sensitivity in these practices,
470 diverging from the idea of a single common representation of the episode experience.

471

472 Between the dimensions "location" and "food & drinks", the elements of products
473 preparation and the utensils of their consumption constitute points of connection. These
474 elements are even more a key for the episode rebuilding if they are used only for the episode of
475 interest. However, the use of these elements must respect a certain logic (grouping of elements
476 linked by the preparation and consumption of the same product). Taken apart from their
477 consumption scenario, they could lose their meaning.

478

479 For the “time” dimension, with the location dimension, we find connection points
480 relating to the “nature” laws, such as the luminosity here, which informs about the time of day
481 (morning). In a rebuilding, these markers can be powerful for evocation. In the study of Delarue
482 et al. (2019), although some session schedules did not match with the contexts evoked (e.g.
483 beach at 7 p.m., nightclub at 11:30 a.m.), these temporal incongruences did not destabilize the
484 evaluations (more schedule-stable than in booths). In their location rebuilding, the light
485 matched the evoked temporality (e.g. bright sun on the beach, half-light in the nightclub).

486 Other connection points to the “time” dimension can be discreetly hidden in the
487 “location” dimension, such as the clocks of devices, for which “giving the time” is not a primary
488 function (e.g. oven , microwave, TV decoder). The primary function is therefore not necessarily
489 representative of the element weight within the episode. Here, for example, the oven does not
490 seem, in its primary cooking function, useful for the breakfast episode, however, with its
491 accessory clock, it become a relevant element in the temporality evocation.

492

493 In an intimate episode like the breakfast explored here, the social setting might be
494 difficult to bring back to the consumer. The secondary actors of the episode are indeed very
495 familiar (children, partner), an unknown character will have difficulty reproducing this link,
496 unlike in a public episode. In a public context, it is indeed more credible not to know one's
497 social setting, some studies take advantage from this, creating collective sessions allowing
498 interaction with other participants (e.g. exchanges in a nightclub context, in a bar context -
499 Delarue et al., 2019; Sester et al., 2013; Sinesio et al., 2019), others resort to the use of avatars
500 (e.g. other customers of the store, of the self-service restaurant, tram passengers, pedestrian in
501 the street - Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Porcherot et al., 2018; Schnack et al., 2019).
502 However, if the social environment is not brought physically or presented visually, the
503 “location” can nevertheless leave the imprint of a presence, as here with the quantitative
504 character of the elements presented (e.g. two bowls, two chairs, etc.). As opposed to lonely,
505 silent mornings, the sound ambience of the location can also be a way to bring back the idea of
506 a social presence. As used by Schnack et al. (2019) with the noise of discussions in the
507 background, or by Faita et al. (2016) with a background of whispers, we could imagine in the
508 background of breakfast the sound of a person tidying up or cleaning the dishes.

509

510 Among the activities of the consumption episode we distinguish active activities from
511 passive activities. If the objective of the activity is well identified, its motor aspect could be
512 brought back in immersion. For active activities, the objective indeed provides the common
513 thread of the elements concerned by the interaction with the environment. In some studies this
514 type of activities is brought back to the consumer in the immersion and becomes the evaluated
515 task (e.g. cooking, selecting items in store, serving yourself at the buffet - Chicchi Giglioli et
516 al., 2019; Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019;
517 Ung et al., 2018). If the activity is passive, then it is easier to symbolize in the background,
518 giving the atmosphere of the location. As used by the studies of Andersen et al. (2018), Sinesio
519 et al. (2019), or even Delarue et al. (2019), with their nature background (e.g. beach) or musical

520 atmosphere (e.g. bar), for this breakfast we could bring back the visual and/or sound atmosphere
521 of the radio.

522

523 The series of actions also gives a temporal indicator in the episode, certain elements
524 (such as the radio here) may therefore represent "triple" points (location - activities - time),
525 boosting their relevance for the evocation. In a non-food context, the study of Faita et al. (2016),
526 for example, used series of actions to situate the participant in time (the beginning of the
527 evaluation followed a VR earthquake staging).

528

529 If in the episode rebuilding, the consumer state (physical and emotional) is independent
530 of our control, the atmosphere and the rhythm given to the rebuilt episode can nevertheless re-
531 evoke it. The calm and pleasant moment is here, for example, connected with the subdued
532 atmosphere and the slow rhythm. Beyond evocation, the light and sound atmosphere could even
533 revive certain emotions (e.g. light & emotion: Gheorghita et al., 2014; Li et al., 2021 / music &
534 emotion: Eerola & Vuoskoski, 2013; Hunter & Schellenberg, 2010; Juslin & Sloboda, 2013;
535 Konečni, 2008). The light atmosphere is as much important in the rebuilding as it constitutes a
536 multiple point of connection between the state of the participant, the location and the
537 temporality of the episode.

538

539 This study enabled to identify points of connection between the dimensions of the
540 consumption episode. However, for its rebuilding, we should not only rely on the salient aspect
541 of these elements (like only considering the most cited elements). Indeed, this study also
542 highlights the fact that these interconnected elements are orchestrated according to a
543 consumption scenario. Thus, in the same location the elements will not all have the same weight
544 according to the individual scenarios. If, for example, it is normal to find knives in a kitchen, a
545 person who won't eat bread for breakfast won't pull a knife out on the table; in this scenario,
546 without bread, the knife on the table is then incongruous. We assume here that the salient
547 elements will make the consumer identify "this is a breakfast" vs. A respect for her/his logical
548 scenario will lead her/him to perceive "this is my breakfast". In the episode rebuilding, the
549 difficulty is then to select from among the diversity of elements, a group of elements taking into
550 account their interconnections.

551

552 To strike a balance between common representation (it is breakfast) and practice (it is
553 my breakfast), the "persona" might be a solution. This fictional character indeed presents an
554 interesting guide to rebuild the episode's sub-scenarios, in order to approach the individual level

555 and attempt to immerse a maximum of people as close as possible to their daily experience.
556 This narrative form gives life to the needs and objectives of consumers, concentrated around
557 this persona, enlighten the design decisions (Miaskiewicz & Kozar, 2011).

558

559 In the identification of the media content to implement, photo-elicitation also present a
560 relevant interest. Here, it helped the participants to bring perceptual information to data
561 collection, necessary to rebuild a detailed location. It has also shown high interest in the
562 identification of implicit connections between the dimensions of the consumption episode. Here
563 the photo-elicitation recall-interviews were adapted for a single session; however, to go further,
564 we could also imagine exploring the stability of this perceptual representation of the episode.
565 As in the study of Mills et al. (2017), using photo-elicitation as daily visual diary, we could
566 repeat the consumption episode interviews / photography at the frequency of its actual
567 recurrence.

568

569 5.3.7 Conclusions

570

571 This study provides a first basis of consideration on the rebuilding of an immersive
572 experience, about the content to provide for an ecologically valid experience. We identify here
573 the key points for the consumption episode evocation, intersecting with the location dimension
574 brought to consumer. In this identification of media content, the photo-elicitation method and
575 the “persona” construction represent methodological advantages. The next step will now be to
576 implement these considerations in order to test quantitatively their impact on presence in an
577 immersive environment.

578

579 5.3.8 Acknowledgement

580

581 The authors thank Chloé Dath & Chantal Bourassa for them involvement in
582 experimental design and data collection through them collaborative Master internships, Jérôme
583 Mallard for his contribution in word analysis, Dominique Valentin for her consulting in the
584 experimental design, Francine Griffon for her logistics assistance, the Carnot Institute
585 “Qualiment®” for the funding support of this work, and all the participants involved.

586

587 5.3.9 References

588

- 589 Andersen, I. N. S. K., Kraus, A. A., Ritz, C., & Bredie, W. L. P. (2018). Desires for beverages and liking of skin
590 care product odors in imaginative and immersive virtual reality beach contexts. *Food Research*
591 *International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.027>
- 592 Bangcuayo, R. G., Smith, K. J., Zumach, J. L., Pierce, A. M., Guttman, G. A., & Simons, C. T. (2015). The use of
593 immersive technologies to improve consumer testing: The role of ecological validity, context and
594 engagement in evaluating coffee. *Food Quality and Preference*, *41*, 84–95.
595 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.017>
- 596 Bates, E. A., McCann, J. J., Kaye, L. K., & Taylor, J. C. (2017). “Beyond words”: A researcher’s guide to using
597 photo elicitation in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *14*(4), 459–481.
- 598 Bisogni, C. A., Falk, L. W., Madore, E., Blake, C. E., Jastran, M., Sobal, J., & Devine, C. M. (2007). Dimensions
599 of everyday eating and drinking episodes. *Appetite*, *48*(2), 218–231.
600 <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.09.004>
- 601 Chicchi Giglioli, I. A., Bermejo Vidal, C., & Alcañiz Raya, M. (2019). A virtual versus an augmented reality
602 cooking task based-tools: A behavioral and physiological study on the assessment of executive functions.
603 *Frontiers in Psychology*, *10*, 2529.
- 604 De Andrade, J. C., Nalério, E. S., Giongo, C., de Barcellos, M. D., Ares, G., & Deliza, R. (2017). Consumer
605 perception of dry-cured sheep meat products: Influence of process parameters under different evoked
606 contexts. *Meat Science*, *130*, 30–37.
- 607 Delarue, J., & Boutrolle, I. (2010). 8—The effects of context on liking: Implications for hedonic measurements in
608 new product development. In S. R. Jaeger & H. MacFie (Eds.), *Consumer-Driven Innovation in Food and*
609 *Personal Care Products* (pp. 175–218). Woodhead Publishing.
610 <https://doi.org/10.1533/9781845699970.2.175>
- 611 Delarue, J., Brassat, A.-C., Jarrot, F., & Abiven, F. (2019). Taking control of product testing context thanks to a
612 multi-sensory immersive room. A case study on alcohol-free beer. *Food Quality and Preference*, *75*, 78–
613 86. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.02.012>
- 614 Edwards, J. S. A., Meiselman, H. L., Edwards, A., & Leshner, L. (2003). The influence of eating location on the
615 acceptability of identically prepared foods. *Food Quality and Preference*, *14*(8), 647–652.
616 [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00189-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00189-1)
- 617 Eerola, T., & Vuoskoski, J. K. (2013). A Review of Music and Emotion studies: Approaches, Emotion models.
618 *And Stimuli, Review of Emotion and Music Studies, Music Perception*.
- 619 Faita, C., Tanca, C., Piarulli, A., Carrozzino, M., Tecchia, F., & Bergamasco, M. (2016). The effect of emotional
620 narrative virtual environments on user experience. *International Conference on Augmented Reality,*
621 *Virtual Reality and Computer Graphics*, 120–132.
- 622 Galiñanes Plaza, A., Delarue, J., & Saulais, L. (2019). The pursuit of ecological validity through contextual
623 methodologies. *Food Quality and Preference*, *73*, 226–247.
624 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.004>
- 625 Gheorghita, C. C., Grigorovschi, M., & Ciolacu-Miron, D.-E. (2014). Light and emotion: Achieving emotions in
626 landscape architecture by using light. *Bulletin UASVM Horticulture*, *71*, 1.
- 627 Haftenberger, M., Heuer, T., Heidemann, C., Kube, F., Krems, C., & Mensink, G. B. (2010). Relative validation
628 of a food frequency questionnaire for national health and nutrition monitoring. *Nutrition Journal*, *9*(1),
629 1–9.
- 630 Hathaway, D., & Simons, C. T. (2017). The impact of multiple immersion levels on data quality and panelist
631 engagement for the evaluation of cookies under a preparation-based scenario. *Food Quality and*
632 *Preference*, *57*, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.009>
- 633 Hayashi, E. C., Posada, J. E. G., Maike, V. R., & Baranauskas, M. C. C. (2016). Exploring new formats of the
634 Self-Assessment Manikin in the design with children. *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on*
635 *Human Factors in Computing Systems*, 1–10.
- 636 Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2010). Application of a written scenario to evoke a
637 consumption context in a laboratory setting: Effects on hedonic ratings. *Food Quality and Preference*,
638 *21*(4), 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.10.003>

- 639 Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2012). Effects of evoked consumption contexts on
640 hedonic ratings: A case study with two fruit beverages. *Food Quality and Preference*, 26(1), 35–44.
641 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.014>
- 642 Hercberg, S. (2011). Le Programme National Nutrition Santé (PNNS): Un vrai programme de santé publique.
643 *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 46(2), S5–S10.
- 644 Hunter, P. G., & Schellenberg, E. G. (2010). Music and emotion. In *Music perception* (pp. 129–164). Springer.
- 645 Ischer, M., Baron, N., Mermoud, C., Cayeux, I., Porcherot, C., Sander, D., & Delplanque, S. (2014). How
646 incorporation of scents could enhance immersive virtual experiences. *Frontiers in Psychology*, 5, 736.
- 647 Jaeger, S. R., Fiszman, S., Reis, F., Chheang, S. L., Kam, K., Pineau, B., Deliza, R., & Ares, G. (2017). Influence
648 of evoked contexts on hedonic product discrimination and sensory characterizations using CATA
649 questions. *Food Quality and Preference*, 56, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.003>
- 650 Jaeger, S. R., & Porcherot, C. (2017). Consumption context in consumer research: Methodological perspectives.
651 *Current Opinion in Food Science*, 15, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.001>
- 652 Juslin, P. N., & Sloboda, J. A. (2013). *Music and emotion*.
- 653 Konečni, V. J. (2008). Does music induce emotion? A theoretical and methodological analysis. *Psychology of*
654 *Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(2), 115.
- 655 Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: Some often encountered fallacies. *Food Quality and*
656 *Preference*, 14(5–6), 359–373.
- 657 Kujala, S., & Kauppinen, M. (2004). Identifying and selecting users for user-centered design. *Proceedings of the*
658 *Third Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, 297–303.
- 659 Lachal, J., Speranza, M., Taïeb, O., Falissard, B., Lefèvre, H., Moro, M.-R., & Revah-Levy, A. (2012). Qualitative
660 research using photo-elicitation to explore the role of food in family relationships among obese
661 adolescents. *Appetite*, 58(3), 1099–1105.
- 662 Li, Y., Ru, T., Chen, Q., Qian, L., Luo, X., & Zhou, G. (2021). Effects of illuminance and correlated color
663 temperature of indoor light on emotion perception. *Scientific Reports*, 11(1), 1–12.
- 664 Lusk, K. A., Hamid, N., Delahunty, C. M., & Jaeger, S. R. (2015). Effects of an evoked refreshing consumption
665 context on hedonic responses to apple juice measured using best–worst scaling and the 9-pt hedonic
666 category scale. *Food Quality and Preference*, 43, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.007>
- 667 Massanari, A. L. (2010). Designing for imaginary friends: Information architecture, personas and the politics of
668 user-centered design. *New Media & Society*, 12(3), 401–416.
- 669 Meiselman, H. L. (2019). *Context: The effects of environment on product design and evaluation*. Woodhead
670 Publishing.
- 671 Miaskiewicz, T., Grant, S. J., & Kozar, K. A. (2009). *A preliminary examination of using personas to enhance*
672 *user-centered design*.
- 673 Miaskiewicz, T., & Kozar, K. A. (2011). Personas and user-centered design: How can personas benefit product
674 design processes? *Design Studies*, 32(5), 417–430.
- 675 Mills, S., White, M., Wrieden, W., Brown, H., Stead, M., & Adams, J. (2017). Home food preparation practices,
676 experiences and perceptions: A qualitative interview study with photo-elicitation. *PLoS One*, 12(8),
677 e0182842.
- 678 Naska, A., Katsoulis, M., Orfanos, P., Lachat, C., Gedrich, K., Rodrigues, S. S., Freisling, H., Kolsteren, P.,
679 Engeset, D., & Lopes, C. (2015). Eating out is different from eating at home among individuals who
680 occasionally eat out. A cross-sectional study among middle-aged adults from eleven European countries.
681 *British Journal of Nutrition*, 113(12), 1951–1964.
- 682 Orfanos, P., Naska, A., Rodrigues, S., Lopes, C., Freisling, H., Rohrmann, S., Sieri, S., Elmadfa, I., Lachat, C., &
683 Gedrich, K. (2017). Eating at restaurants, at work or at home. Is there a difference? A study among adults
684 of 11 European countries in the context of the HECTOR* project. *European Journal of Clinical Nutrition*,
685 71(3), 407–419.
- 686 Ouellet, É., Boller, B., Corriveau-Lecavalier, N., Cloutier, S., & Belleville, S. (2018). The Virtual Shop: A new
687 immersive virtual reality environment and scenario for the assessment of everyday memory. *Journal of*
688 *Neuroscience Methods*, 303, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.03.010>
- 689 Persky, S., Goldring, M. R., Turner, S. A., Cohen, R. W., & Kistler, W. D. (2018). Validity of assessing child
690 feeding with virtual reality. *Appetite*, 123, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.007>

- 691 Piqueras-Fiszman, B., & Jaeger, S. R. (2014a). The impact of the means of context evocation on consumers'
692 emotion associations towards eating occasions. *Food Quality and Preference*, 37, 61–70.
- 693 Piqueras-Fiszman, B., & Jaeger, S. R. (2014b). The impact of evoked consumption contexts and appropriateness
694 on emotion responses. *Food Quality and Preference*, 32, 277–288.
695 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.09.002>
- 696 Porcherot, C., Delplanque, S., Gaudreau, N., Ischer, M., De Marles, A., & Cayeux, I. (2018). Immersive
697 Techniques and Virtual Reality. In *Methods in Consumer Research, Volume 2* (pp. 69–83). Elsevier.
698 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0>
- 699 Schmuckler, M. A. (2001). What Is Ecological Validity? A Dimensional Analysis. *Infancy*, 2(4), 419–436.
700 https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204_02
- 701 Schnack, A., Wright, M. J., & Holdershaw, J. L. (2019). Immersive virtual reality technology in a three-
702 dimensional virtual simulated store: Investigating telepresence and usability. *Food Research*
703 *International*, 117, 40–49.
- 704 Sester, C., Deroy, O., Sutan, A., Galia, F., Desmarchelier, J.-F., Valentin, D., & Dacremont, C. (2013). “Having a
705 drink in a bar”: An immersive approach to explore the effects of context on drink choice. *Food Quality*
706 *and Preference*, 28(1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.07.006>
- 707 Sibeoni, J., Costa-Drolon, E., Poulmarc’h, L., Colin, S., Valentin, M., Pradère, J., & Revah-Levy, A. (2017).
708 Photo-elicitation with adolescents in qualitative research: An example of its use in exploring family
709 interactions in adolescent psychiatry. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 11(1), 1–11.
- 710 Siegrist, M., Ung, C.-Y., Zank, M., Marinello, M., Kunz, A., Hartmann, C., & Menozzi, M. (2019). Consumers’
711 food selection behaviors in three-dimensional (3D) virtual reality. *Special Issue on “Virtual Reality and*
712 *Food: Applications in Sensory and Consumer Science”*, 117, 50–59.
713 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.033>
- 714 Sinesio, F., Moneta, E., Porcherot, C., Abbà, S., Dreyfuss, L., Guillet, K., Bruyninckx, S., Laporte, C.,
715 Henneberg, S., & McEwan, J. A. (2019). Do immersive techniques help to capture consumer reality?
716 *Food Quality and Preference*, 77, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.004>
- 717 Ung, C.-Y., Menozzi, M., Hartmann, C., & Siegrist, M. (2018). Innovations in consumer research: The virtual
718 food buffet. *Food Quality and Preference*, 63, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.007>
- 719 Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Saari, T., Laarni, J., Ravaja, N., &
720 Gouveia, F. R. (2007). A process model of the formation of spatial presence experiences. *Media*
721 *Psychology*, 9(3), 493–525.

5.4 Conclusions

À travers l'exploration d'épisodes réels de consommation, nous identifions dans ce second chapitre les points critiques du design du contenu médiatique, pour la construction d'une expérience en *VR* (ou tout autre mode de contextualisation). Le contenu médiatique doit en effet rester cohérent avec le vécu réel des consommateurs, pour leur permettre d'arriver à un état de présence et d'adopter un comportement représentatif de leur réalité (Wirth et al., 2007). Sur un plan conceptuel, nous questionnons ici la précision de la représentation des épisodes de consommation (**Article 3** – « *consommer un sandwich...* »), afin de déterminer le niveau de détail du contenu médiatique pour recouper les représentations des consommateurs.

Dans la littérature il n'y a pas de critères définis pour préparer la reconstruction écologiquement valide d'un épisode de consommation (Bisogni et al., 2007; Galiñanes Plaza et al., 2019; Schmuckler, 2001). Généralement, en laboratoires, seules les dimensions « lieu » et « aliments et boissons » sont concrètement amenées aux consommateurs. Une sélection judicieuse des éléments contextuels semble nécessaire. Dans une approche plus perceptive, nous questionnons alors l'existence d'éléments clés pour une évocation efficace des épisodes de consommation (**Article 4** – « *Petit-déjeuner en semaine dans ma cuisine* »). Y a-t-il au sein de la dimension de « lieu », des éléments connectés aux autres dimensions ? Y a-t-il pour un même épisode de consommation plusieurs profils de reconstructions contextuelles ?

A un niveau conceptuel de lecture de l'épisode de consommation, nous validons à travers l'exploration de la congruence « produit – contexte » (**Article 3**), la précision de cette représentation mentale. Dans cette étude, chaque niveau de détails conceptuels apportés au produit (type de sandwich, quantité, saveur) amène aux participants une perception nouvelle des épisodes de consommation. Les variabilités de cohérences « produit – contexte » observées, traduisent les fortes attentes des consommateurs induites par une représentation mentale précise des épisodes de consommation.

A l'image de la théorie marketing « jobs-to-be-done » (Christensen et al., 2016), nous retrouvons une conceptualisation de l'épisode de consommation, guidée par des aspects motivationnels. Les associations « produit – contexte » se forment alors sur la capacité du produit à répondre aux besoins motivationnels de l'épisode de consommation. Dans l'épisode de l'apéritif dinatoire, par exemple, où le besoin est au partage d'un moment agréable et convivial avec les autres, plusieurs mini sandwiches « wrap » au saumon répondent plus

favorablement à ce besoin, offrant : - avec une garniture prestigieuse au saumon une expérience culinaire qualitative, - avec une homogénéité du produit « wrap » une facilité de découpe, - et avec un format mini un partage rapide de cette recette autour du buffet. Parallèlement, dans l'épisode du long trajet en voiture, où le besoin est à l'efficacité, un gros sandwich « triangle » au jambon répond plus favorablement à ce besoin, ce type de sandwich étant : - rapidement accessible en station-service, - moins cher en recette classique au jambon, - et suffisamment gros pour combler la faim.

Dans cette représentation mentale de l'épisode de consommation, guidée par les motivations des consommateurs, nous identifions une catégorisation des produits davantage thématique que taxonomique (cf. développement de ces catégories : Pickard et al., 2021; Thibaut et al., 2020). Les regroupements « produit – contexte » se situent en effet à un niveau intermédiaire entre la catégorie taxonomique « sandwich » et les sous-catégories « baguette, bagel, wrap, kabab, etc. ». Ainsi, plusieurs sandwiches peuvent convenir à une même situation de même que, plusieurs scénarios de consommation peuvent convenir à un même sandwich. Les motivations de l'épisode de consommation induisent l'orientation thématique du regard du consommateur. Regardés sous le thème « quelque chose de gros », les sandwiches « bagel » et « kebab » répondent tous deux au besoin de l'épisode « moment plaisir » ; regardés sous le thème « quelque chose de chaud », ces deux sandwiches se dissocient alors dans leur capacité à répondre au besoin de l'épisode « paresse à cuisiner ».

Sur un plan méthodologique, la précision de la représentation des épisodes de consommation invite à une considération rigoureuse du contenu médiatique à implémenter dans une reconstruction contextuelle. Une stratégie d'évocation seule (ex. scénario écrit), peu détaillée, laissera un flou à la projection des consommateurs. Il leur sera alors possible de se sentir présents dans un épisode différent de celui visé par les expérimentateurs. Les évocations contextuelles accompagnées d'enrichissements perceptifs (ex. salles immersives, réalité virtuelle) contrôleront davantage l'évocation dans une représentation plus précise de l'épisode. Leur mise en place nécessitera néanmoins une identification profonde de l'épisode de consommation pour garantir la cohérence du contenu médiatique avec les représentations des consommateurs. La cohérence de cette contextualisation de l'expérience inclue également la présentation du produit. Le passage du produit réel à un petit échantillon standardisé (tel que favorisé en *CLT* - Delarue & Boutrolle, 2010) peut en effet changer la perception du produit, dans sa capacité à répondre au besoin du consommateur, en épisode de consommation. Par exemple, si en condition expérimentale, nous ne présentons qu'un échantillon du produit (d'une

seule bouchée), pour limiter le gaspillage alimentaire, dans un épisode de consommation motivé par la faim, cette échantillon risque d'être rejeté en raison de sa taille ; et cela n'informerait pas sur le produit réel qu'il symbolise.

De même, dans l'identification préalable des épisodes de consommation d'un produit, plus le produit sera précisément décrit, plus la projection des consommateurs sera pertinente. Nous identifions en effet, derrière cette même catégorie taxonomique « sandwich », une variabilité de typicité des sandwiches. Pour les consommateurs français interrogés, le sandwich « baguette » semble plus prototypique du « sandwich » au sens large, que ne l'est le sandwich « kebab ». Rechercher les épisodes de consommation du « kebab », sous la dénomination « sandwich » seule, pourrait amener les consommateurs vers une fausse piste de réflexion, ceux-ci gardant en tête l'image d'une « baguette ». De plus, la présentation précise du produit, pourrait contrôler l'homogénéité des consommateurs dans leur identification du produit (pour mieux en identifier les épisodes). Leurs représentations étant en effet susceptibles de varier, selon leurs « expériences produits » rencontrées (Dacremont & Sester, 2019), ou selon leurs positions face au produit (dénomination concepteur vs interprétation du consommateur – Yeomans et al., 2008).

A un niveau perceptif de lecture de l'épisode de consommation nous validons, à travers l'exploration des éléments saillants de l'épisode du petit-déjeuner (**Article 4**), l'existence d'interconnexions entre les dimensions de l'épisode. Ces connexions avec la dimension de « lieu » sont susceptibles de favoriser l'évocation des dimensions non manipulées. Dans cette identification, la méthodologie de photo-élicitation (Bates et al., 2017; Lachal et al., 2012; Mills et al., 2017; Sibeoni et al., 2017) est d'un intérêt précieux, aidant les participants à transmettre leur vécu, dans une prise de conscience de leurs automatismes et de leur environnement perceptif.

Au-delà de l'identification d'éléments saillants à l'épisode de consommation, nous identifions une articulation logique entre les éléments de l'épisode, relative au scénario de consommation. Les éléments de préparation des produits et les ustensiles utiles à leur consommation constituent par exemple des points de connexion entre le « lieu » et les « aliments et boissons ». Mais extraits du contexte réel, ces éléments n'ont de sens que si l'ensemble des éléments, reliés à la préparation et à la consommation d'un même produit, sont réunis. Plus que des éléments « individuellement » saillants nous recherchons, pour une reconstruction pertinente de l'épisode, le set d'éléments relatifs à un « scénario saillant ». S'il

est, par exemple, normal de trouver des couteaux dans une cuisine, une personne qui ne mange pas de pain au petit-déjeuner ne sortira pas de couteau sur la table ; dans ce scénario, sans pain, le couteau sur la table est alors incongru. Nous supposons ici que l'évocation des éléments saillants amènera le consommateur à une expérience du petit-déjeuner ; mais seul un respect de son scénario logique l'amènera à y percevoir son propre petit-déjeuner. La difficulté pour la reconstruction de l'épisode est alors de sélectionner, parmi la diversité des éléments du réel, un groupe d'éléments, en tenant compte de leurs interconnexions.

Dans ces scénarios de consommation, la fonction primaire des éléments (du point de vue de leur conception), n'est plus représentative de leur rôle au sein de l'épisode de consommation. Par exemple, dans cet épisode du petit-déjeuner, le four ici n'est pas important pour sa fonction première de cuisson (non utilisée à la préparation des aliments du petit-déjeuner), mais il l'est et utile pour l'évocation de la temporalité, de par son horloge « accessoire ».

À l'évocation de dimensions « non-crées », les lois physiques du monde réel représentent de puissants marqueurs. L'étude de Delarue et al. (2019) utilise, par exemple, une ambiance lumineuse cohérente avec la temporalité évoquée de l'épisode (ex. grand soleil de la plage, pénombre de la boîte de nuit). Sous ces conditions, les évaluations des produits restaient plus stables, malgré les divergences entre la temporalité évoquée et la temporalité réelle de la séance expérimentale (ex. plage à 19h, boîte de nuit à 11h30).

Selon la nature de l'information amenée au consommateur, nous pouvons également orienter son attention, en variant les sources perceptives. Le caractère « privé » de l'épisode du petit-déjeuner amène par exemple, une difficulté supplémentaire à l'évocation sociale. Un entourage très familial (enfants, conjoint) ne pourra être « frontalement » ramené au consommateur. Si cette dimension n'est ni amenée physiquement, ni explicitement présentée visuellement, le « lieu » peut déjà laisser l'impression d'une présence, par le caractère quantitatif des éléments (ex. deux bols, deux chaises, etc.). Les contextes publics, pour lesquels il est plus crédible de ne pas connaître son entourage social, ouvrent davantage de moyens à cette reconstruction. Certaines études utilisent par exemple des séances collectives permettant l'interaction avec d'autres participants (ex. échanges en contexte de boîte de nuit, en contexte de bar - Delarue et al., 2019; Sester et al., 2013; Sinesio et al., 2019), d'autres recourent à l'utilisation d'avatars (ex. autres clients du magasin, ou du self, passagers du tramway, passants dans la rue - Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Porcherot et al., 2018; Schnack et al., 2019).

Nous constatons également l'importance de la modalité auditive dans la reconstruction de l'épisode de consommation, pour les dimensions d'environnement social, d'activité, d'état physique et émotionnel. Par opposition aux matins solitaires et silencieux, l'ambiance sonore du lieu peut être un moyen de ramener l'idée d'une présence sociale, telle que restituée par Schnack et al. (2019) avec des bruits de discussions en arrière-plan, ou par Faita et al. (2016) avec un fond sonore de murmures. Une activité passive peut être symbolisée en arrière-plan et donner l'ambiance du lieu, telle qu'évoquée dans les études d'Andersen et al. (2018), de Sinesio et al. (2019), de Delarue et al. (2019), par un arrière-plan de nature (ex. plage) ou par une ambiance musicale (ex. bar). Si dans la reconstruction de l'épisode, l'état du consommateur (physique et émotionnel) est indépendant de notre manipulation, l'ambiance et le rythme donnés à l'épisode reconstruit peuvent néanmoins le ré-évoquer. Le moment calme et agréable est, par exemple, ici relié à l'ambiance tamisée et au rythme lent. Plus qu'une évocation, les ambiances lumineuses et sonores pourraient même raviver certaines émotions (ex. luminosité et émotion : Gheorghita et al., 2014; Li et al., 2021 / musique et émotion : Eerola & Vuoskoski, 2013; Hunter & Schellenberg, 2010; Juslin & Sloboda, 2013; Konečni, 2008). L'ambiance lumineuse est d'autant plus importante à la reconstruction qu'elle constitue un point multiple de connexion entre l'état du participant, le lieu et la temporalité de l'épisode.

Par l'interaction avec le lieu, les méthodes immersives offrent également une clé d'accès vers une reconstruction plus riche de l'activité de l'épisode. Au-delà de l'ambiance d'arrière-plan, certaines activités plus motrices (donc moins passives) au sein de l'épisode pourraient être ramenées en immersion. L'identification de l'objectif de l'activité donne ensuite le fil rouge des éléments concernés par l'interaction avec l'environnement. L'activité, ramenée dans l'immersion du consommateur, peut aussi devenir une tâche implicite à l'évaluation (ex. cuisiner, sélectionner des articles en magasin, se servir au buffet - Chicchi Giglioli et al., 2019; Ouellet et al., 2018; Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019; Persky et al., 2018; Ung et al., 2018). L'enchaînement des actions donne également un indicateur temporel à l'épisode. Certains éléments (comme la radio ici) représentent alors des points « triples » (lieu – activité – temps), pertinents à l'évocation. Dans un contexte non alimentaire, l'étude de Faita et al. (2016) utilise par exemple un enchaînement d'actions pour situer temporellement le participant (démarrage de l'évaluation à la suite de la mise en scène en VR d'un tremblement de terre).

Comme le présentait Köster (2003), force nous est de constater le caractère individuel des pratiques de l'épisode de consommation, divergeant de l'idée d'une seule et même représentation commune de l'expérience de l'épisode. Pour trouver un juste milieu entre la

représentation commune (c'est un petit déjeuner) et la pratique (c'est mon petit-déjeuner), la « persona » se présente comme une solution judicieuse. Ce personnage fictif offre en effet une grille de lecture de l'épisode, donnant vie, par sa forme narrative, aux besoins et aux objectifs des consommateurs (Miaskiewicz & Kozar, 2011). L'utilisation de la « persona » pourrait donc éclairer les décisions dans la conception des environnements immersifs, pour se rapprocher du niveau individuel et tenter d'immerger davantage de monde, au plus près de leur expérience quotidienne.

En définitive, ce second chapitre de thèse souligne la pertinence de l'utilisation des stratégies immersives (ex. réalité virtuelle, salles contexte) pour la contextualisation de la mesure sensorielle. Ces stratégies offrent, par leur richesse perceptive, une évocation précise. Au vu de la sensibilité conceptuelle de l'épisode de consommation, elles devraient apporter davantage de contrôle sur son évocation. Dans une bonne identification du contenu à implémenter au média, ces stratégies immersives pourraient, au-delà de l'illusion d'un lieu, favoriser l'illusion d'une expérience de l'épisode. Dans cette transition, du lieu commun à l'expérience personnelle, l'identification des motivations au sein de l'épisode cible est un levier clé.

Parmi ces stratégies immersives, la réalité virtuelle se présente ici, comme pertinente pour amener un contenu médiatique précis, au même titre qu'un environnement physiquement reconstruit. Mais en sont encore absentes les réponses aux questions, qui ne se posent pas en environnement physique : **Où est la place de l'aliment dans cette illusion ? Dans ce dispositif armé pour l'illusion d'un lieu et peut-être même pour celle d'une expérience, comment redonner au consommateur sa position d'acteur réel de l'épisode ? Comment redonner à l'aliment au cœur de l'étude toute sa présence ? Dans une réalité virtuelle non conçue originellement pour cet usage gustatif, comment ce produit alimentaire y est-il perçu et dans quelles limites le consommateur va-t-il pouvoir interagir avec le produit dans ce monde virtuel ? Jusqu'où le consommateur gardera-t-il un comportement représentatif dans son expérience de dégustation ?** Dans un dernier et troisième chapitre, nous tentons maintenant de répondre à ces questionnements.

CHAPITRE 3

**UNE MISE EN PRATIQUE DE CET OUTIL
VIRTUEL EST-ELLE ENVISAGEABLE POUR
UNE ÉVALUATION DE PRODUIT ?**

6 CHAPITRE 3 : UNE MISE EN PRATIQUE DE CET OUTIL VIRTUEL EST-ELLE ENVISAGEABLE POUR UNE EVALUATION DE PRODUIT ?

6.1 Introduction

Tout d'abord le domaine « sensoriel et consommateurs » s'intéresse à la réalité virtuelle (*VR*) pour l'accès qu'elle donne à la reconstruction d'un contexte. Déjà utilisée dans d'autres domaines, elle a jusqu'alors été très fortement travaillée avec cet objectif d'immerger tout utilisateur dans un espace donné, afin de l'amener vers un sentiment de présence spatiale (l'illusion d'être projeté au centre d'un espace avec la possibilité d'y agir). Comme définie par Fuchs et al. (2006), la *VR* vise à amener l'utilisateur vers une expérience nouvelle, qui, dans une certaine mesure, le changera de sa réalité, le transposera dans un monde imaginaire ou un monde symbolique, voire une inspiration de la réalité. Très active dans le milieu des jeux vidéo, la reconstruction en *VR* d'un monde virtuel imaginaire y est très développée. À ce jour, la *VR* semble faire ses preuves dans la reconstruction d'un lieu quotidien (**chapitre 1**) et pourrait, dans un design bien pensé, amener l'illusion d'une expérience de consommation (**chapitre 2**). Or, la mettre en place en étude « sensorielle » ou de « consommateurs » de produits alimentaires ajoute de nouvelles contraintes à cet outil virtuel.

Sur une modalité visuelle très développée, l'arrivée de la *VR* dans ce domaine « sensoriel et consommateurs » a d'abord commencé, par une utilisation en design expérimental limité à la représentation d'un espace. Sur des tâches de sélections par exemple, la prise de décision peut y être étudiée en interagissant visuellement avec l'environnement (ex. magasins, buffets). Tant que la tâche étudiée ne va pas au-delà de l'observation ou de la sélection des produits, une interaction purement visuelle avec l'aliment peut satisfaire l'objectif de l'étude (Melendrez-Ruiz et al., 2021; Persky et al., 2018; Schnack et al., 2019; Siegrist et al., 2019; Ung et al., 2018). Sur ce type de tâches, l'interaction de l'utilisateur avec l'espace est très importante. La tâche n'étant pas spécifique à un produit cible, l'aliment peut y être davantage intégré en représentation moins précise, où la prise de décision du consommateur se joue sur le niveau d'identification conceptuelle de l'aliment.

Aujourd'hui, dans un choix méthodologique, l'utilisation de la réalité virtuelle se dissocie encore de la reconstruction physique d'un environnement, par le naturel avec lequel le produit alimentaire va être amené en contexte pour sa dégustation. Comme précédemment expliqué, la réalité virtuelle est particulièrement avancée sur sa modalité visuelle, cette modalité

étant importante à l'individu pour sa représentation de l'espace d'action. Mais manger en réalité virtuelle nécessitera davantage qu'une illusion visuelle. Dans la mise en place d'une expérience « sensorielle et consommateurs » en VR, l'intégration du produit alimentaire représente donc un défi technologique spécifique au domaine.

Si notre application ne se limite plus à l'expérience de l'espace (à une échelle conceptuelle) mais à l'expérience d'un produit dans sa consommation, alors une exploration plus complète de ce produit devient de rigueur. Une expérience produit avancée commence par une observation plus approfondie de l'aliment. Il n'est alors plus seulement question d'identifier conceptuellement ce produit (sélection parmi des produits relativement différents), mais d'en percevoir ses caractéristiques propres (descripteurs sensorielles). Et pour aller au bout de cette expérience de consommation, il est nécessaire de redonner au consommateur son rôle d'acteur au sein de l'épisode de consommation, de lui permettre des échanges naturels et autonomes avec le produit. Pour autant, comment cet aliment, situé au cœur de l'épisode de consommation recréé par réalité virtuelle, est-il perçu ? Jusqu'où le consommateur va-t-il pouvoir interagir avec ce produit ? Et quel en est son ressenti global sur son expérience de consommation ?

Dans la première partie de ce chapitre, nous nous sommes intéressés, au premier plan, à la capacité de la réalité virtuelle à répondre technologiquement aux besoins entourant la dégustation d'un produit alimentaire, pour une étude « sensorielle » ou « consommateurs ». Bien que faisant théoriquement partie intégrante du contexte, l'aliment, au cœur des problématiques étudiées par le domaine, possède ici un poids plus important. Lorsque l'expérimentateur s'intéresse à la perception du produit dans son intégralité, pour l'aliment au centre de l'objectif de l'étude, il devient inévitable de le présenter physiquement (produit réel) au consommateur immergé en contexte. Au second plan, le contexte entourant l'aliment peut rester évocatif, mais pour le produit au premier plan, son évocation purement visuelle ne suffit plus. Dans une stratégie de ne pas rompre la séparation visuelle des mondes, réel et virtuel, nous sommes amenés à explorer l'idée d'une synchronisation du comportement d'un produit réel (physiquement présent) au comportement de son double virtuel (visuellement présent dans le monde virtuel).

La qualité du rendu visuel en réalité virtuelle peut être rapidement limitée par la puissance de calcul de l'ordinateur (Albert et al., 2017; Patney et al., 2016). Par ces contraintes, jusqu'où la représentation visuelle de l'aliment garanti-t-elle une perception valide de ces caractéristiques ? Dans une première étude (**article 5**), nous cherchons à répondre à cette

question, en comparant les descriptions visuelles de cookies réels avec celles de leur reconstruction 3D virtuelle. Pour étudier « jusqu'où sommes-nous en mesure de fournir une représentation réaliste du produit ? », nous nous intéressons ici à la méthode de reconstruction photogrammétrique. Cette méthode de reconstruction, déjà largement utilisée dans d'autres domaines (cartographie topographique, génie civil, archéologie, planification urbaine, jeux vidéo, ...), est connue pour sa facilité à recréer des éléments du monde réel, jusqu'à des textures hyper-réalistes, plus rapidement, avec moins d'équipements ou moins de maîtrise de développement, que les méthodes non-photogrammétriques (pour un même niveau de réalisme) (Statham, 2018).

Notre première hypothèse, de départ, était que la perception visuelle des produits alimentaires pourrait être déformée en réalité virtuelle, en attribuant des poids différents aux dimensions perceptives de « l'espace produit ». Pour identifier ces changements de poids relatifs des dimensions perceptives, les cookies réels et virtuels ont été d'abord comparés à l'aide d'une méthode rapide de description : le profil flash ($N = 20$) qui préserve les différences interindividuelles. Notre seconde hypothèse, était que les dimensions sensorielles communes aux espaces, réel et virtuel, pourraient présenter des écarts perceptifs différents entre les produits. Pour y répondre, dans une méthodologie de profil descriptif conventionnel, seize panélistes ont poursuivi un entraînement, jusqu'à être en mesure, dans leurs descriptions visuelles de cookies, d'en quantifier l'intensité des différents descripteurs sensoriels.

Au-delà de la qualité visuelle de l'aliment, l'expérience de dégustation implique une manipulation du produit, permettant ainsi l'exploration de ses propriétés : tactiles (la texture au toucher), olfactives (l'odeur à l'olfaction), et gustatives (la texture en bouche, les sensations trigéminales, les arômes, les saveurs, ...). Dans la stratégie explorée, il s'agit ici de permettre la synchronisation du visuel de l'aliment (amené par le monde virtuel) au produit réel physiquement présent. Une synchronisation réussie permettrait au consommateur une dégustation dans un comportement qui lui serait naturel. La traque de la position d'un objet dans l'espace soulève déjà un certain nombre de défis technologiques (Yilmaz et al., 2006). À cela s'ajoute, pour l'aliment, son caractère éphémère dans l'espace. Étant destiné à être mangé, il ne peut être repéré dans l'espace à la manière d'un objet non-alimentaire.

Pour faciliter les échanges du consommateur avec l'aliment et la représentativité de son comportement en *VR*, nous nous penchons sur le développement d'un dispositif *VR* permettant une évolution autonome du consommateur dans sa dégustation (**présentation du dispositif,**

6.2.2.). Pour la conception de ce dispositif, nous nous sommes interrogés sur les besoins de l'utilisateur dans son évaluation de produits et sur la manière dont les aliments pourraient être classifiés, selon les contraintes techniques apportées. Dans un focus sur les produits solides préhensibles à la main, nous avons identifié via l'étude d'enregistrements vidéos de dégustations ($N = 12$) la façon dont le consommateur peut interagir avec le produit, avec l'hypothèse qu'il existe des comportements plus ou moins reproductibles en *VR*, dans cet échange automatique avec l'aliment. En cette présentation du dispositif développé, nous regardons la manière dont la position de l'aliment peut être estimée et les limites comportementales que ce dispositif ne peut couvrir.

Sommes-nous aujourd'hui capables de recréer en *VR* une expérience de consommation, offrant toute sa capacité d'action à l'utilisateur, au sein de son épisode de consommation, dans une évolution et une évaluation autonomes, sur un produit représentatif, au sein d'une expérience crédible ? Dans la seconde et dernière partie de ce chapitre (**article 6**), nous questionnons le ressenti global du consommateur sur cette expérience de dégustation apportée par la *VR*. Dans une expérience de réalité virtuelle optimisée pour l'évaluation hédonique de produits alimentaires, cent dix-neuf participants (119) ont été immergés pour une évaluation de cookies contextualisée.

Cette expérience de dégustation prend ici en considération plusieurs prérequis précédemment discutés, tels que : l'intégration du dispositif développé pour faciliter la préhension, l'observation et la consommation d'un aliment réel, perceptible dans le monde virtuel, sous un visuel 3D photo-réaliste ; l'intégration de questionnaires au monde virtuel, guidant vers une évaluation autonome du produit ; la présentation du produit dans son format réel de consommation (plusieurs petits cookies) ; la reconstruction d'un environnement (parc) de représentation consensuelle ; l'intégration de repères communs aux mondes, réel et virtuel. Au vu des différences subtiles, précédemment constatées entre les environnements, sur l'évaluation de produit, la reconstruction *VR* de l'épisode est, pour cette étude, comparée à sa présentation conceptuelle seule (scénario) dans un design intra-sujets. La moitié de ces participants ($N = 59$) commençaient par une expérience *VR* et l'autre moitié ($N = 60$) par une expérience contextualisée en box, avant d'échanger. La mesure déclarative de l'immersion n'était cependant évaluée qu'après la première expérience de test (*VR* ou scénario seul), pour une comparaison inter-sujets, préservant une évaluation naïve en référence au réel quotidien. Cinq cookies, dont une recette dupliquée pour une évaluation de la répétabilité des participants, étaient évalués pour leur appréciation et leur accord à la situation évoquée. Les critères mesurés

comparaient le ressenti de l'expérience entre validité interne et externe. Notre hypothèse de départ était que la *VR* pourrait perdre en immersion face à une évocation seule en box, du fait de la manière artificielle d'y amener une préhension du produit alimentaire, face à la préhension automatique / inconsciente du monde réel. La population étudiée fût également rigoureusement sélectionnée sur un équilibre de critères personnels, afin de tester l'influence de certains traits personnels sur l'immersion en *VR* (âge, familiarité à l'épisode, expérience de la *VR*).

6.2 Cahier des charges : quels sont les besoin pratiques actuels et les limites de cette mise en place ?

6.2.1 Perception du produit en environnement virtuel (Article 5)

À travers la description visuelle et entraînée de cookies réels et virtuels, l'article ci-après, intitulé « *Validation of food visual attribute perception in virtual reality* », publié dans *Food Quality And Preference (FQAP - 2020)*, discute du niveau de réalisme perceptif de produits alimentaires présentés en réalité virtuelle.

[Published article in “Food Quality And Preference”, 2020]

Validation of food visual attribute perception in virtual reality.

Maëlle-Ahou Gouton ¹⁻², Catherine Dacremont ², Gilles Trystram ¹, David Blumenthal ¹

¹ Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300 Massy, France.

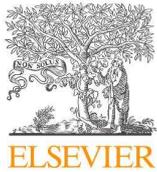
² Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France.

6.2.1.1 Highlights

- Virtualization of food products is possible thanks to photogrammetry.
- Virtual reality is a promising method for food product development.
- Visual descriptions were fairly close between real and virtual cookies.
- Brightness and color contrasts showed small differences.
- Optimization of software configuration could achieve VR products closer to actuals.

6.2.1.2 Published article

Gouton, M. A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2021). Validation of food visual attribute perception in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 87, 104016.



Contents lists available at ScienceDirect

Food Quality and Preference

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodqual

Validation of food visual attribute perception in virtual reality

Maëlle-Ahou Gouton^{a,b}, Catherine Dacremont^b, Gilles Trystram^a, David Blumenthal^{a,*}^a Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300 Massy, France^b Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France

ARTICLE INFO

Keywords:

Virtual reality
Virtual food
Visual perception

ABSTRACT

This study aimed to test the validity of visual representations of food products in virtual reality by comparing descriptions of a set of actual vs. virtual cookies. This validation is key to future applications of virtual reality in sensory studies. Ten commercial cookies were virtualized by photogrammetry then configured inside virtual sensory booths designed using Unity and presented via a first-version HTC Vive virtual reality headset. Flash profiling was used to determine changes in relative weight of the perceptual dimensions in the product space and compare descriptions of actual vs. virtual product appearance. Conventional profiling of both actual and virtual products then served to determine whether common sensory dimensions carry the same kind of weight in both real and virtual sensory spaces and show similar ranges of difference among products. The results showed that descriptions of virtual cookies were close to descriptions of the actual cookies. Brightness carried more weight in the perceptual space of actual products whereas color contrast carried more weight in the perceptual space of virtual products. However, this difference may have arisen from software-setting configurations that could be optimized for a better match. Taken together, the results of this study offer promising perspectives for the use of virtual products in sensory and consumers studies.

1. Introduction

Contextual variables are now known to modulate food experience and behavior (Dacremont & Sester, 2019; Galiñanes Plaza, Delarue, & Saulais, 2019; Meiselman, 2019), which has prompted sensory and consumer scientists to move away from laboratory experiments with high internal validity towards observational studies of spontaneous behavior that provide high external validity. For decades, sensory studies either carried high internal validity but low external validity (central location tests) or high external validity but low internal validity (home-user tests). Immersive setups have since been developed to secure both internal and external validity: experimental conditions were controlled to ensure all products are tested in a comparable way, and participants are immersed in an ecologically valid environment reproducing a consumption episode (Jaeger & Porcherot, 2017). As the level of immersion modulates product evaluations (Hathaway & Simons, 2017), increasing the realism of the environment should improve the reliability of sensory measurements. Virtual reality (VR) promises to meet this challenge.

VR is more than electronic devices—it is a concept (Fuchs, Moreau, & Burkhardt, 2006) designed to enable cognitive and sensorimotor activities in a numerically-built world that can be imaginary, symbolic,

or a simulated reality. VR offers the possibility to leave the physical environment and enter a virtual-world experience that operates a different scale of time, location, or type of interactions with the environment. Compared to a physically recreated environment, a VR environment can be quickly modified to change context, for example to change from a kitchen to a public place to repeat the same odor assessment (Porcherot et al., 2018). Compared to a 360° video (Andersen, Kraus, Ritz, & Bredie, 2019; Sinesio et al., 2019; Stelick, Penano, Riak, & Dando, 2018), VR offers the further possibility of interacting with the environment (Table 1). However, sensory and consumer sciences have only recently started to investigate the use of VR, so whether and how new VR-enabled methodologies really can transform research practice remains to be explored (Jaeger & Porcherot, 2017).

Several studies have already validated VR for specific applications, including decision-making and purchase intention (Schnack, Wright, & Holdershaw, 2018; Siegrist et al., 2019), serving size in a food buffet (Persky, Goldring, Turner, Cohen, & Kistler, 2018; Ung, Menozzi, Hartmann, & Siegrist, 2018), hedonic and emotional product assessments (Sinesio et al., 2019), food disgust (Ammann, Hartmann, Peterhans, Ropelato, & Siegrist, 2020), food craving (Ledoux, Nguyen, Bakos-Block, & Bordnick, 2013), stimulus-context congruence (Porcherot et al., 2018), visualization of complex product structure in

* Corresponding author.

E-mail address: david.blumenthal@agroparistech.fr (D. Blumenthal).<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104016>

Received 25 October 2019; Received in revised form 4 March 2020; Accepted 29 June 2020

Available online 30 June 2020

0950-3293/ © 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Table 1
Virtual reality vs. 360° Video (Ullman, 2020).

	VIRTUAL REALITY	360° VIDEO
PHOTOGRAPHY	Digital Environment	Live Action
MOBILITY	Immersive world that you can walk around in (as long as you are not “tethered” or connected to a computer)	360° view from camera perspective, but limited to filmmaker’s camera movements
VIDEO TIMELINE	Video can progress through a series of events or experience can be simply an existing world to be explored by the user	Video progresses on a timeline created by the filmmaker’s camera movements
PLATFORMS	Full experience requires a VR headset (can be “tethered” or mobile)	Available on 360 compatible players including YouTube (desktop and mobile)
STORY	Filmmaker does not control physical location of the viewer in the built environment (as long as you are not tethered) and as such must capture attention and also motivate user to travel in the direction of the events of the story	Filmmaker controls physical location of the camera, but must capture attention of viewer to direct the story

the design phase (Crofton, Botinestean, Fenelon, & Gallagher, 2019), and memorization tasks (Ouellet, Boller, Corriveau-Lecavalier, Cloutier, & Belleville, 2018).

The technological solution most frequently used to manipulate an actual food product in a VR environment is cropping the virtual image to see the actual product in the surrounding VR space (see Sinesio et al., 2019; Ammann et al., 2020). Using a simulated virtual product in the VR environment (Ledoux et al., 2013; Persky et al., 2018; Ung et al., 2018) provides a frame for further additional applications such as cross-modal interactions, with the possibility of varying expectations from product appearance while keeping the other sensory modalities (texture, flavor, etc.) constant. Narumi, Nishizaka, Kajinami, Tanikawa, and Hirose (2011) added a virtual chocolate layer on a plain biscuit. However, their virtual product was embedded in a real environment, their approach used an ‘augmented reality’ which, unlike VR, does not allow any interactivity with the environment. Food product design is another practical application for presenting virtually simulated products in virtual environments. VR makes sample homogenization easy, either by hiding a brandname stamped on chocolates or biscuits, duplicating samples for visually heterogeneous products, or testing visual appreciation of products that do not yet exist.

There are promising applications surrounding the use of a virtual food product in a virtual environment. However, a prerequisite is to first ensure the accuracy of the visual product simulation. Many aspects of behaviors in VR overlap with behaviors in real life (Fink, Foo, & Warren, 2007; Persky et al., 2018; Ung et al., 2018). However, for food products, consumer perceptions or choices could be very sensitive to the visual realism of the food image depicted (Crofton et al., 2019). Ledoux et al. (2013) reported significantly less food craving induced in VR than in real-world conditions, and they went on to question the

methodology can push the visual realism of a food product, we used the scanning method that currently gives the most realistic rendering possible, i.e. photogrammetry, on processed food products purpose-chosen to present visual complexity. Our first objective was to explore whether perceptions were distorted in VR by determining changes in the relative weight of the perceptual dimensions in the product space. The second objective was to determine whether common sensory dimensions carry the same kind of weight in both real and virtual sensory spaces and show similar ranges of difference among products.

2. General material

2.1. Participants

We recruited 20 subjects (15 females and 5 males; mean age 37 years \pm 11) from among the staff at AgroParisTech who were regular participants in sensory tests without being experts in the domain. The subjects chosen were regular cookies consumers who were available to participate in the study. Volunteers gave informed consent and received monetary compensation. All of them completed study 1, and 16 of them (11 females and 5 males) completed study 2.

2.2. Food products

We selected a set of 10 cookies from a supermarket (Fig. 1) and took two cookies from the same batch (Pe1 and Pe2) for internal validation. To keep the exact same set of cookies during the whole study, we strengthened them with a universal colorless matt Luxens® varnish (batch number: 195529 121017).



Fig. 1. Set of cookies used for real–virtual comparison (presented here on the same scale). **Mi:** “Milka Choco Cookies”. **Al:** “Allergo Cookies Pépites Chocolat”. **Co:** “Cora Cookies Maxi Pépites de Chocolat”. **Ga:** “Gayelord Hauser Diététicien Cookies Pépites

de Chocolat”. **Lu1:** “Lu Granola Gros Eclats de Chocolat”. **LuXM:** “Lu Granola Cœur Extra Moelleux”. **BC:** “The Biscuit Collection Chocolate Cookies”. **MV:** “Matilde Vicenzi Premium Cookies with Double Chocolate Chunks”. **Pe1 & Pe2:** “Pepperidge Farm Chocolate Chunk Milk Chocolate Cookies”.

visual rendering of their VR system.

This study was designed to explore the visual realism of a simulated food product in a full-VR environment. As we set out to explore the possibilities offered by a new technology, we started with the basic requirements. We compared the visual perception of food products assessed in real conditions (an actual product in natural environment) and in VR (virtual simulation of the same products presented in VR depicting the same environment). We used a set of cookies that display high visual complexity, and we investigated the degree of similarity between the actual and virtual food spaces in an exercise describing the appearance of the cookies. In order to explore how far a VR

2.3. Virtualization

2.3.1. Virtual cookies

After varnishing, the cookies were virtualized by photogrammetry. Photogrammetry is a method widely used in fields from topographic mapping, surveying, civil engineering and archaeology to urban, agricultural and environmental planning. Since 2014, it has increasingly been used in game design as it can recreate real-world assets faster than with a non-photogrammetric method (at the same level of realism) and support the push for hyper-realistic textures. Furthermore, it does not require a large team of developers nor any sophisticated equipment

Table 2
ScanCube® parameters.

SCANCUBE® CONFIGURATION	
Camera zoom lens	135 (manual configuration of the Canon EOS 750D)
Aperture	13 (1/3)
Shutter speed	1/8
Lighting	Controlled (intensity: 30%)
Focus	Unlocked
Ratio	Free
L	6000 pixels
H	4000 pixels
Cropping	OFF
Center with laser	Used to position the cookie in the middle of the ScanCube
Animation 360°	10 photos in 360°
Pause between photos	10 s



Fig. 2. Realism of a virtual cookie (“Co”) after Agisoft Photoscan® 3D reconstruction.



Fig. 3. Examples of 3-digit code bubbles. Left: virtual bubble (virtual cookie Pe1). Right: real bubble (real cookie Mi).

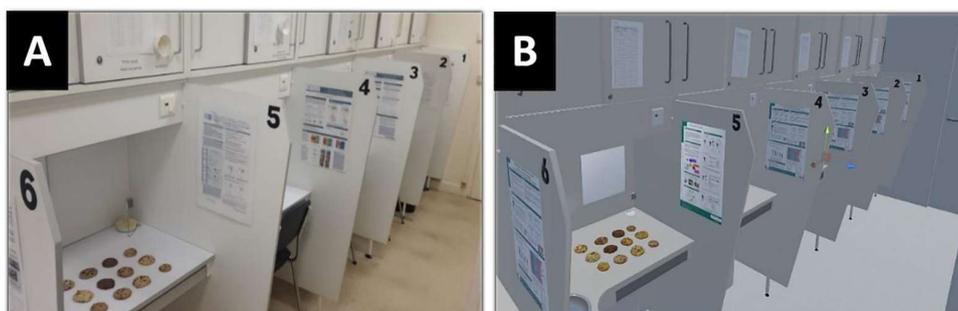


Fig. 4. A) AgroparisTech sensory evaluation room (Massy Center). B) Virtual booths identically rebuilt with Unity 2017.2.0f3 software.

(Statham, 2018). Here we proceeded in three steps: picturing, virtual reconstruction, and configuration of the virtual environment. This virtualization protocol is suitable for a rigid and relatively thin product with a geometric shape and an average size.

2.3.1.1. Picturing. 80 pictures per cookie were taken using a Canon EOS 750D® camera. To automate the process, the cookies were placed inside a ScanCube® (see Table 2 for the parameters), giving 8 points of view, with 10 pictures for each, in 360°.

2.3.1.2. 3D reconstruction. The pictures served to virtually reconstruct the cookies in 3D using Agisoft Photoscan® Software (version 1.2) and the reconstructions were exported to .fbx format supported by Unity 2017.2.0f3® software (Fig. 2).

2.3.1.3. Configuration in the virtual booth. One by one, the reconstructed cookies were imported into virtual sensory booths in Unity 2017.2.0f3®. First, virtual size was first adjusted to match real size, then the cookies were given physical attributes to enable interaction with the user. To get convincing physical behavior, the cookies were implemented with the following Unity object parameters: Rigidbody, Box collider, Mesh renderer, VRTK-InteractableObject, VRTK-ChildOfControllerGrabAttach, and VRTK-InteractHaptics.

For testing, cookies were anonymized by a three-digit number presented virtually with a green bubble (Fig. 3) in the virtual condition and on a cardboard tag attached with Blu-Tack (Patafix®) in the real condition.

2.3.2. Environmental design

We wanted to keep a neutral environment to properly compare the products, and so they were assessed in sensory booths. For the real condition, we used AgroparisTech sensory booths (at the Massy Center) (Fig. 4A). For the virtual condition, we used identically-copied virtual sensory booths designed with Unity® 2017.2.0f3 software (Fig. 4B), where each participant sat down, put on the HTC Vive® headset (first version), and used the two controllers to interact with products inside the booth (the participant was implemented as a first-person player in the virtual world).

2.4. Methods

To check changes in the relative weight of the perceptual dimensions in the product space, we performed a flash profiling study (study 1). Then, working from the compiled real and virtual descriptor lists generated in, we trained the remaining participants from study 1 to complete a conventional profile in order to assess whether these sensory dimensions are perceived similarly between real and virtual conditions (study 2). Half of the participants started with the virtual-product evaluation in each study, while the other half started with real-product evaluation. To ensure that all participants were equally familiarized with using the VR devices, before their first VR session they attended a 20-minute gaming session where no cookies or description tasks were

involved, in order to teach them how to grab and move an object and check for absence of virtual reality sickness ('cybersickness').

Cookies were tested in individual sessions, and real cookies were handled with gloves and taken carefully by the edges to prevent causing any damage and maintain product integrity. For both studies and in both conditions, all instructions and answers were given orally.

3. Study 1

To understand the distortion of visual product perception (determining changes in the relative weight of the perceptual dimensions in the product space), we used the flash profile method which initiates comprehension of the most important attributes of a product set while preserving inter-individual differences, as the participants use their own words and are not limited to a number of attributes (Dairou & Sieffermann, 2002). The flash profile technique has been applied to analyses of many different food-product categories including jams (Dairou & Sieffermann, 2002), dairy products (Delarue & Sieffermann, 2004), jellies (Blancher et al., 2007), wines and model wines (Fan, Tsai, & Qian, 2007; Liu, Bredie, Sherman, Harbertson, & Heymann, 2018; Liu, Grønbeck, Di Monaco, Giacalone, & Bredie, 2016), hot beverages (Moussaoui & Varela, 2010), lemon iced teas (Veinand, Godefroy, Adam, & Delarue, 2011), fish nuggets (Albert, Varela, Salvador, Hough, & Fiszman, 2011), liver pâté (Dehlholm, Brockhoff, Meinert, Aaslyng, & Bredie, 2012), and even microbiological models (Gkatzionis et al., 2013). Here we conducted flash profiling with 20 participants to ensure better configuration plot stability (Liu et al., 2018).

3.1. Method

3.1.1. Procedure

The twenty participants were split into two groups of 10 with comparable female/male ratios (8/2 and 7/3). One group started by the virtual condition (S1 to S10) and the second group started by the real condition (S11 to S20).

In both conditions, participants individually took part in two sessions. In the first session, the whole set of cookies was presented all at once (according to a Williams Latin square design) and the participants generated any terms that would describe differences among products. All terms generated by the group were then compiled into an exhaustive

list that was presented at the beginning of the second session. Participants were allowed to amend their initial list by adding or dropping terms. They then ranked the 10 cookies against each descriptor in their own final list.

An experimenter was present throughout the whole session, inside the next booth on the left of the participant, to give oral instructions to participants and collect their orally-reported rankings.

3.1.2. Data analysis

In total, the panelists used 254 descriptors to rank the real cookies and 265 to rank virtual cookies. Descriptors were grouped into five categories: geometry, color, visual texture, chunk distribution, and brightness. The number of descriptors per category was compared across experimental conditions.

A generalized Procrustes analysis (GPA) was run on the ranking data to assess the consensus between assessors' sensory maps, considering each descriptor from each panelist (Gower, 1975). The two conditions were analyzed separately. On the variable coordinates from a principal component analysis (PCA) of this first GPA, we ran an ascending hierarchical classification (AHC) to be used as a support for constructing meta-descriptors for our final GPA analysis. Four independent analysts grouped descriptors based on semantic meaning. If differences emerged, they tried to reach a consensus on the meta-descriptors. If no consensus was found, the descriptor was dropped from subsequent analysis. The whole process was conducted in French, and the meta-descriptors were then translated into English. Finally, we ran a GPA based on these meta-descriptors to get an overall cookie space in both conditions. The real and virtual experimental conditions were analyzed separately. Axes were captioned with the descriptors identified as consensual between participants and correlated to the axis ($|\rho| > 0.6$).

3.2. Results & discussion

According to the vocabulary distribution in the 5 perceptual categories (Fig. 5.), the main difference across experimental conditions was the frequency of descriptors linked to brightness, with 12 words used for the real-condition description versus 1 word used for the virtual-condition description.

GPA showed a close rate of vocabulary consensus between participants in real and virtual conditions, and we validated the coherency of

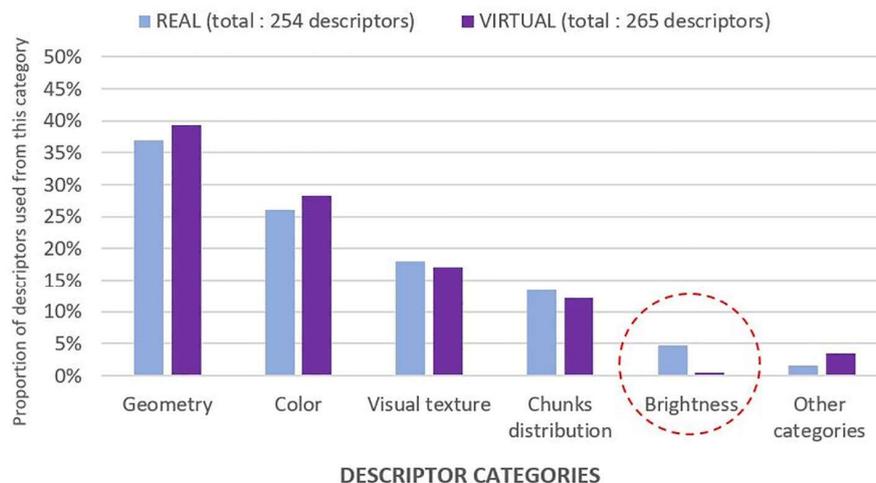


Fig. 5. Distribution of vocabulary used to rank the cookies.

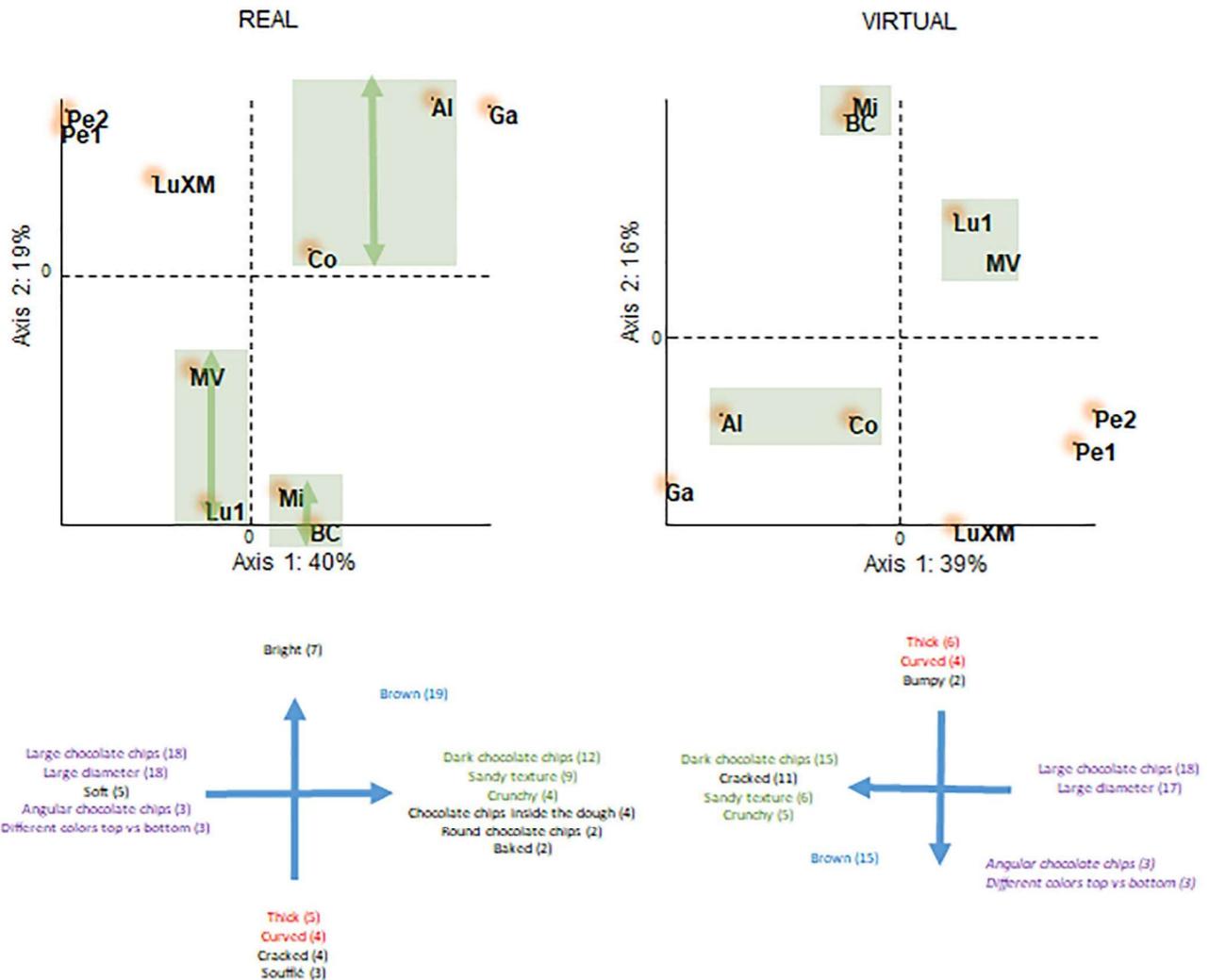


Fig. 6. Generalized Procrustes Analysis Factors 1–2. Left: real condition. Right: virtual condition.

participants' answers based on the proximity of our two cookies taken from the same box (Pe1 and Pe2). On map 1–2 (Fig. 6.), when we align the orientation of both condition maps according to the common correlated descriptors, it shows similar product positions, which indicates that participants ranked products in a similar way between real and virtual conditions. Nevertheless, the products appeared to be slightly more discriminated in the real condition, as some cookies had a more distant position on axis 2 on the real condition map. This difference was mainly linked to brightness ("Bright"), shape ("Thick", "Curved", "Soufflé") and visual texture ("Cracked", "Bumpy") attributes, which were also linked to this axis. To better understand the origin of this small discrepancy, we went on to use conventional profiling to gain a quantitative assessment (see study 2).

In conclusion, despite some differences that were probably brightness-related, perceptions of the cookies were fairly similarly between the two experimental conditions. As only one brightness descriptor was cited in the virtual condition, it led us to posit that the two conditions may carry all the same dimensions but that these dimensions may not carry the same weight, and so differences among products are not identically perceived. We thus conducted study 2 to explore this second hypothesis.

4. Study 2

To obtain quantitative descriptive data and evaluate whether the differences among products were perceived equally in real and virtual conditions for each perceptive dimension, we led a conventional profiling study in both experimental conditions. The protocol was borrowed from the QDA[®] procedure described by Stone, Sidel, Oliver, Woolsey, and Singleton (1974) and ISO standard EN 11035 (ISO, 1994). In comparison with flash profiling, conventional profiling provides a quantitative measure of intensity differences in sensory attributes (Dehlholm et al., 2012; Liu et al., 2018). Following the advice given by Dairou and Sieffermann (2002), we used flash profiling as a preliminary phase of the conventional profiling to provide key attributes.

4.1. Method

4.1.1. Procedure

After study 1, we gathered together the real and virtual descriptor lists, and then 16 of the 20 participants (11 females and 5 males) followed three 1h45 training sessions (in sub-groups according to time availability):

- Session 1: Additional vocabulary generation, vocabulary definition and semantic grouping.

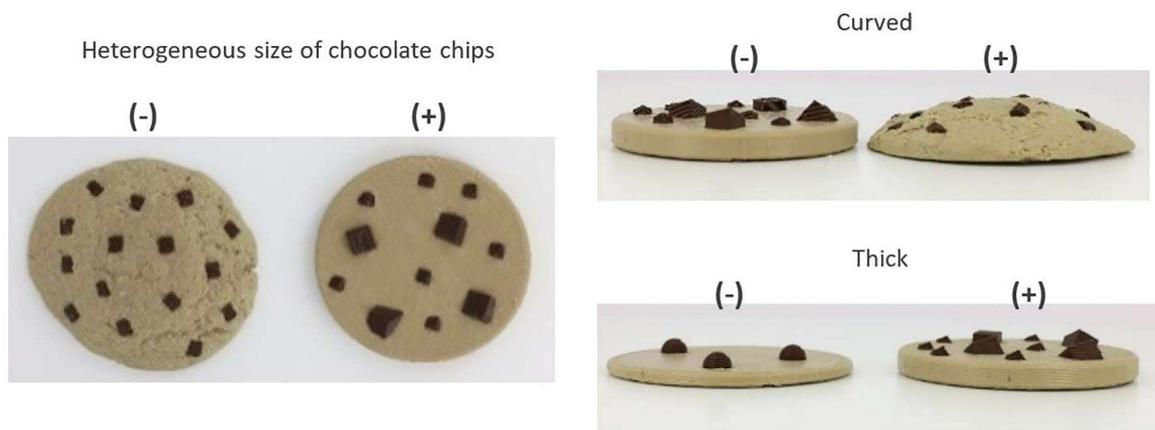


Fig. 7. Examples of 3D printed cookie models used to define the min-max scale limits.



Fig. 8. Left: real condition. Right: VR condition.

- Session 2: Ranking exercises with simple models, consensus on descriptors, and shortening of the attributes list.
- Session 3: Definition of the scale limits, with pictures and 3D-printed models (Fig. 7). Training on use of the scale with real cookies.

The 3D-printed models were designed with the base of a real cookie dough scan, then the chocolate chips were artificially created. Sizes, shapes and distributions were adjusted for the dough and the fake chocolate chips to fit the scale limits of our set of cookies for the relevant attributes.

After the group sessions, the 16 panelists were trained in four individual sessions (two sessions with real products and two sessions with virtual products). Panelists assessed 3 new real cookies and 3 new virtual cookies that were all different from the final evaluation set. For all sessions and including final evaluation, all instructions and answers were given orally, and a scale memo was presented in the sensory booths (Fig. 8.).

For the final evaluation, participants assessed the same 10 cookies used for flash profiling, in triplicate for each condition. To alternate real with virtual, they were organized keeping the same two groups as during the flash profiling phase (without the participants who did not attend this study: S1, S4, S16 and S19). Cookies were rated on 40

descriptors (Table 3).

4.1.2. Data analysis

First, for each attribute, we ran individual one-way ANOVAs for product effect in each experimental condition separately in order to compare vocabulary use. Then, to see the global differences in product perceptions, we ran a quadratic discriminant analysis (QDA) with the assessment data (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2008) on the two conditions together to compare the two product spaces, using the cookies as the qualitative variable. Finally, after checking the consensus on descriptors (with PCA/judges per attribute), we ran three-way ANOVAs (condition, cookie, judge) for each attribute to explain the variability of visual attributes by the effects of condition, product and judge, and their interactions.

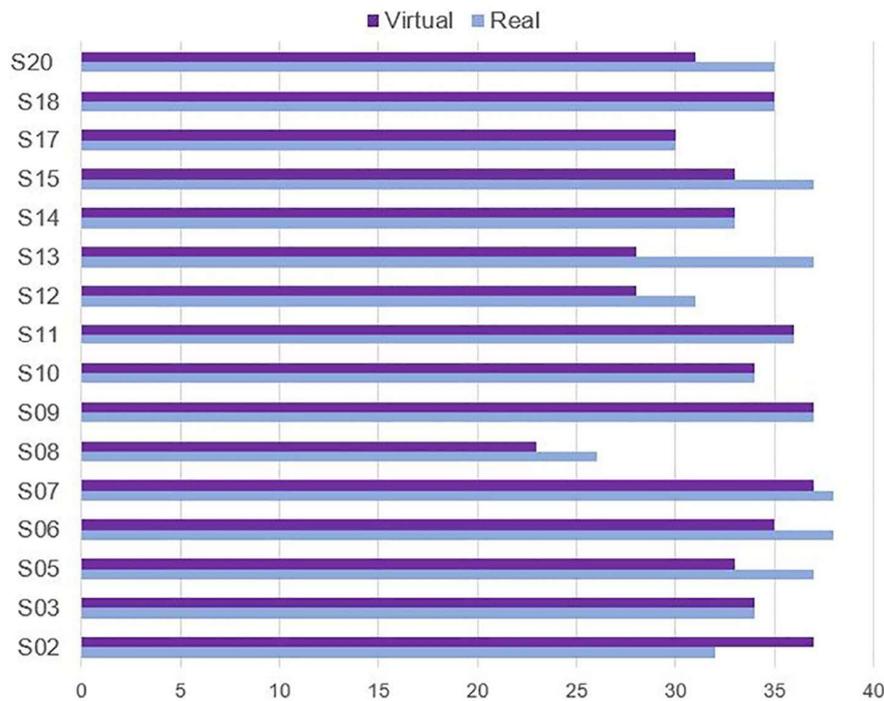
4.2. Results & discussion

4.2.1. Descriptors use

Fig. 9 shows the number of descriptors that had significant product effect (p-value lower than 0.05) for each participant and in both conditions. Overall, the number of discriminant descriptors was similar across experimental conditions, which indicates that participants did

Table 3
Descriptors list.

DESCRIPTORS	DEFINITIONS
<i>Bright</i>	Intensity of light reflection on the dough when the cookie is moved under the light
<i>Brown</i>	Dark color of the dough
<i>Heterogeneous color</i>	Global heterogeneity of the perceived dough color
<i>Many darker color spots</i>	Heterogeneous dough color with many darker spots visible
<i>Darker edge</i>	Heterogeneous dough color with a darker edge than center
<i>Different colors top-vs-bottom</i>	Gap in dough color intensity between the top and bottom side
<i>Round</i>	Overall round shape of the cookie
<i>Irregular edge</i>	Rough dough around the cookie edge
<i>Large diameter</i>	Perceived diameter of the cookie dough when positioned in the center of the sensory booth table
<i>Thick</i>	Thickness of the dough in the middle of the cookie
<i>Curved</i>	Thicker dough in the middle of the cookie than at the edge
<i>Concave surface</i>	Dough sagging in the middle
<i>Bumpy</i>	Irregular thickness forming bumps on cookie dough surface
<i>Many cracks</i>	Perceived amount of cracks in the dough
<i>Deep cracks</i>	Average depth of cracks in the dough
<i>Wide cracks</i>	Average width of cracks in the dough
<i>Sandy texture</i>	Sandy texture on the dough surface
<i>Large craters on the bottom side</i>	Size of the small holes in dough on the bottom side of the cookie
<i>Soft</i>	Looks (visually) easy to break in half without effort
<i>Bright chocolate chips</i>	Intensity of light reflection on the chocolate chips when the cookie is moved under the light
<i>Different colors of chocolate chips</i>	Chocolate chips with obvious contrasting color
<i>Dark chocolate chips (darker chip)</i>	Color intensity of darker chocolate chips
<i>Dark chocolate chips (lighter chip)</i>	Color intensity of lighter chocolate chips
<i>Chocolate chips with red-orangy hue</i>	Red-orange color reflection on the chocolate chips
<i>Raisin-like chocolate chips</i>	Crumpled aspect of the chocolate chips
<i>Heterogeneous sizes of chocolate chips</i>	Chocolate chips with obvious gap between smaller and larger chips
<i>Large chocolate chips (larger chip)</i>	Perceived size of the larger chocolate chips
<i>Large chocolate chips (smaller chip)</i>	Perceived size of the smaller chocolate chips
<i>Heterogeneous shape of chocolate chips</i>	Chocolate chips with various shapes
<i>Angular chocolate chips (squarer chip)</i>	Angularness of the squarer chips
<i>Angular chocolate chips (rounder chip)</i>	Angularness of the rounder chips
<i>Melted chocolate chips</i>	Chocolate chips with a shape that looks like they have melted
<i>Many chocolate chips</i>	Perceived amount of chocolate chips
<i>Chocolate chips cluster</i>	Chocolate chips clustered in small groups
<i>Dispersed chocolate chips</i>	No area without chocolate chips
<i>Chocolate chips inside the dough</i>	Chocolate chips covered with dough (visible by transparency)
<i>Dough-chocolate balance</i>	Equal amount of dough and chocolate
<i>Distinct dough-chips limit</i>	Clear line between the cookie dough and the chocolate chips
<i>More chocolate chips on the top than on the bottom</i>	Unequal distribution of the chocolate chips between the top and the bottom side of the cookie
<i>Presence of nuts</i>	Presence of roughness suggesting that the cookie contains nut chunks

**Fig. 9.** Number of descriptors with a p-value lower than 0.05 for product effect per judge.

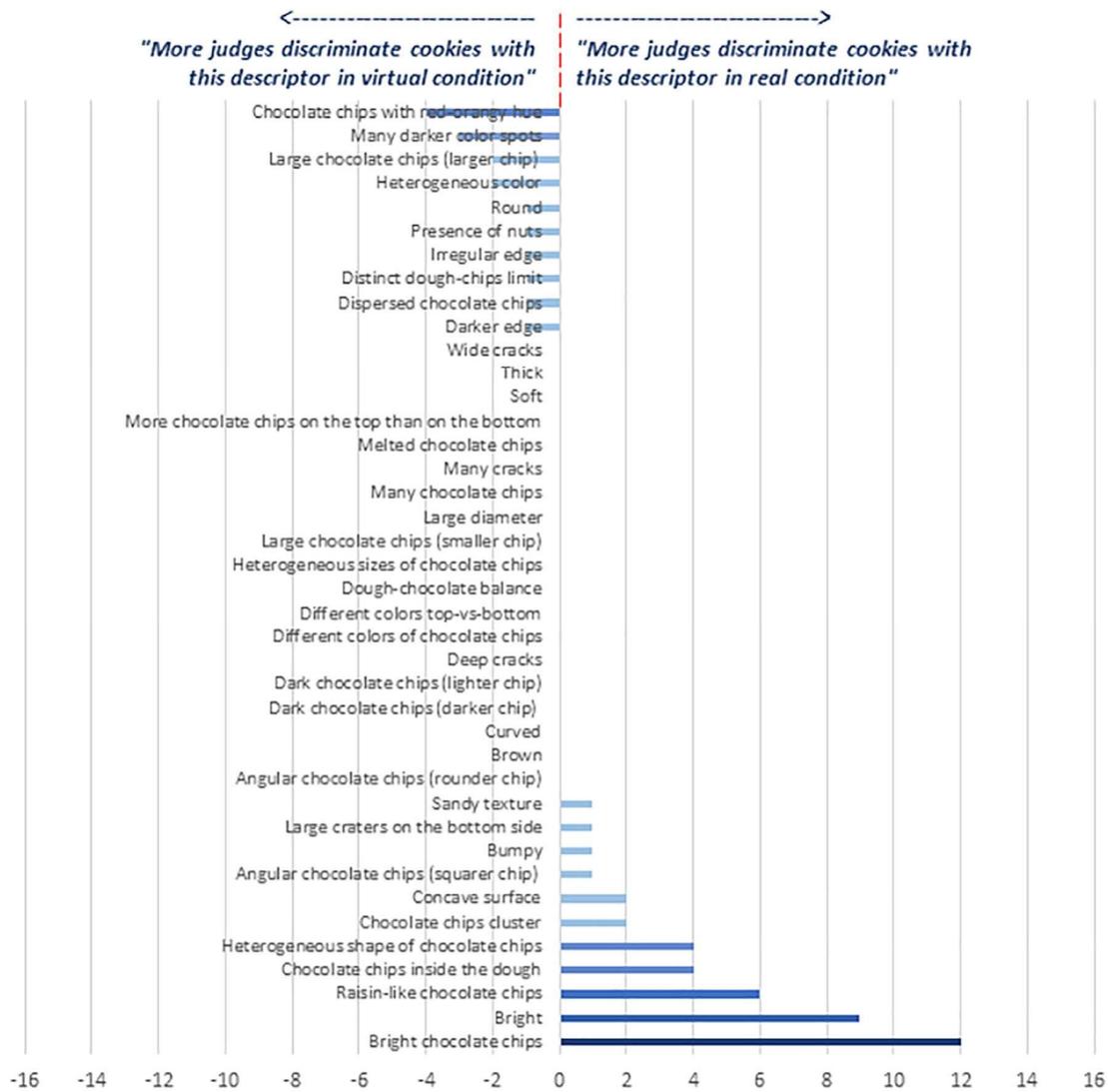


Fig. 10. Real-Virtual difference in number of judges with a p-value lower than 0.05 for the product effect per descriptors (a negative number means there are more judges discriminating products in the virtual condition, whereas a positive number means there are more judges discriminating products in the real condition).

not experience more difficulties rating intensity in the virtual condition than in the real condition.

Fig. 10 shows the number of participants with a significant product effect (p-value lower than 0.05) for each descriptor and each experimental condition. Among the 40 descriptors, 33 discriminated cookies for a similar number of participants (± 2) across experimental conditions.

For 7 descriptors ('heterogeneous shape of chocolate chips', 'chocolate chips inside the dough', 'raisin-like chocolate chips', 'many darker spots', 'chocolate chips with red-orangy hue', 'bright', and 'bright chocolate chips'), the difference in discriminant participants was larger by at least 3 participants. The biggest real-virtual differences were for the 'bright' and 'bright chocolate chips' descriptors, which had between-condition gaps of 9 and 12 participants, respectively.

To sum up, most of the descriptors appear to be just as useful for

discriminating cookies in real conditions as in virtual conditions. For the descriptors 'heterogeneous shape of chocolate chips', 'chocolate chips inside the dough' and 'raisin-like chocolate chips', the cookies were better discriminated in the real conditions. These differences in visual texture descriptors could be explained by a different perception of the relief details. For the descriptors 'many darker spots' and 'chocolate chips with red-orangy hue', the cookies were better discriminated in the virtual condition, which could be explained by a better perception of color contrasts with virtual cookies. Finally, for the descriptors 'bright' and 'bright chocolate chips', the cookies were better discriminated in real conditions, which means that brightness is better perceived with real products and suggests that brightness is difficult to accurately reproduce in VR.

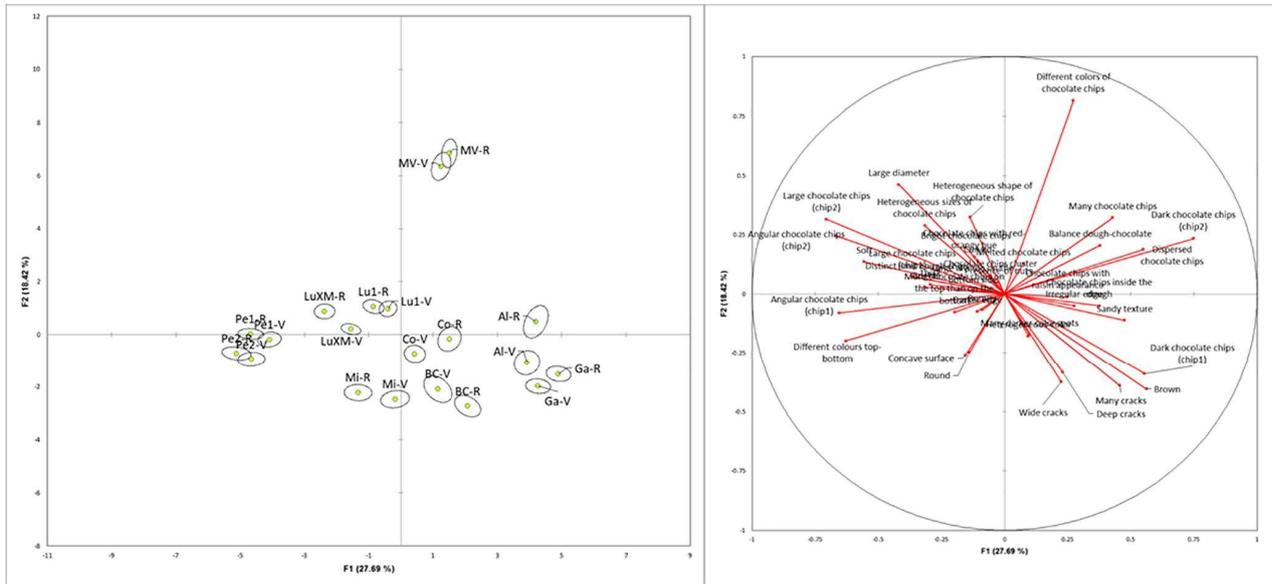


Fig. 11. Quadratic Discriminant Analysis, Factors 1–2.

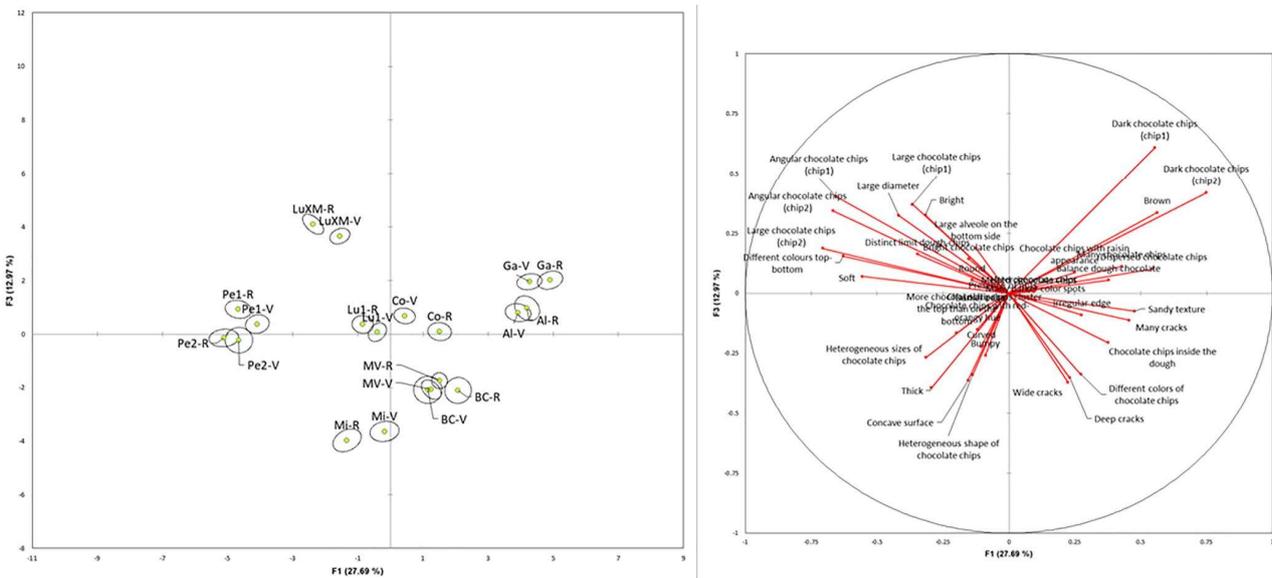


Fig. 12. Quadratic Discriminant Analysis, Factors 1–3.

4.2.2. Product map comparison

The maps obtained by quadratic discriminant analysis showed that the two versions for a given cookie, in real and in virtual conditions, were always close. As they were not exactly at the same position, there were some small sensorial differences between the two. Either way, differences between cookies (in real or in virtual conditions) were stronger than the differences between real and virtual versions of the same product (Fig. 11). In the two conditions, the difference between cookie MV-Real vs MV-Virtual and all the other products was so magnified on axis 2 that it eclipsed any other differences among non-MV-group products, thus prompting us to also consider axis 3. Axis 2 was correlated to the attribute 'different color of chocolate chips', and the MV cookie was the only one with a blend of milk and dark chocolate chips, i.e. the only product that has chocolate chips with obvious

heterogeneous color.

On axis 3 (Fig. 12), each cookie located to the same relative position in the two conditions.

4.2.3. Interactions per descriptors

As the p-values were quite low (mean 0.017, median 10^{-18}), we calculated the LogWorth $-\log(p\text{-value})$ for each model effect. This transformation adjusts the p-values to give an appropriate scale. A value of 2 is significant at the 0.01 level, a value of 3 at the 0.001 level, etc.

First, for 26 descriptors, cookie is the strongest effect (first 26 rows of Table 4). Among these 26, judge is the second strongest effect except for 'Different colors of chocolate chips' and 'Brown' where cookie \times judge and condition \times cookie, respectively, are the second

Table 4
F values and P values for all effects of conventional profile evaluations (d.f. model = 319; d.f. residual = 640; d.f. total = 959).

	CONDITION			COOKIE			JUDGE			CONDITION* COOKIE		
	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth
d.f.	1			9			15			9		
Different colors of chocolate chips	1.30	0.25	0.6	564.06	0.00	296.8	7.18	0.00	14.0	14.0	0.00	12.04
Brown	17.28	0.00	4.4	337.18	0.00	260.3	8.01	0.00	16.3	16.3	0.00	13.76
Large chocolate chips (chip2)	51.59	0.00	11.7	416.80	0.00	260.2	12.46	0.00	26.7	26.7	0.00	4.71
Wide cracks	3.55	0.06	1.2	394.51	0.00	253.7	41.72	0.00	83.7	83.7	0.00	3.70
Thick	75.03	0.00	16.4	342.42	0.00	237.2	99.05	0.00	154.8	154.8	0.00	6.54
Many cracks	0.41	0.52	0.3	327.76	0.00	232.2	85.51	0.00	141.0	141.0	0.00	12.85
Different colours top-bottom:	202.03	0.00	39.3	315.90	0.00	228.0	23.74	0.00	51.3	51.3	0.00	18.15
Many chocolate chips	26.39	0.00	6.4	306.63	0.00	224.7	65.52	0.00	117.7	117.7	0.00	4.70
Deep cracks	6.56	0.01	2.0	284.11	0.00	216.2	61.37	0.00	112.3	112.3	0.00	12.86
Soft	16.19	0.00	4.2	268.19	0.00	209.8	139.27	0.00	189.3	189.3	0.00	3.58
Dark chocolate chips (chip1)	14.63	0.00	3.8	656.85	0.00	199.0	14.16	0.00	30.7	30.7	0.00	14.01
Dark chocolate chips (chip2)	8.44	0.00	2.4	635.33	0.00	199.0	19.39	0.00	42.3	42.3	0.00	14.43
Large diameter	0.68	0.41	0.4	576.51	0.00	199.0	64.35	0.00	124.2	124.2	0.00	10.52
Angular chocolate chips (chip1)	35.02	0.00	8.3	241.88	0.00	198.6	11.94	0.00	25.5	25.5	0.00	5.26
Angular chocolate chips (chip2)	12.03	0.00	3.3	240.63	0.00	198.1	17.14	0.00	37.4	37.4	0.00	6.35
Heterogeneous sizes of chocolate chips	14.15	0.00	3.7	222.80	0.00	189.9	17.66	0.00	38.5	38.5	0.00	3.34
Round	0.34	0.56	0.3	201.52	0.00	179.5	47.32	0.00	92.5	92.5	0.00	5.79
Dispersed chocolate chips	7.41	0.01	2.2	167.79	0.00	174.6	40.59	0.00	86.3	86.3	0.00	1.91
More chocolate chips on the top than on the bottom	0.96	0.33	0.5	161.96	0.00	171.5	10.52	0.00	22.6	22.6	0.00	
Large chocolate chips (chip1)	1.74	0.19	0.7	173.39	0.00	164.3	21.89	0.00	47.5	47.5	0.00	2.34
Sandy texture	14.88	0.00	3.9	153.04	0.00	152.4	61.84	0.00	112.9	112.9	0.00	3.52
Heterogeneous shape of chocolate chips	3.04	0.08	1.1	146.58	0.00	148.4	20.78	0.00	45.2	45.2	0.00	3.81
Bright	503.36	0.00	82.0	119.23	0.00	129.8	46.16	0.00	90.7	90.7	0.00	64.98
Concave surface	4.34	0.04	1.4	100.90	0.00	115.8	56.20	0.00	105.3	105.3	0.00	4.82
Irregular edge	8.45	0.00	2.4	90.12	0.00	113.5	24.93	0.00	55.8	55.8	0.00	2.11

(continued on next page)

Table 4 (continued)

	CONDITION			COOKIE			JUDGE			CONDITION*COOKIE		
	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth
Chocolate chips inside the dough	0.46	0.50	0.3	81.08	0.00	99.0	32.50	0.00	68.0	0.00	109.2	12.46
Balance dough-chocolate	2.43	0.12	0.9	206.62	0.00	182.1	143.89	0.00	192.7	0.00	192.7	1.81
Melted chocolate chips	80.49	0.00	17.5	31.91	0.00	45.6	93.37	0.00	149.2	0.00	149.2	3.57
Bumpy	1.52	0.22	0.7	89.93	0.00	106.8	89.42	0.00	145.1	0.00	145.1	3.35
Curved	1.35	0.25	0.6	72.39	0.00	90.9	85.80	0.00	141.3	0.00	141.3	4.76
Many darker color spots	122.14	0.00	25.4	59.12	0.00	77.6	61.02	0.00	111.9	0.00	111.9	4.68
Large alveole on the bottom side	62.65	0.00	14.1	31.99	0.00	47.1	54.31	0.00	109.2	0.00	109.2	12.46
Distinct limit dough-chips	57.26	0.00	12.9	80.60	0.00	98.6	58.63	0.00	108.7	0.00	108.7	7.53
Heterogeneous color	143.86	0.00	29.3	37.15	0.00	52.3	37.69	0.00	77.1	0.00	77.1	5.26
Chocolate chips with red-orangy hue	175.15	0.00	34.8	52.71	0.00	70.7	168.98	0.00	210.2	0.00	210.2	8.84
Chocolate chips cluster	0.09	0.77	0.1	44.22	0.00	60.9	74.32	0.00	128.4	0.00	128.4	3.62
Darker edge	324.19	0.00	58.2	23.26	0.00	33.7	37.00	0.00	75.9	0.00	75.9	9.72
Presence of nuts	29.43	0.00	7.1	2.85	0.00	2.6	23.49	0.00	50.8	0.00	50.8	2.11
Chocolate chips with raisin appearance	30.85	0.00	7.4	38.92	0.00	54.5	47.61	0.00	92.9	0.00	92.9	8.41
Bright chocolate chips	1958.95	0.00	196.2	65.94	0.00	84.6	57.78	0.00	107.5	0.00	107.5	46.30

	CONDITION*COOKIE			COOKIE*JUDGE			CONDITION*COOKIE*JUDGE		
	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F
d.f.	9	16.9	15	135	3.9	135	0.00	24.1	135
Different colors of chocolate chips	0.00	16.9	2.96	3.38	3.9	1.90	0.00	0.00	1.90
Brown	0.00	19.9	2.48	2.47	2.9	13.8	0.00	13.8	13.8
Large chocolate chips (chip2)	0.00	5.4	4.48	2.35	7.4	11.8	0.00	11.8	1.38
Wide cracks	0.00	3.8	3.96	3.82	6.2	29.5	0.00	29.5	2.11
Thick	0.00	8.2	8.86	5.09	18.1	44.5	0.00	44.5	1.25
Many cracks	0.00	18.2	5.90	6.24	10.8	57.2	0.00	57.2	0.00
Different colours top-bottom:	0.00	26.3	7.06	2.88	13.7	18.1	0.00	18.1	1.79
Many chocolate chips	0.00	5.3	3.88	3.72	6.0	28.3	0.00	28.3	1.59
Deep cracks	0.00	18.2	3.72	3.95	5.6	31.1	0.00	31.1	1.37
Soft	0.00	3.6	5.64	11.83	10.2	107.8	0.00	107.8	2.08
Dark chocolate chips (chip1)	0.00	20.0	2.90	3.78	3.7	29.0	0.00	29.0	2.03

(continued on next page)

Table 4 (continued)

	CONDITION*COOKIE			CONDITION*JUDGE			COOKIE*JUDGE			CONDITION*COOKIE*JUDGE		
	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F	Prob > F	LogWorth	F
Dark chocolate chips (chip2)	0.00	20.6	3.51	0.00	5.1	3.16	0.00	21.5	1.73	0.00	5.2	1.73
Large diameter	0.00	14.7	5.30	0.00	9.5	4.43	0.00	39.3	2.19	0.00	10.0	2.19
Angular chocolate chips (chip1)	0.00	6.2	6.25	0.00	11.7	3.09	0.00	20.7	1.73	0.00	5.2	1.73
Angular chocolate chips (chip2)	0.00	7.9	2.02	0.01	1.9	2.82	0.00	17.4	1.44	0.00	2.7	1.44
Heterogeneous sizes of chocolate chips	0.00	3.3	4.34	0.00	7.0	3.37	0.00	24.1	1.85	0.00	6.4	1.85
Round	0.00	7.0	5.35	0.00	9.5	4.34	0.00	35.8	36.4	0.00	11.5	36.4
Dispersed chocolate chips	0.05	1.3	3.54	0.00	5.2	4.20	0.00	11.5	1.81	0.00	6.0	1.81
More chocolate chips on the top than on the bottom	0.01	1.9	1.99	0.01	1.8	1.68	0.00	4.7	2.80	0.00	17.1	2.80
Large chocolate chips (chip1)	0.00	3.5	26.10	0.00	56.0	5.79	0.00	52.3	1.44	0.00	2.7	1.44
Sandy texture	0.00	4.0	3.36	0.00	4.8	3.25	0.00	22.6	3.23	0.00	22.4	3.23
Heterogeneous shape of chocolate chips	0.00	83.6	34.25	0.00	71.1	3.63	0.00	27.2	1.39	0.01	2.3	1.39
Bright	0.00	5.5	2.85	0.00	3.6	7.07	0.00	65.8	16.5	0.00	2.3	16.5
Concave surface	0.03	1.6	2.17	0.01	2.2	2.68	0.00	14.5	1.40	0.00	2.3	1.40
Irregular edge	0.00	12.6	5.06	0.00	8.8	2.58	0.00	14.5	1.24	0.05	1.3	1.24
Chocolate chips inside the dough	0.06	1.2	3.38	0.00	4.8	4.92	0.00	42.6	1.66	0.00	4.5	1.66
Balance dough-chocolate	0.00	3.6	9.76	0.00	20.3	4.09	0.00	32.7	2.03	0.00	8.3	2.03
Melted chocolate chips	0.00	3.3	6.05	0.00	11.2	6.29	0.00	57.7	2.17	0.00	9.8	2.17
Bumpy	0.00	5.4	11.96	0.00	25.5	8.06	0.00	75.5	1.64	0.00	4.4	1.64
Curved	0.00	5.3	9.34	0.00	19.3	5.97	0.00	54.3	9.4	0.00	4.4	9.4
Many darker color spots	0.00	17.9	7.52	0.00	15.1	2.10	0.00	9.4	1.32	0.02	1.8	1.32
Large alveole on the bottom side	0.00	9.8	44.25	0.00	87.7	3.19	0.00	21.9	1.44	0.00	2.7	1.44
Distinct limit dough-chips	0.00	6.2	8.26	0.00	16.6	5.07	0.00	44.3	3.47	0.00	25.3	3.47
Heterogeneous color	0.00	11.9	22.24	0.00	48.3	11.42	0.00	104.7	1.50	0.00	3.1	1.50
Chocolate chips with red-orange hue	0.00	3.7	2.00	0.01	1.9	9.52	0.00	88.9	1.43	0.00	2.6	1.43
Chocolate chips cluster	0.00	13.3	16.35	0.00	35.6	2.86	0.00	17.9	1.82	0.00	6.1	1.82
Darker edge	0.03	1.6	12.78	0.00	27.5	2.60	0.00	14.7	3.13	0.00	21.1	3.13
Presence of nuts	0.00	11.2	5.73	0.00	10.4	11.84	0.00	107.9	2.56	0.00	14.3	2.56
Chocolate chips with raisin appearance	0.00	63.4	58.98	0.00	109.1	3.02	0.00	19.8	0.00	0.00	0.00	0.00
Bright chocolate chips	0.00	63.4	58.98	0.00	109.1	3.02	0.00	19.8	0.00	0.00	0.00	0.00

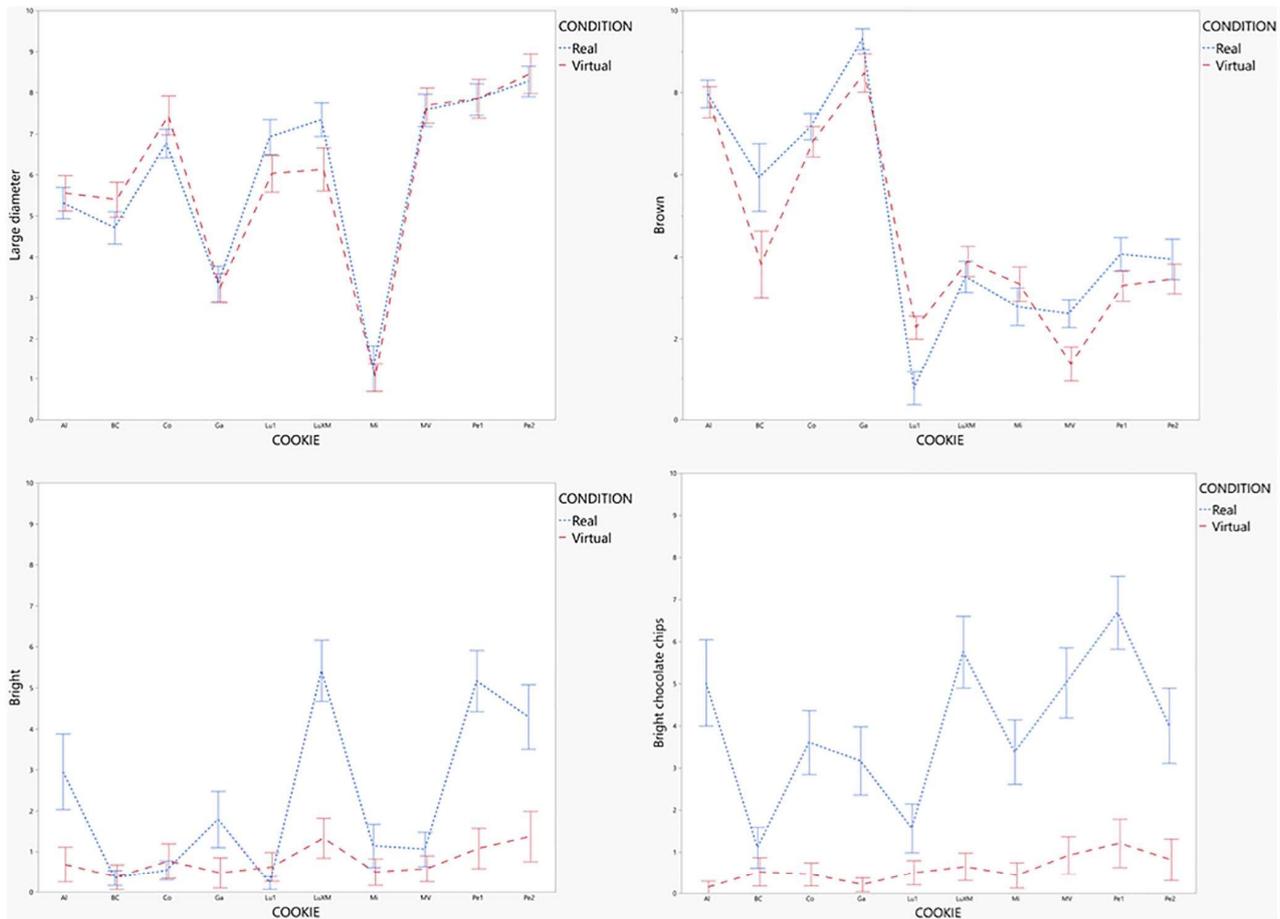


Fig. 13. Comparison of Condition \times Cookie interactions. Top: Descriptors with low LogWorth value. Bottom: Descriptors with high LogWorth value.

strongest effects, but they only represent a tenth of the cookie effect.

Second, except for two descriptors ('more chocolate chips on the top than the bottom' and 'dough-chocolate balance'), all other descriptors had significant condition \times cookie interactions, meaning that virtualization could have a different cookie-dependent impact on perception. However, the condition effect or one of its interactions with another effect only had a higher LogWorth than the cookie effect for three descriptors: 'Darker edge', 'Presence of nuts' and 'Bright chocolate chips'. The 'Bright' descriptor is almost close to these cases, as condition and cookie effects have LogWorth values of 82 and 129.8, respectively.

To illustrate the benefit of comparing effects based on LogWorth instead of p-values, let us consider 4 descriptors: 'Large diameter', 'Brown', 'Bright' and 'Bright chocolate chips'. For all 4 descriptors, the condition \times cookie interaction had a p-value below 0.05. For the first

two, the LogWorth of this interaction is very low compared to the LogWorth of the cookie effect. For the last two, the LogWorth of this interaction is comparable to the LogWorth of the cookie effect. The differences between these two cases can be seen on Fig. 13. For the first two (top of the Fig. 13), the scores of the cookies are almost the same in the two conditions. For the last two (bottom), not only the scores but also the rankings of the cookies are different between real and virtual conditions. This supports the idea that the brightness is globally less perceptible in virtual conditions than in real conditions.

As the cookies can lose brightness, the color contrasts were amplified in the virtual condition for 4 descriptors as 'Different colors top-bottom' (Fig. 14).

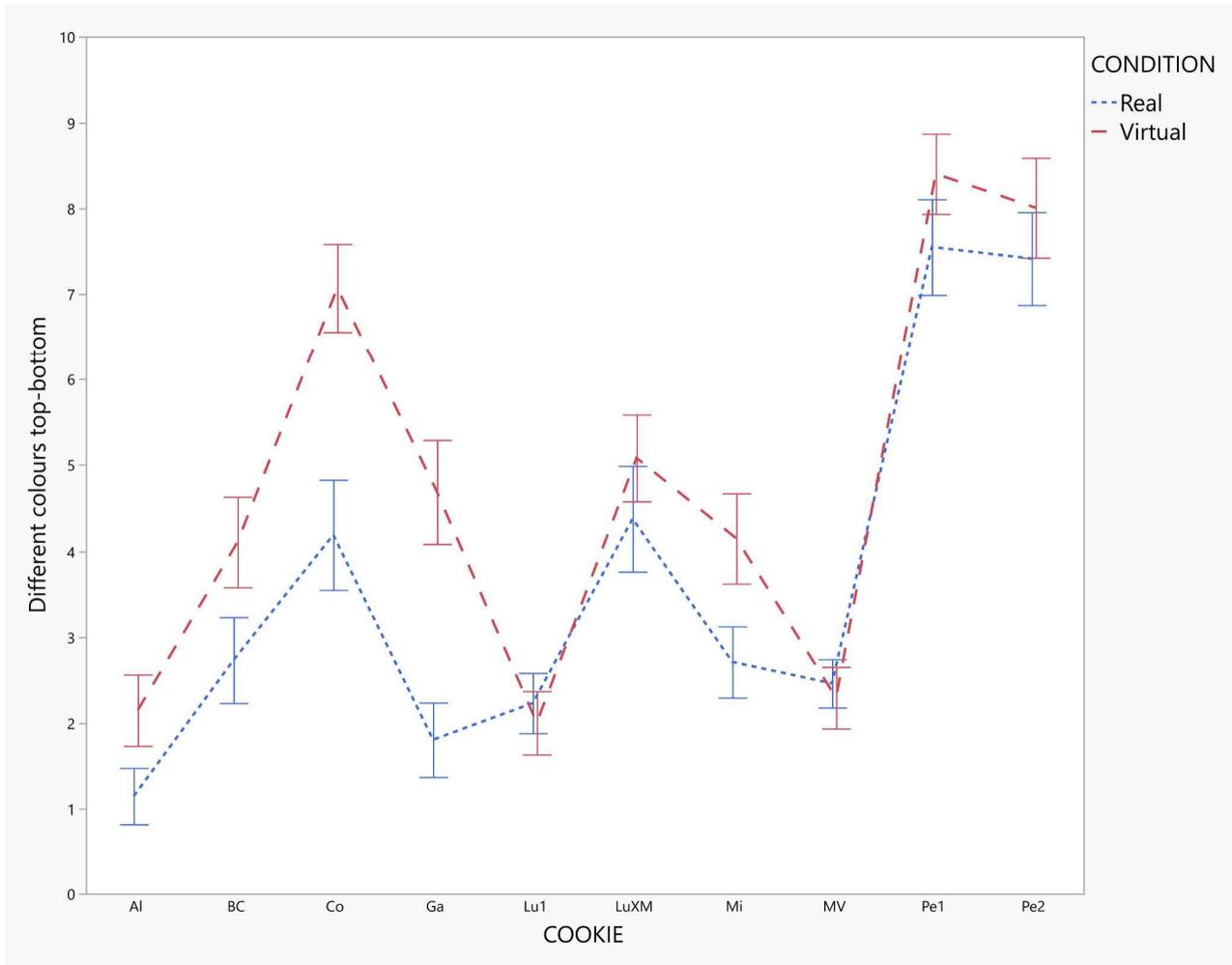


Fig. 14. Condition \times Cookie interaction of the descriptor “Different colors top-bottom”.

5. General discussion

From a qualitatively standpoint, this study showed close perceptions of the product set between real and virtual conditions, with similar descriptive patterns and closely-gathered products. Nevertheless, quantitative descriptive analysis highlighted different patterns of impact of brightness and color contrast. As we had chose our products for their visual complexity, these results should be applicable to products with the same attributes specifications, in other words products that can readily be scanned using the same protocol, i.e. rigid and relatively thin, with a geometric shape and an average size.

These results point to a possible application of VR in descriptive analysis for a specific food product category. In fact, if we focus on less-complex products, i.e. a mat, smooth and monochromatic product category like crisps, we could expect enough visual realism to move towards VR-enabled descriptive analysis.

Despite controlling a number of parameters for the camera images of the real product and the 3D reconstructions of the virtual product, some information appears to have been lost between these steps with the 2D projection of the cookie. However, the type of information lost here serves for the visual aspect of food products that we can now rebuild numerically. To improve VR perception for such ‘complex’ food product categories, the second strategy would be to use Unity’s mesh configuration to change the way light interacts with the food product and thus modulate the way participants perceive it. For example, the

normal map configuration can serve to embellish a model with surface details such as bumps, grooves and scratches that catch the light just as if they were represented by a real geometry. The smoothness configuration also makes it possible to control ‘microsurface detail’ or smoothness across a surface (Unity Technologies, 2019).

This study shows that photogrammetry enables enough realism to discriminate food products from the same product space in VR, but it requires a calibration phase to re-establish the lighting properties of the food products and check the perception of these numerical features by users. A virtual product that faithfully proxies the original product takes time but is entirely feasible. Another issue when using photogrammetry to achieve a realistic level of 3D reconstruction is that the process generates millions of dense polygon meshes that are particularly unsuitable for real-time rendering. In the video games field, environments are usually built from a mix of photogrammetric and non-photogrammetric assets to circumvent this problem (Statham, 2018). Likewise, in sensory evaluation applications, we could use photogrammetry only to design a realistic product, as the surrounding environment does not need the same high level of realism since the objective is to evoke consumption episodes rather than rebuild the identical place setting.

We anticipate that VR could be used with sensory science upstream of advanced food processing and engineering steps (Kadri, 2007), where it could serve to change product parameters in a systematic way and test products that do not yet exist, at least on the appearance front. There are technologies that exist—like odor spatialization (Ischer et al.,

2014; Porcherot et al., 2018), virtual flavors (Ranasinghe et al., 2019) and more—that can be mobilized to build a complete virtual product, but they remain fragmented. The hope is that as future developments emerge from other perceptions, we will one day have a fake product to put in the mouth.

Descriptive analysis demands the very highest level of realism, which requires some improvement of the food product lighting configuration. Nevertheless, for hedonic studies, the impact of these realism differences may depend on the importance of each attribute for the product tested. Visual realism probably does not have the same impact in tests with different objectives, which may explain the differences reported in the literature comparing real against virtual conditions. Ung et al. (2018) and Siegrist et al. (2019) found good correlations in food behavior and decision-making between real and VR conditions, so we can assume that the visual realism level did not have any tangible impact on the quantity of food served from a food buffet or on the choice of cereals in a shop task. Brightness, for example, may have little importance for these tasks. Conversely, Ledoux et al. (2013) reported differences between real and virtual conditions in the induction of food craving, so the visual realism level may have a stronger influence when motivational mechanisms are involved. Deeper exploration is warranted to investigate the link between virtual food product realism and the reliability of the food behavior-related decision-making processes. Further research is planned to explore multi-criteria optimization of the product model as a route to increase the level of realism and reach the required threshold leading to the same behavioral decision.

6. Conclusion

This study paved the way towards using virtual food products in descriptive analysis. Today, VR is advanced enough to obtain good product realism, but it requires a configuration phase before product testing. The remaining issue is to understand the importance of realism level for non-descriptive tasks, such as decision tasks.

CRedit authorship contribution statement

Maëlle-Ahou Gouton: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Visualization, Writing - original draft. **Catherine Dacremont:** Conceptualization, Methodology, Writing - review & editing. **Gilles Trystram:** Conceptualization, Methodology. **David Blumenthal:** Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Visualization, Writing - review & editing.

Acknowledgments

Funding sources

This research was supported with funds of the Carnot Institute ‘Qualiment®’.

The authors thank Jean-Marie Thomas for designing the virtual booths and the 3D-printed models, Anne Regourd and Pascale Reichl for their assistance with logistics, Jerome Mallard for helping to group the flash profile descriptors into meta-descriptors, Frederick Doulat for assistance with improving the cookie scanning protocol as part of a student project, and finally, all the cookie assessors for their participation.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104016>.

References

Albert, A., Varela, P., Salvador, A., Hough, G., & Fiszman, S. (2011). Overcoming the issues in the sensory description of hot served food with a complex texture.

- Application of QDA®, flash profiling and projective mapping using panels with different degrees of training. *Food Quality and Preference*, 22, 463–473. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.02.010>.
- Ammann, J., Hartmann, C., Peterhans, V., Ropelato, S., & Siegrist, M. (2020). The relationship between disgust sensitivity and behaviour: A virtual reality study on food disgust. *Food Quality and Preference*, 80, Article 103833. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103833>.
- Andersen, I. N. S. K., Kraus, A. A., Ritz, C., & Bredie, W. L. P. (2019). Desires for beverages and liking of skin care product odors in imaginative and immersive virtual reality beach contexts. *Food Research International*, 117, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.027>.
- Blancher, G., Chollet, S., Kesteloot, R., Hoang, D. N., Cuvelier, G., & Sieffermann, J.-M. (2007). French and Vietnamese: How do they describe texture characteristics of the same food? A case study with jellies. *Food Quality and Preference*, 18, 560–575. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.07.006>.
- Crofton, E. C., Botinestean, C., Fenelon, M., & Gallagher, E. (2019). Potential applications for virtual and augmented reality technologies in sensory science. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 56, Article 102178. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102178>.
- Dacremont, C., & Sester, C. (2019). Context in food behavior and product experience – a review. *Current Opinion in Food Science*, 27, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.007>.
- Dairou, V., & Sieffermann, J.-M. (2002). A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the flash profile. *Journal of Food Science*, 67, 826–834.
- Dehlholm, C., Brockhoff, P. B., Meinert, L., Aaslyng, M. D., & Bredie, W. L. P. (2012). Rapid descriptive sensory methods – Comparison of free multiple sorting, partial napping, napping, flash profiling and conventional profiling. *Food Quality and Preference*, 26, 267–277. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.012>.
- Delarue, J., & Sieffermann, J.-M. (2004). Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference*, 15, 383–392. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00085-5](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00085-5).
- Fan, W., Tsai, I.-M., & Qian, M. C. (2007). Analysis of 2-aminoacetophenone by direct-immersion solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry and its sensory impact in Chardonnay and Pinot gris wines. *Food Chemistry*, 105, 1144–1150. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.039>.
- Fink, P. W., Foo, P. S., & Warren, W. H. (2007). Obstacle avoidance during walking in real and virtual environments. *ACM Transactions on Applied Perception*, 4(1), 2-es. <https://doi.org/10.1145/1227134.1227136>.
- Fuchs, P., Moreau, G., Burkhardt, J.-M. (2006). Le traité de la réalité virtuelle Volume 2- L'interface: l'immersion et l'interaction en environnement virtuel. Presse des Mines.
- Galiñanes Plaza, A., Delarue, J., & Saulais, L. (2019). The pursuit of ecological validity through contextual methodologies. *Food Quality and Preference*, 73, 226–247. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.004>.
- Gkatzionis, K., Hewson, L., Hollowood, T., Hort, J., Dodd, C. E. R., & Linforth, R. S. T. (2013). Effect of Yarrowia lipolytica on blue cheese odour development: Flash profile sensory evaluation of microbiological models and cheeses. *International Dairy Journal*, 30, 8–13. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.010>.
- Gower, J. C. (1975). Generalized procrustes analysis. *Psychometrika*, 40, 33–51. <https://doi.org/10.1007/BF02291478>.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2008). Section 4.3. In *The Elements of Statistical Learning* 106–119.
- Hathaway, D., & Simons, C. T. (2017). The impact of multiple immersion levels on data quality and panelist engagement for the evaluation of cookies under a preparation-based scenario. *Food Quality and Preference*, 57, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.009>.
- Ischer, M., Baron, N., Mermoud, C., Cayeux, I., Porcherot, C., Sander, D., & Delplanque, S. (2014). How incorporation of scents could enhance immersive virtual experiences. *Frontiers in Psychology*, 5, 736.
- ISO Sensory analysis—Identification and selection of descriptors for establishing a sensory profile by a multidimensional approach. ISO standard EN 1994 11035.
- Jaeger, S. R., & Porcherot, C. (2017). Consumption context in consumer research: Methodological perspectives. *Current Opinion in Food Science*, 15, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.001>.
- A. Kadri Contribution de la réalité virtuelle à l'évaluation de produits, dans les phases amonts du processus de conception (PhD Thesis) 2007 Université d'Angers.
- Ledoux, T., Nguyen, A. S., Bakos-Block, C., & Bordnick, P. (2013). Using virtual reality to study food cravings. *Appetite*, 71, 396–402. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2013.09.006>.
- Liu, J., Bredie, W. L. P., Sherman, E., Harbertson, J. F., & Heymann, H. (2018). Comparison of rapid descriptive sensory methodologies: Free-choice profiling, Flash profile and modified Flash profile. *Food Research International*, 106, 892–900. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.062>.
- Liu, J., Grønbeck, M. S., Di Monaco, R., Giacalone, D., & Bredie, W. L. P. (2016). Performance of Flash Profile and Napping with and without training for describing small sensory differences in a model wine. *Food Quality and Preference*, 48, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.008>.
- Meiselman, H. L. (2019). *Context: The effects of environment on product design and evaluation*. Woodhead Publishing.
- Moussaoui, K. A., & Varela, P. (2010). Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference*, 21, 1088–1099. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.09.005>.
- Narumi, T., Nishizaka, S., Kajinami, T., Tanikawa, T., Hirose, M. (2011). Meta Cookie +: An illusion-based gustatory display. In Shumaker, R. (Ed.), *Virtual and Mixed Reality*

- New Trends. Springer Berlin Heidelberg, pp. 260–269.
- Ouellet, É., Boller, B., Corriveau-Lecavalier, N., Cloutier, S., & Belleville, S. (2018). The Virtual Shop: A new immersive virtual reality environment and scenario for the assessment of everyday memory. *Journal of Neuroscience Methods*, *303*, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.03.010>.
- Persky, S., Goldring, M. R., Turner, S. A., Cohen, R. W., & Kistler, W. D. (2018). Validity of assessing child feeding with virtual reality. *Appetite*, *123*, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.007>.
- Porcherot, C., Delplanque, S., Gaudreau, N., Ischer, M., De Marles, A., Cayeux, I. (2018). Immersive techniques and virtual reality. In *Methods in consumer research*, Volume 2. Elsevier, pp. 69–83. Doi: 10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0.
- Ranasinghe, N., Tolley, D., Nguyen, T. N. T., Yan, L., Chew, B., & Do, E. Y.-L. (2019). Augmented flavours: Modulation of flavour experiences through electric taste augmentation. *Food Research International*, *117*, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.030>.
- Schnack, A., Wright, M. J., & Holdershaw, J. L. (2018). Immersive virtual reality technology in a three-dimensional virtual simulated store: Investigating telepresence and usability. *Food Research International*, *117*, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.028>.
- Siegrist, M., Ung, C.-Y., Zank, M., Marinello, M., Kunz, A., Hartmann, C., & Menozzi, M. (2019). Consumers' food selection behaviors in three-dimensional (3D) virtual reality. *Food Research International*, *117*, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.033>.
- Sinesio, F., Moneta, E., Porcherot, C., Abbà, S., Dreyfuss, L., Guillamet, K., ... McEwan, J. A. (2019). Do immersive techniques help to capture consumer reality? *Food Quality and Preference*, *77*, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.004>.
- Statham, N. (2018). Use of photogrammetry in video games: A historical overview. *Games Cult.* 1555412018786415. <https://doi.org/10.1177/1555412018786415>.
- Stelick, A., Penano, A. G., Riak, A. C., & Dando, R. (2018). Dynamic context sensory testing—A proof of concept study bringing virtual reality to the sensory booth. *Journal of Food Science*, *83*, 2047–2051. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14275>.
- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woolsey, A., & Singleton, R. C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, *28*, 24–34.
- Ullman, S. (2020). Virtual reality vs. 360 video created: by Sarah Ullman for the Jungle. <https://touchstoneresearch.com/infographic-virtual-reality-vs-360-videos/> Accessed 6 February 2020.
- Ung, C.-Y., Menozzi, M., Hartmann, C., & Siegrist, M. (2018). Innovations in consumer research: The virtual food buffet. *Food Quality and Preference*, *63*, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.007>.
- Unity Technologies (2019). Unity Manual. <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>/ Accessed 31 March 2019.
- Veinand, B., Godefroy, C., Adam, C., & Delarue, J. (2011). Highlight of important product characteristics for consumers. Comparison of three sensory descriptive methods performed by consumers. *Food Quality and Preference*, *22*, 474–485. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.02.011>.

6.2.2 Interaction avec le produit en environnement virtuel

À travers la présentation du développement du dispositif *VR*, réalisé dans un échange collaboratif entre experts sensoriels et experts développement *VR*, nous discuterons des différents besoins de l'expérience de consommation et des décisions prises pour permettre l'interaction du consommateur avec l'aliment dans une évolution autonome de l'expérience.

[Prestation réalisée]

Coordonner la position du produit durant son déplacement de la table à la bouche et permettre une évolution autonome du consommateur durant sa tâche d'évaluation.

Présentation du développement du dispositif *VR*, réalisé dans un échange collaboratif entre experts sensoriels (laboratoire INRAE) & experts développement *VR* (entreprise BAO)



6.2.2.1 Besoins de l'expérience

Pour recréer une expérience de consommation écologiquement valide en réalité virtuelle (*VR*), nous devons permettre au consommateur un comportement représentatif de sa réalité quotidienne. Seulement, même s'il est aujourd'hui facile de projeter un monde virtuel à l'aide d'un visiocasque, la capacité d'action de l'utilisateur y reste limitée. Pour comprendre le fonctionnement de la *VR*, nous nous en référons au repère API de Fuchs et al. (2003) (**Figure 32**). Dans cette évolution comportementale avec le monde virtuel, la *VR* soulève trois notions : l'immersion, l'interaction et l'autonomie. L'immersion fait appel aux dimensions sensorielles, dans une configuration de réalité mixte (*MR*), jouant entre le réel et le virtuel, ainsi les connexions (ici l'aliment) entre les mondes, réel et virtuel, auront besoin de maintenir une certaine cohérence sensorielle. L'interaction touche les dimensions motrices de l'utilisateur, dans une configuration de *MR*, les connexions entre les mondes, dont le corps et l'aliment font partie, auront besoin d'être finement captées dans leurs actions / mouvements, pour permettre une réponse sensorielle de l'environnement en cohérence. L'autonomie représente la capacité de la *VR* suivante : jusqu'où va-t-elle permettre à l'utilisateur de mener son expérience, avant de se retrouver face à une limite. Lors d'une expérience en *VR*, les actions de l'utilisateur

pourraient être cadrées par des instructions / consignes données au démarrage, afin de lui éviter la rencontre avec les limites techniques de l'expérience.

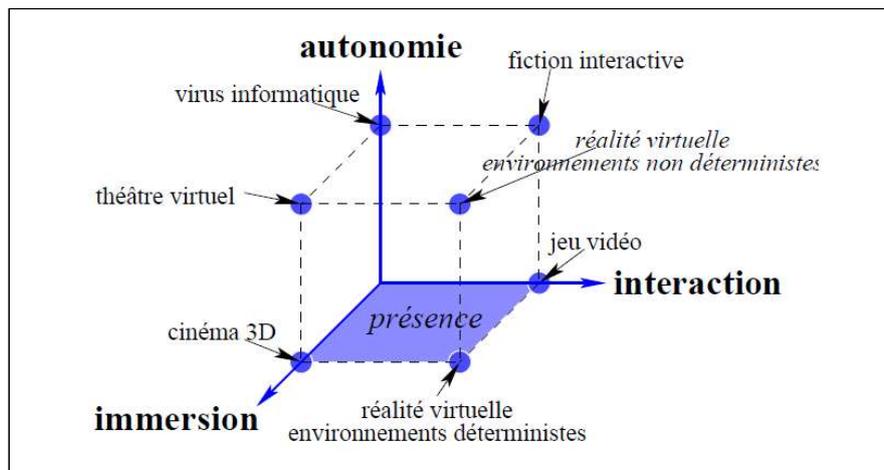


Figure 32. Repère AIP - Autonomie des objets, Interaction, Présence de l'utilisateur (Fuchs et al., 2003).

Aujourd'hui la technologie de VR par visiocasque est appréciée du domaine « sensoriel et consommateurs » pour son coût accessible, cependant, en occultant le monde réel pour amener l'illusion d'un monde virtuel, cette technologie ne laisse apparaître de prime abord ni l'aliment à consommer, ni le questionnaire pour l'évaluer, ni le corps de l'utilisateur pour s'y repérer. Dans la configuration la plus basique du visiocasque, l'aliment peut y être testé à l'aveugle (non visible dans l'environnement virtuel), y être évalué oralement pendant le temps de port du casque, ou bien regardé et évalué après retrait du casque (une fois sorti du contexte présenté). La consommation alimentaire permise au départ avec un visiocasque, tel que pensé pour d'autres applications comme les jeux vidéo, s'éloigne donc de l'ergonomie réelle de consommation.

Pour se rapprocher d'une ergonomie naturelle de consommation, l'utilisateur aura besoin de percevoir son produit en déplacement dans l'espace. Le visiocasque occultant le monde réel pour plonger le consommateur dans l'illusion d'un monde virtuel, l'intégration de l'aliment pour sa consommation, nécessitera le repère supplémentaire de sa position en temps réel, pour le faire apparaître au cœur du monde virtuel, soit en découpant l'image du monde virtuel (Sinesio et al., 2019), soit en y superposant l'image du scan 3D de ce produit (Ammann, Hartmann, et al., 2020; Ammann, Stucki, et al., 2020). La synchronisation visuelle au comportement du produit réel d'un double virtuel intéresse tout particulièrement le domaine « sensoriel et consommateurs », pour la conservation de la barrière visuelle entre les mondes (réel et virtuel) et pour son ouverture vers l'aide à la conception de produit ou à l'étude

d'interactions cross-modales (par la possibilité de dissociation du visuel, des autres modalités sensorielles, qui pourrait être indépendamment modulé). Cette synchronisation nécessitera néanmoins, la maîtrise d'une reconstruction visuelle représentative de l'aliment réel et d'une capture en temps réel du comportement de l'aliment, pour une évolution de son visuel en cohérence aux autres modalités sensorielles physiquement apportées.

Dans le quotidien du consommateur, l'évaluation du produit alimentaire ne fait, quant à elle, pas partie de son comportement naturel de consommation (Köster, 2003). Son évaluation explicite est déjà en décalage par rapport au réel, mais elle est souvent incontournable à l'étude et normée pour en limiter les biais. Cependant, les contraintes autour de cette évaluation en *VR* peuvent entraîner de nouveaux biais. Une évaluation orale, par exemple, rappellera la présence de l'expérimentateur en observation. Pour limiter ces biais supplémentaires apportés en *VR*, l'intégration de questionnaires dans le monde virtuel pourrait en être une solution judicieuse.

6.2.2.2 Spécificités de l'aliment dans une interaction réel-virtuel

Dans la mise en place d'une synchronisation réel-virtuel du comportement de l'aliment, il faudra tenir compte de la cohérence sensorielle acceptable, entre réel et virtuel, pour garder une immersion forte. Pour assurer cette cohérence entre la modalité visuelle et les autres modalités sensorielles du produit, il sera nécessaire d'en recréer un modèle virtuel représentatif de son visuel réel et de capter l'évolution temporelle dans l'espace de ce produit réel, pour y adapter son visuel en congruence. Aujourd'hui, les techniques de modélisation d'un objet en 3D sont nombreuses, tout comme celles de la capture du déplacement d'un objet physique dans l'espace. Cependant, selon les propriétés de l'élément ciblé, il sera plus ou moins facile et réaliste de le modéliser ou de le traquer. Les produits alimentaires pouvant être très diversifiés dans leurs propriétés « physiques » intrinsèques, ils feront appel à des techniques différentes (plus ou moins complexes et réalistes) de modélisations virtuelles. Par ailleurs, l'aliment amène dans sa modélisation virtuelle une contrainte supplémentaire : son caractère évolutif et éphémère dans l'espace, étant voué à être mangé.

Tandis que les études « sensorielles et consommateurs » ne présentent aucune limite d'exportation à la grande diversité alimentaire, l'intégration en réalité virtuelle des aliments amènera les limites techniques des technologies de modélisation et de capture de mouvements. Face à leur diversité « physique », les produits alimentaires ne sont pas égaux dans leurs implémentations en *VR* et nécessitent un travail d'intégration spécifique à chacun. En tenant

compte de cette variabilité, nous proposons une classification des produits alimentaires selon trois type de facteurs : liés aux propriétés intrinsèques du produit, liés à la manière de le présenter dans sa consommation et liés à la façon dont le consommateur interagi avec celui-ci (**Figure 33**).

Les facteurs liés aux propriétés intrinsèques du produit, susceptibles d'en impacter sa représentation virtuelle, se classifient de la manière suivante : (1) « le produit est-il solide ou liquide ? » ; (2) « est-il déformable ou non ? » ; (3) « de quelle taille est-il (de l'échelle d'une cacahuète, d'un biscuit ou d'une entrecôte) ? » ; (4) « de quelle forme est-il (nombre d'angles) ? ». Les facteurs liés à la manière de le présenter dans sa consommation déterminent les questions suivantes : (1) « est-il consommé en gardant une partie de son emballage ? » ; (2) « en quelle quantité est-il présenté (produit individuel ou en vrac) ? » ; (3) « dans quel contenant est-il présenté (dans une assiette, dans un bol, dans un sachet, dans une boîte, sur une serviette, sur un carton, ...) ? ». Les facteurs liés à la façon dont le consommateur interagi avec celui-ci dans sa consommation induisent les questions suivantes : (1) « le produit est-il pris directement en main ou par l'intermédiaire d'un outil ? » ; (2) « de quelle manière est-il saisi (pris par l'intermédiaire de baguettes, pris du bout des doigts, tenu par les bords, pris à la cuillère, pris avec une fourchette, pris à pleine main, empoigné, ...) ? » ; (3) « le produit est-il mangé en une seule ou en plusieurs bouchées ? ».

Modélisation visuelle

Aujourd'hui pour une étude « sensorielle » ou « consommateurs » en *VR*, la première cible abordable pour une consommation alimentaire correspond au groupe des produits solides non-déformables. Comme nous l'avons présenté précédemment, dans la mise en place de notre étude descriptive de cookies réels et virtuels (**article 5**), il est possible de représenter virtuellement ces produits via une reproduction 3D photo-réaliste. Dans cette étude, nous avons mis en évidence la proximité perceptuelle du visuel d'aliments solides et non-déformables, avec néanmoins quelques nuances perceptives remarquées, telles que la perte de la brillance au cours du processus de scan. Toutefois, il est possible de reconstituer ces attributs perceptifs (de réduire ces différences perceptives), en optimisant le paramétrage de ces modèles 3D. Les paramètres de « *smoothness* » et de « *normal map* » par exemple, peuvent modifier la simulation du comportement de la lumière de l'environnement *VR* en interaction avec le produit, pour recréer ces phénomènes de brillance (Unity Technologies, 2019) (**Figure 34**).

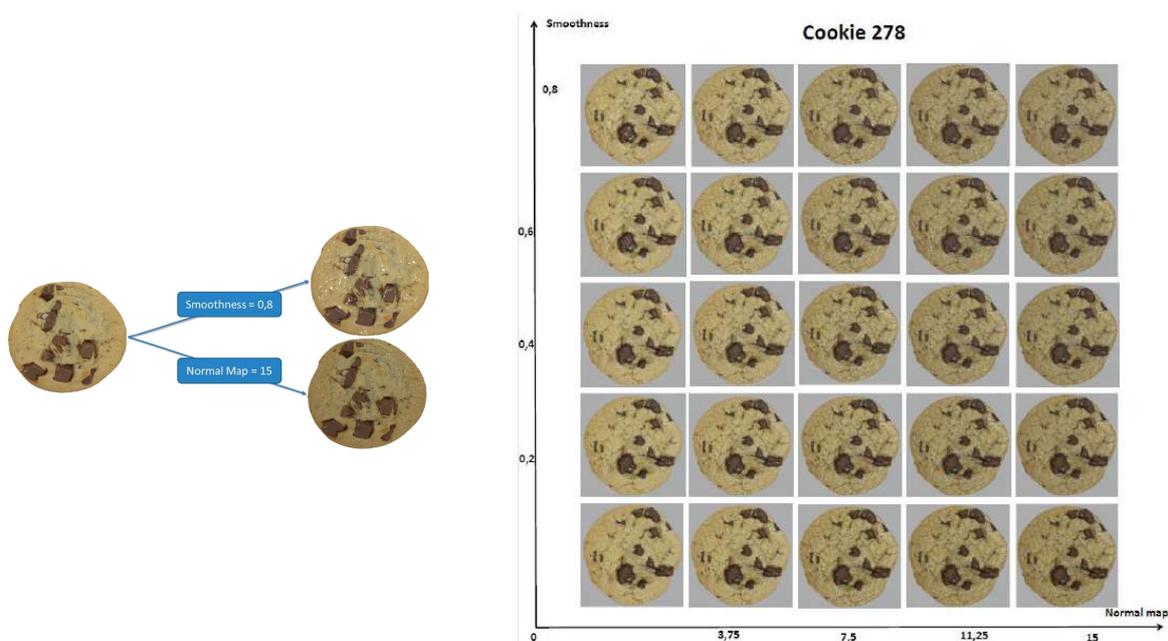


Figure 34. Exemple de variations de « *smoothness* » et de « *normal map* ».

Dans une étude à posteriori nous avons en effet travaillé sur une optimisation multicritère de ces paramétrages. Deux sets de cookies avaient été conçus à partir de deux cookies réels virtualisés. Pour chacun des cookies réels, un set de dix (10) cookies virtuels était paramétré sur des variations de « *smoothness* » (de 0 à 0,6) et de « *normal map* » (de 0 à 15), en Plan Central Composite (PCC) (**Figures 35 et 36**). Quatorze (14) panélistes évaluèrent ensuite ces doublons virtuels dans leur proximité au réel sur quatre descripteurs de brillance et

de texture visuelle (brillant, friable, fripé, texture moelleuse), sur une échelle allant de « -3 » à « +3 », où « 0 » symbolise une perception identique au réel (ex. pour le descripteur « brillant » : « -3 » = beaucoup moins brillant que le réel ; « +3 » = beaucoup plus brillant que le réel). Après modélisation des courbes de désirabilité des cookies virtuels (désirable si son évaluation est proche de 0), nous avons identifié pour le modèle cookies, le paramétrage optimal suivant : *smoothness* = 0,431 - 0,508 (valeur PCC pour une désirabilité maximale : de 0,615 à 0,979) ; *normal map* = 3,558 - 5,729 (valeur PCC pour une désirabilité maximale : de -0,741 à -0,333) (Figure 37).

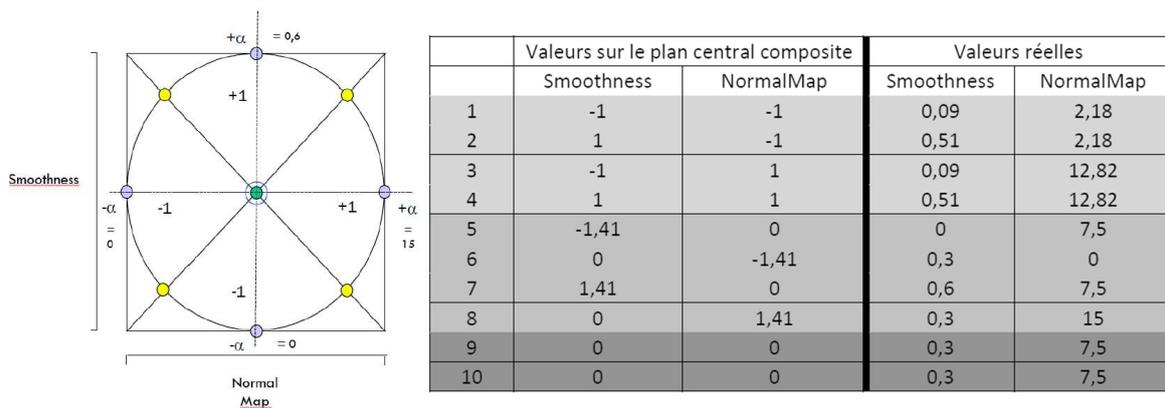


Figure 35. Paramétrage des sets de cookies.



Figure 36. Présentation d'un set de cookies en cabine sensorielle VR.

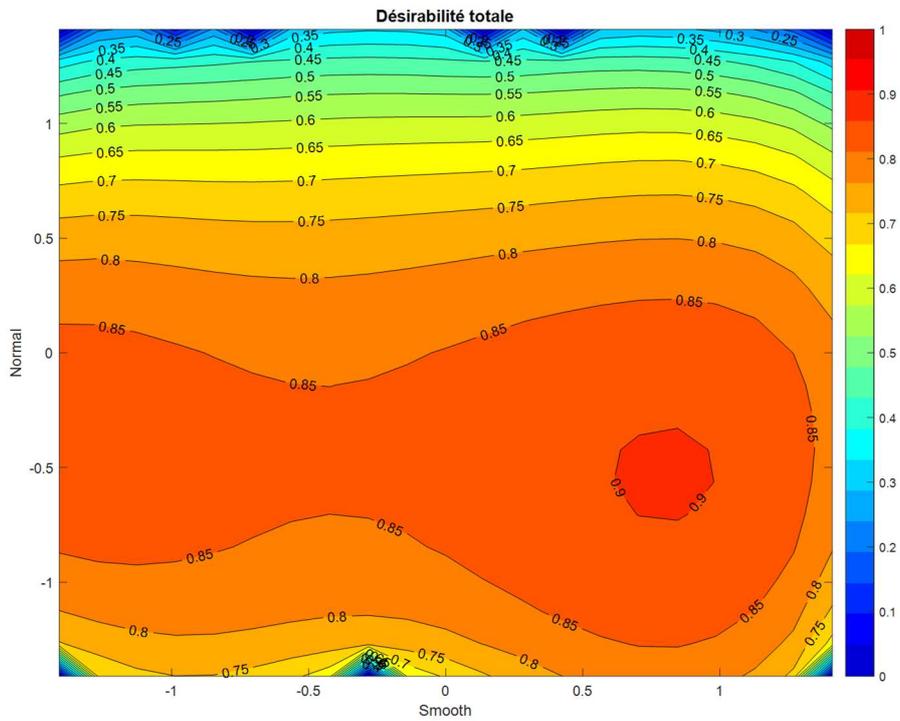


Figure 37. Graphique de désirabilité globale pour une proximité optimale aux cookies réels.

Les produits liquides et ceux solides déformables ajoutent, quant à eux, à leur modélisation, la contrainte supplémentaire de leur déformation. Leur représentation visuelle ne correspondant plus à un bloc statique, il sera donc plus complexe de les modéliser pour en intégrer leurs mouvements « propres » (ex. tortillement d'un spaghetti, mouvement d'un jus de fruit à la surface du verre) (Eden et al., 2007; Kück et al., 2002; Steele et al., 2004). De plus, dans une synchronisation des mouvements entre produit réel et produit virtuel, les liquides et les solides déformables ajouteront de la complexité au repérage du produit réel dans l'espace, pour en capter ses déformations (Luo et al., 2021; Smith et al., 2005; Yilmaz et al., 2006; Zhang & van der Maaten, 2013).

Il est néanmoins possible de tester ces produits par d'autres stratégies. Sinesio et al. (2019) ont, par exemple, testé des liquides (bières) par le repérage de leur contenant, avant d'en découper l'image du monde virtuel et d'y laisser apparaître le liquide réel. Une autre manière de détourner l'attention de cette limite technique est l'utilisation, dans une synchronisation réel-virtuel, d'un contenant opaque (ex. tasse de café opaque – Wang et al., 2020). Il s'agit de notre stratégie adoptée pour intégrer un verre d'eau à la dégustation (rinçage de la bouche entre les produits), celui-ci opaque n'offrant qu'une vue plongeante sur le liquide et l'absence de mouvement à sa surface y attirant moins l'attention.

Évolution du produit

Dans un objectif de consommation, la représentation visuelle du produit alimentaire est vouée à évoluer, jusqu'à sa disparition complète de l'environnement visuel. Ainsi, le contenu d'un verre de jus de fruit diminuera progressivement et de la même manière, un bol de cacahuètes diminuera en quantité, ou encore, un biscuit pourra disparaître progressivement en étant croqué en plusieurs bouchées. Cette évolution du produit nécessite une maîtrise dans la programmation des comportements visuels. Ce type de programmation a par exemple été utilisé dans l'étude de Persky et al. (2018), pour simuler le grossissement des portions servies en buffet, à chaque nouvelle cuillère, avec une modélisation différente selon l'aspect physique de l'aliment (élargissement de la masse de purée, augmentation du nombre de carottes, ...).

Cette évolution visuelle ne reste cependant qu'une estimation du comportement réel. En synchronisation avec un produit réel, l'évolution visuelle du produit virtuel manquera donc de précision. Pour la consommation d'un biscuit en plusieurs bouchées, il sera par exemple compliqué de préprogrammer un comportement propre à chaque participant. Donc cette programmation sera fixée, soit en tenant compte du comportement majoritaire (ex. « 80 % des consommateurs croquent ce biscuit en deux bouchées »), soit en leur opposant le comportement estimé (ex. « mangez-le en deux bouchées »).

Aujourd'hui, la consommation de petits aliments mono-bouchées reste la plus accessible, dans une programmation évolutive. Si le produit est unanimement consommé en une seule bouchée, la seule évolution nécessaire à programmer sera sa disparition instantanée de l'environnement visuel, dès la première bouchée. Dans l'étude sur le dégoût de Ammann, Hartmann, et al. (2020), l'utilisation d'un petit chocolat « mono-bouchée » ne nécessitait effectivement pas de forme visuelle intermédiaire avant sa disparition.

Lorsque la programmation du comportement de l'aliment n'est pas maîtrisée, il est encore possible de tromper le participant, en ne l'incitant qu'à la consommation d'une quantité non-impactante à sa représentation visuelle. À cette image, Wang et al. (2020) ont par exemple donné aux participants pour consigne, de ne consommer qu'une gorgée d'un café, présenté dans une tasse opaque, limitant ainsi la perception du changement de niveau du liquide.

Déplacement de l'aliment dans l'espace

Pour synchroniser la position du produit réel à son visuel en *VR*, il sera nécessaire d'en repérer sa position dans l'espace. Suivre un objet dans l'espace peut représenter un défi technique, si bien que des difficultés peuvent survenir dans des mouvements brusques, pour des structures non-rigides, en cas d'occlusion, ou sur des mouvements de caméra (Yilmaz et al., 2006). À cela s'ajoute pour l'aliment, son caractère évolutif et éphémère dans l'espace, ne pouvant être pisté à l'image des objets non-alimentaires actuels.

Aujourd'hui les objets solides non-alimentaires peuvent, par exemple, être repérés dans l'espace par l'ajout de « *trackers* » (capteurs de position). Les *trackers* actuellement accessibles dans le commerce, pour une utilisation en *VR*, restent assez imposants (ex. *Vive Trackers*). Mais les contenants, comme les assiettes et les verres, constituent des objets de bonne taille pour leur suivi dans l'espace. Bien que les liquides soient limités par leur complexité de modélisation visuelle, le repérage de leur contenant peut être facilement mis en place, pour une synchronisation du mouvement de ce contenant, entre réel et virtuel, jusqu'à la bouche du consommateur. Ce type de *tracking* est, par exemple, utilisé dans les études de Wang et al. (2020) pour suivre une tasse de café, de Ammann, Stucki, et al. (2020) pour pister une bouteille de jus, ou encore dans nos propres études en *VR* (**articles 2 et 6**) pour capter la position du verre d'eau à disposition des participants. Le visiocasque, très imposant, peut cependant rendre difficile le passage du contenant au niveau de la bouche. Pour y remédier, cette consommation peut être assistée d'une paille ; elle sera néanmoins plus ou moins congruente selon le produit étudié.

En situation réelle de consommation, les produits solides sont, eux, plus généralement déplacés à la main ou par l'intermédiaire d'un couvert, entre leur contenant et la bouche. Dans l'expérience culinaire « *Aerobanquets RMX* » (artiste : Mattia Casalegno ; chef : Chintan Pandya ; producteur exécutif : Roni Mazumdar), l'assiette pistée est directement amenée à la bouche, pour la consommation de l'aliment qu'elle contient (**Figure 38**). Mais pour cette expérience artistique, le comportement quotidien du consommateur n'y est pas recherché (Negüzel & Mil, 2021).



Figure 38. Expérience culinaire artistique « Aerobanquets RMX ».

Vue VR de l'aliment à gauche (VOA News, 2020).

Les petits outils de préhension, comme les couverts, sont, eux, plus susceptibles de subir de fortes variations de poids à l'attache d'un *tracker*, très imposant face à ce type d'ustensile (poids d'un *Vive Tracker* : 75g). Pour un comportement représentatif du consommateur, une telle variation ne pourra être tolérée, les variations de tailles et de poids des couverts impactant déjà la perception de l'aliment sur de petites variations (cuillères allant de 2,35 g à 10,84 g – Harrar & Spence, 2012). De plus petits marqueurs de position existent, comme en stratégies de *tracking* par reconnaissance d'objets ou de constellations. Cependant, ces stratégies nécessitent l'acquisition de caméras supplémentaires, menant vers un dispositif *VR* moins mobile et plus onéreux (analyse BAO). Pour les contraintes « sensorielles et consommateurs », le *tracking* du couvert nécessitera un développement spécifique. Dans le projet artistique « *project nourished* » (<https://projectnourished.com/>), un couvert y est spécifiquement développé, sur un système gyroskopique pour en traquer sa position (**Figure 39**).



Figure 39. *Tracking* gyroskopique du couvert, développé pour l'expérience artistique

« *Nourished* » (Ssk, 2017).

Pour l'aliment en lui-même, voué à disparaître dans sa consommation, sa position dans l'espace ne pourra être qu'estimée. Il y sera en effet compliqué d'y fixer un *tracker*. Même si des *trackers* comestibles sont aujourd'hui en développement (Oku et al., 2018; Uji et al., 2017), nous manquons encore de recul quant à l'altération sensorielle du produit qu'ils pourraient induire. Pour estimer la position de l'aliment dans l'espace, il faudra donc s'en référer à ses

points de contact dans son interaction. Une solution envisageable sera de traquer la position de la main du consommateur, en contact plus ou moins direct avec l'aliment dans sa consommation (passage du contenant à la bouche).

6.2.2.3 Préhension d'un produit solide et naturalité de l'interaction

En situation réelle de consommation, l'interaction avec le produit alimentaire s'effectue dans un processus automatique / inconscient. Pendant le port du visiocasque, cette interaction réelle sera visuellement cachée par l'interface virtuelle projetée. Pour un comportement représentatif du consommateur, l'objectif sera donc de traquer et de reconstituer visuellement en temps réel cette interaction du consommateur avec le produit. Pour comprendre jusqu'où cette reconstruction visuelle pourra rester naturelle pour le consommateur dans cette interaction, nous avons donc cherché à identifier le comportement réel d'un produit dans sa consommation.

Parmi les aliments solides et non déformables, de modélisation 3D représentative du réel, nous nous sommes intéressés au produit « cookie », en contact direct avec le consommateur dans une préhension à la main, de l'assiette à la bouche. Pour identifier le comportement réel et inconscient du consommateur avec ce produit, nous avons analysé l'enregistrement vidéo de douze (12) participants à une évaluation hédonique de cookies, en relevant les différents points de contact avec le produit (**Figure 40**). Sur cette identification du réel, un dispositif de *tracking* de l'aliment a été ensuite développé (prestation BAO, appel d'offres INRAE).



Figure 40. Contacts du consommateur avec l'aliment dans son interaction réelle (*les comportements difficilement modélisables sont identifiés d'une croix rouge*).

Saisie

Le premier contact avec l'aliment commence par sa saisie. Le cookie peut être pris par les bords ou par le centre, en laissant l'assiette sur la table ou en la ramenant vers soi, en le faisant parfois tourner entre ses doigts pour en ajuster la prise. Pour le dispositif développé, l'occultation de l'interaction réelle par la projection du visiocasque nécessitera la représentation, au minimum, de la main du consommateur, ainsi que du visuel 3D de l'aliment. La main du consommateur peut être repérée et représentée virtuellement via l'intégration d'un *tracking* optique « *Leap Motion* ® ». Le scan virtuel de l'aliment (doublet visuel) sera, quant à lui, programmé pour une apparition « statique » au démarrage à un emplacement repéré dans l'espace, permettant d'y déposer par la suite le produit réel en position synchronisée. Afin de laisser une flexibilité au déplacement de l'assiette contenant l'aliment, tout en maintenant un repère de la position au démarrage des produits synchronisés, réels et virtuels, ce contenant (assiette) pourra être lui-même pisté, par la fixation d'un *tracker*. Pour créer une interaction visuelle entre la main et le produit, des « *colliders* » seront paramétrés sur ces deux éléments virtuels. Les « *colliders* » correspondent aux composantes Unity fournissant une détection de collision entre les objets virtuels via leurs différentes « boîtes de délimitation ». La saisie du cookie pourra être virtuellement repérée par la détection de la collision entre les *colliders* des doigts et du produit, entraînant le rattachement du visuel de l'aliment aux mouvements de la main. Cependant, un mouvement du produit peu marqué dans le mouvement de la main, comme par exemple « le faire tourner entre les doigts », ne sera pas détecté et le visuel virtuel se désynchronisera alors du réel.

Manipulation

Une fois le produit saisi en main, le consommateur va le manipuler : en le rapprochant de son champ visuel, en le tournant pour l'observer, en le changeant de main pour ajuster sa prise, en l'approchant de son nez pour en sentir l'odeur, ou encore en le reposant. Dans cette manipulation, tant que le mouvement de la main sera franc, le visuel du produit suivra son mouvement (de la main) à l'image de l'interaction réelle. Dès que la collision des *colliders* de doigts avec celui du produit ne sera plus détectée, le visuel de l'aliment se désolidarisera du mouvement de la main. Dans ce paramétrage, il sera donc possible de reposer le produit ou de le changer de main. Néanmoins, selon la taille et la forme du produit, la collision des *colliders* sera plus ou moins sensiblement détectée. Pour limiter les chutes non désirées du visuel dans sa manipulation, l'intervalle de détection de cette collision pourra être augmenté, cependant une

plus grande exagération des mouvements sera nécessaire pour relâcher le produit lors d'un dépôt ou d'un changement de main. Le paramétrage de la saisie de l'aliment en synchronisation au réel, amènera donc un traitement spécifique à chaque produit. Amener l'aliment près du nez pour le sentir sera, par contre, contraint par le visiocasque, imposant et encadrant le nez. Une odeur de faible intensité sera possiblement peu détectée.

Déformation

Dans sa manipulation, le consommateur peut également appliquer manuellement au produit des déformations. Mais ces déformations, comme la casse du cookie, requerront une modélisation visuelle complexe, difficile à recréer dans cette stratégie où le comportement réel de l'aliment n'est qu'estimé. De même, les déformations telles que l'émiettement du cookie dans sa manipulation ne pourront être détectées.

Consommation

Après avoir été saisi et observé, l'aliment va être consommé. En situation réelle de consommation, le consommateur peut en croquer une bouchée, plus ou moins grande, regarder l'intérieur du produit, puis le finir, ou bien encore le consommer en une seule bouchée si ce produit est de petite taille. L'approche du produit de la bouche du consommateur pourra être détectée par la collision entre le *collider* du produit et celui de sa tête (repéré par la position du visiocasque). À la différence de la situation réelle de consommation, le nombre et la taille des bouchées ne pourra être précisément détectée. À la collision entre l'aliment et la bouche, il sera néanmoins possible de paramétrer soit une disparition du produit, considéré alors comme consommé, soit un changement de visuel du produit, considéré alors comme croqué. L'apparition du produit croqué nécessitera donc la virtualisation de ce produit aux différentes étapes de sa consommation. Les étapes d'évolution du produit préprogrammées, ne pouvant s'adapter à chaque consommateur, seules des instructions cadrées de sa consommation limiteront la perception des incohérences perceptives (« mangez-le en deux bouchées » ou « ne cherchez plus à regarder le produit après l'avoir amené près de votre bouche »). Dans cette détection des collisions tête-aliment, notons que découvrir olfactivement l'aliment pourra fausser cette détection de mise en bouche. À nouveau, seul un comportement cadré du consommateur limitera la détection d'incohérences perceptives, c'est-à-dire, soit en lui demandant de rester éloigné du produit pour le sentir (bien que difficile avec le volume

imposant du casque autour du nez), soit en lui donnant pour consigne de ne sentir le produit qu'avant de le mettre en bouche.

Limites au dispositif développé

Dans cette stratégie, un dispositif a donc été développé pour permettre la consommation en VR, ajoutant au visiocasque « HTC Vive ® » la fixation d'une caméra « Leap Motion ® » pour le *tracking* des mains. Cette caméra reste, toutefois, limitée à un champ de détection proche du regard de l'utilisateur (**Figure 41**). Pour agrandir ce champ, deux « Vive Trackers ® » ont été ensuite ajoutés au dispositif, rattachés aux avant-bras de l'utilisateur à l'aide de dragonnes. Cependant, seule la caméra « Leap Motion ® » permet, dans ce dispositif, une détection précise des mouvements des mains et des doigts ; hors-champ, une préhension du produit restera donc difficilement captée (fonctionnelle par le repérage des collisions doigts-aliment). Pour un bon repérage de la saisie du produit réel et une bonne coordination du visuel virtuel, l'utilisateur devra alors orienter son regard vers le produit. Mais une fois le produit saisi, les *trackers* des bras aideront à garder une estimation de la localisation de celui-ci et de la main, même si l'utilisateur en détourne son regard.



Figure 41. Champ de détection des mains par la caméra « Leap Motion ® ».

(Schématisation BAO – entreprise de prestation)

Pour offrir de la flexibilité sur la zone de saisie de l'aliment, d'autres « Vive Trackers® » ont par la suite intégré le dispositif, en fixation aux différents contenants alimentaires présents dans la scène virtuelle (assiettes, verre d'eau). Ainsi, l'utilisateur perçoit ses mouvements de mains et la position des différents contenants alimentaires, qu'il peut librement déplacer dans son contexte virtuel. La saisie d'un produit, comme d'un contenant, crée cependant une zone

d'ombre à la détection de la main. Lorsque la détection de la main est perdue, des mouvements visuels incohérents au comportement réel peuvent survenir. Pour limiter la perception de ces incohérences de proprioception (décalage entre visuel et tactile / kinesthésie), nous choisissons alors une disparition visuelle des mains après saisie d'un produit ou d'un contenant (verre d'eau), pour un focus attentionnel davantage centré sur le visuel de l'aliment que sur les incohérences visuelles des mouvements des mains.

Pour aider le consommateur à se rapprocher de son comportement réel de manipulation de l'aliment en *VR*, nous recherchons à pister le réel pour en recréer un visuel concordant en temps réel. Le dispositif développé pour y répondre, ne pourra cependant reconstruire totalement la complexité d'une interaction naturelle, l'évolution de l'aliment dans l'espace ne pouvant être précisément capté (estimée par les mouvements du consommateur). Le consommateur peut cependant être guidé pour rester sur un niveau d'interaction / autonomie gérable par le dispositif, ou bien lui fournir un apprentissage de nouvelles règles pour l'aider à suspendre son incrédulité, là où le dispositif amènera des incohérences perceptives. Le consommateur devra en effet, pour une interaction fonctionnelle, exagérer ses mouvements de mains et orienter son regard vers le produit. Il verra également sa main disparaître et verra le produit évoluer d'une façon prédéfinie (taille et nombre de bouchées). Et l'exploration olfactive du produit ne pourra être menée que dans un ordre de dégustation où elle n'amènera pas de confusion à la détection d'une mise en bouche. Une phase de familiarisation au dispositif visera donc à impliquer le consommateur dans son expérience en *VR*. Mais arrivera-t-il à garder la spontanéité de son comportement ?

En termes de généralisation, bien qu'initialement développé avec le produit « cookie », nous avons pu tester ce dispositif pour d'autres aliments solides, non-déformables, préhensibles à la main, où il reste fonctionnel (ex. préhension d'une grande part de cake, d'un petit bonbon, d'un fin biscuit « petit-déjeuner » – **Figure 42**). Un temps de préparation est néanmoins nécessaire à la préparation de chaque nouveau produit. La modélisation visuelle de l'aliment requiert un important temps de scan photogrammétrique (Gouton et al., 2021). Ici, chaque bouchée est considérée comme un nouveau produit virtuel, la présentation de gros produits consommés en plusieurs fois multiplie alors le temps préparation, avec un scan photoréaliste à chaque étape d'évolution du produit dans sa consommation. Les petits aliments « mono-bouchées » représentent donc, pour l'instant, une cible de produits plus faciles d'accès, pouvant être intégrés plus rapidement à la *VR* et avec moins d'incohérences perceptives à cadrer (liées à l'imprécision de détection des bouchées). Quel que soit le produit alimentaire solide, un temps

de prétest des paramétrages de saisies sera tout de même nécessaire, pour en optimiser sa préhension (tailles et formes des *colliders*, intervalles de détection des collisions, ...).

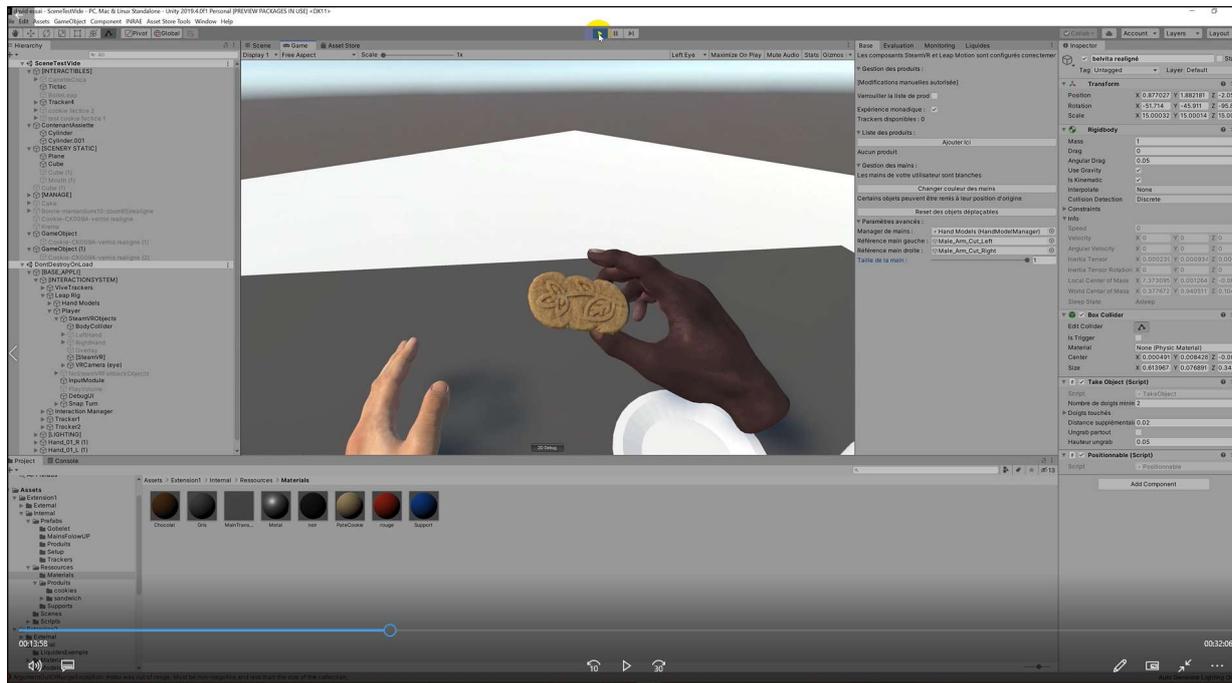


Figure 42. Préhension d'un fin biscuit « petit-déjeuner ».

Amener l'utilisateur à mener seul son exploration de l'aliment est donc possible, même si cela demande un temps supplémentaire à la mise en place de l'environnement *VR*. L'autonomie du participant n'est néanmoins pas encore totale, puisque l'apprentissage d'un nouveau comportement de consommation est de rigueur. La consommation en *VR* s'approche donc avec ce dispositif, autant que possible du réel, mais, par la reconstruction artificielle de la modalité visuelle de cette interaction, des incohérences perceptives persisteront. Le consommateur rencontrera soit une incohérence perceptive entre le visuel virtuel et son comportement réel, soit il contraindra son comportement pour ne pas dépasser la simulation visuelle gérable par ce dispositif. À la différence des *CLT*, où une forte contrainte perceptive est amenée par le contexte, ici la contrainte vient de l'action, dans une interaction motrice avec l'aliment, limitée par la technologie de la *VR*. Quelles en seront les répercussions sur le ressenti global de l'expérience ? Dans une activité motrice de consommation moins naturelle et moins spontanée qu'en situation réelle « automatique », comment l'immersion en sera-t-elle impactée ? Quelle relation se dessine entre « l'autonomie », « l'interaction » et « l'immersion » ? Nous soulevons alors ici l'hypothèse suivante : plus nous cherchons à augmenter l'autonomie du consommateur, plus son interaction dans l'espace se complexifie, limitée par l'avancée technologique de la *VR*, plus s'ouvre alors, pour le consommateur, la

détection d'incohérences sensorielles avec son comportement « inconscient », susceptible d'en fragiliser son immersion.

6.2.2.4 Évaluation de l'aliment

Dans cette occlusion du monde réel par le visiocasque, le consommateur y perd aussi ses repères visuels de l'évaluation déclarative du produit. Dans la prise en main d'un dispositif basique de *VR* avec visiocasque, il est toujours possible de reporter une évaluation orale, ou bien de retirer le visiocasque pour passer à une évaluation écrite.

Cependant, l'évaluation orale du produit induisant davantage de proximité entre l'expérimentateur et le consommateur, elle est susceptible de modifier le comportement du consommateur face à l'expérimentateur en l'intention de lui faire plaisir (biais de désirabilité). Elle reste aussi plus limitée sur le type de questions-réponses formulables à l'oral. Lors d'une précédente étude, nous avons par exemple noté des difficultés à la mise en place d'une évaluation orale CATA (Check All That Apply).

Dans la continuité de l'étude des échantillons de sandwiches en parc virtuel (étude présentée en **Article 2, Chapitre 1**), nous avons poursuivi la comparaison des évaluations de ces produits entre « scénario en box », « parc réel », « salle contexte » et « *VR* », sur une évaluation (orale pour la *VR*) du ressenti émotionnel en dégustation. Chaque sandwich était tout d'abord évalué sur deux échelles en 9-points inspirées du modèle émotionnel « *Pleasure-Arousal-Dominance* » (Self-Assessment Manikin – Hayashi et al., 2016). La première graduée de « 1 = sentiment désagréable » à « 9 = sentiment agréable » ; la seconde allant de « 1 = relaxant, apaisant » à « 9 = stimulant, énergisant ». Puis, une évaluation CATA leur était demandée (méthode utilisée dans la comparaison des conditions des études de Dorado et al., 2016; Meyners et al., 2013; Sinesio et al., 2019), composée de termes inspirés des dimensions émotionnelles de Porcherot et al. (2010). Les participants avaient pour consigne « Cochez des termes supplémentaires s'ils s'appliquent à votre ressenti », avec une sélection parmi les termes « dégoût », « désir », « fraîcheur », « nostalgie », « bien-être », « sérénité ». Mais cette évaluation étant contrainte en *VR* par son caractère oral, la liste CATA fût amenée au participant en questionnements « oui / non » terme par terme (toujours dans un ordre aléatoire). En définitive, dans un référentiel « *Pleasure - Arousal* » ces produits ressortaient comme peu émotionnels, avec des évaluations neutres en termes d'éveil (proches de 5, centre de l'échelle) en toutes conditions et avec un ressenti un peu plus agréable en environnements simulés (0,5 et

0,6 points d'écart observés entre le parc et les environnements simulés) (**Tableau 1**). Tandis que sur une évaluation *CATA*, davantage de termes émotionnels étaient attribués aux produits en environnement *VR* (**Figure 43**). Au vu de la littérature comparant les évaluations de type *CATA* au type « Oui / Non » (Jaeger et al., 2014), l'adaptation orale de cette évaluation a possiblement fait ressortir un biais. Nous suspectons ici un focus attentionnel plus important sur chacun des termes, de par cette formulation « Oui / Non ».

Tableau 1. Notes émotionnelles moyennes des sandwiches, sur leurs évaluations quantitatives, échelles en 9-points, significativité des différences entre les conditions (scénario en box, salle contexte, réalité virtuelle, parc réel) des tests ANOVA et post-hoc Tukey, pour l'effet CONDITION.

Échelles	Réalité virtuelle	Salle contexte	Scénario box-D	Scénario box-M	Parc réel	Significativité ANOVA
Émotion agréable	6,3 ^A	6,2 ^A	6,1 ^{AB}	5,8 ^B	5,7 ^B	***
Émotion stimulante	5,0	5,3	5,1	5,2	5,1	NS

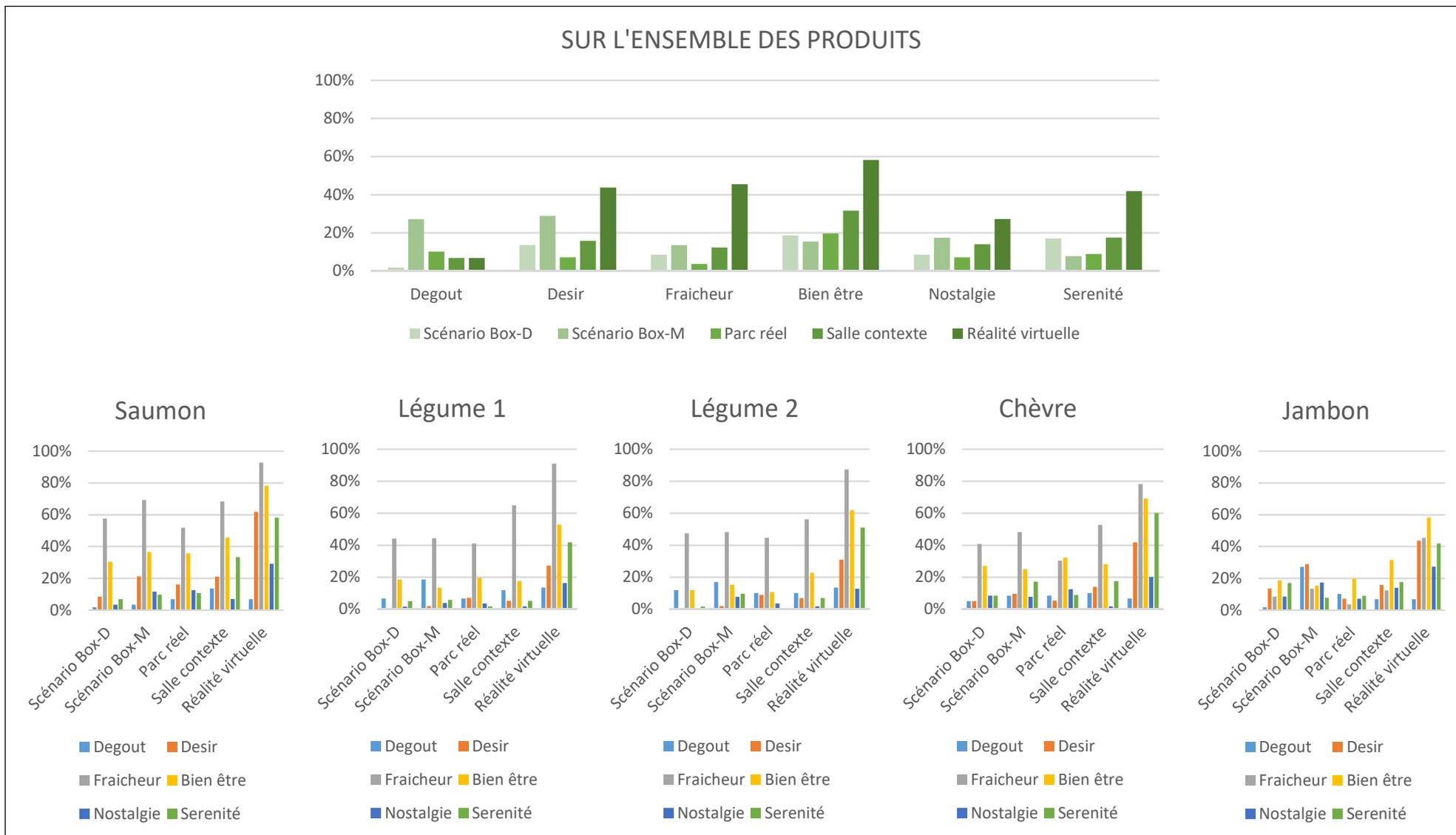


Figure 43. Distribution des termes émotionnels associés par produit par condition.

Dans une autre perspective, le retrait du visiocasque pour l'évaluation du produit pose la question de la persistance dans le temps de l'effet du contexte. Bien que soulevées par certains auteurs, comme Andersen et al. (2018) regardant la congruence de la récompense choisie, après le retrait du casque *VR*, ces questions n'ont trouvées, encore à ce jour, que peu de réponses en faveur d'une perdurance de l'effet du contexte. Le retrait du visiocasque pour l'évaluation d'un produit amène donc un autre biais, celui où l'évocation du contexte n'est plus contrôlée.

En cette quête d'autonomie du consommateur dans son évaluation du produit alimentaire, nous avons cherché alors à développer des questionnaires virtuels, en suivant la tendance de la littérature, tels que mis en place dans l'étude de Sinesio et al. (2019). Ces questionnaires ont pour but de laisser, dans l'évaluation de produits alimentaires en *VR*, une distance à l'expérimentateur (en ne notifiant pas sa présence), tout en permettant au consommateur de rester immergé dans le monde virtuel (sans retrait du casque).

Au travers de ce dernier développement, différents points ont été abordés pour garantir l'immersion de l'utilisateur. L'apparition visuelle du questionnaire veillait, par exemple, à se présenter sur une localisation crédible (posé comme en réel). Et pour limiter la fatigue, facteur influant sur l'immersion, son ergonomie en a été également travaillée. Elle reste cependant limitée, d'une part par la contrainte d'absence de retour de force (virtuel uniquement), d'autre part par la taille du questionnaire supérieure au réel pour une détection précise des collisions avec les doigts, celles-ci engendrant une exagération des mouvements dans la sélection des boutons. Les réponses susceptiblement longues aux questions ouvertes ont donc été prises en charge par l'intégration d'un auto-enregistrement audio.

Les questionnaires virtuels présentés dans l'environnements *VR* offrent aussi l'avantage d'une automatisation de l'expérience. Tel un questionnaire géré par ordinateur, nous pouvons préprogrammer l'ensemble de ses questions, paramétrer l'ordre d'apparition des produits, ordre équilibré entre les participants (ex. carré latin de Williams), puis voir se transformer instantanément les réponses collectées en une table de données utilisable pour des analyses statistiques. En cours d'expérimentation, l'expérimentateur n'a plus qu'à se laisser guider par l'ordinateur, qui lui indiquera quel produit réel déposer sur le *tracker*-assiette, pour une coordination au virtuel.

6.2.2.5 Représentation du corps

Dans cette stratégie de reconstruction du visuel occulté par le visiocasque, émerge la question de la représentation du corps de l'utilisateur. Dans cette stratégie, les mouvements des mains pourront être pistés par une caméra « *Leap Motion* ® », mais elles ne seront pas reconstruites à l'identique du réel. Pour le consommateur, il sera important de lui permettre de s'identifier malgré ce décalage visuel.

Les études de Normand et al. (2011) sur la représentation du corps, mettent en évidence le fait qu'une synchronisation, sensorielle et motrice, des mouvements réels aux mouvements du corps virtuel amène l'utilisateur à se projeter dans le corps virtuel perçu. Ces études pointent cependant le fait qu'un corps virtuel différent du réel amènera, à l'utilisateur, l'illusion d'être dans le rôle de cette fausse projection. Dans notre utilisation de la réalité virtuelle, nous recherchons un comportement du consommateur représentatif de son quotidien. Se mettre dans un rôle sera limitant à notre objectif.

Dans une reconstruction des mains du consommateur, nous nous sommes intéressés à leur taille et à leur couleur, ces deux critères étant susceptibles de participer à l'identification du consommateur. Il nous sera facile d'ajuster la taille des mains d'un utilisateur à l'autre, en optant, dans notre dispositif, pour l'intégration d'un curseur. Mais les couleurs de peaux sont très variées et aujourd'hui elles ne sont pas égales dans le réalisme de modélisation (T. Kim, 2020; T. Kim et al., 2021). Historiquement les peaux blanches, très médiatisées, ont été travaillées depuis plus longtemps sur leur rendu visuel, que les peaux mates à noires, plus ignorées des médias (ex. cinéma, photographie), de ce fait le travail de leur réalisme commence depuis peu. Il existe donc encore aujourd'hui un décalage dans la modélisation des diversités de peaux et supposément dans leur identification.

Dans un enregistrement des données visuelles pour l'analyse du comportement des consommateurs en environnement virtuel, la représentation visuelle de « l'avatar » du participant (si elle recherchée à l'image du participant lui-même) pourrait aussi représenter une collecte de données personnelles (Mattatia, 2021). Dans une stratégie « d'anonymat », nous choisissons une couleur de main commune ne favorisant pas l'identification d'un individu par rapport à un autre : de couleur bleue, à l'image de gants, tels qu'utilisés dans notre laboratoire (**Figure 44**).

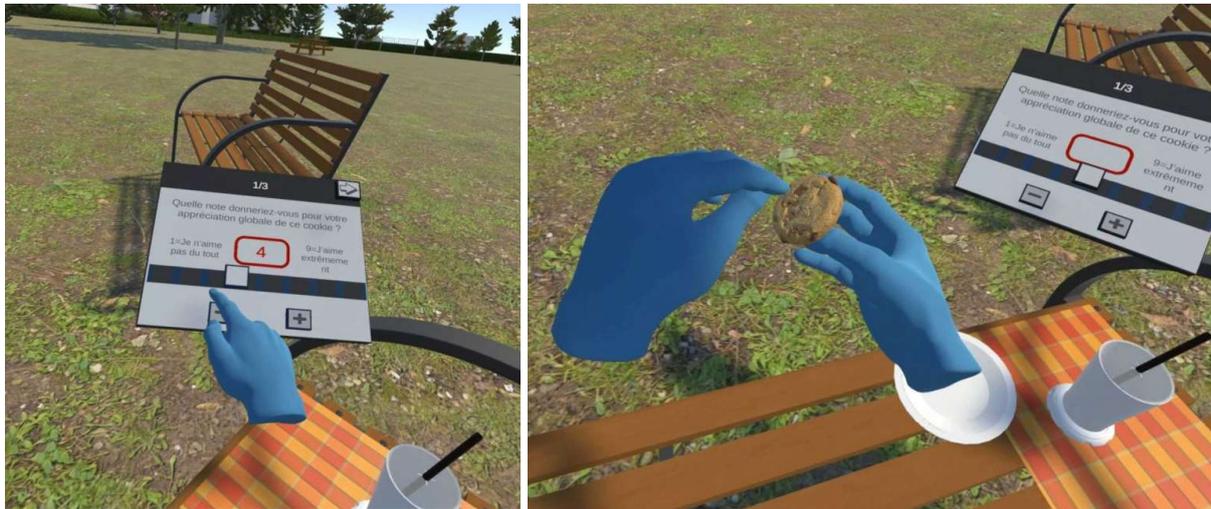


Figure 44. Représentation commune des mains adoptée.

6.3 Validation du concept développé (Article 6)

Dans un design *VR* poussé au-delà du contexte, l'article intitulé « *Snacking in a park: A proof of concept of the virtual reality use for a food consumption application. (Article in preparation)* » présente une évaluation de l'expérience de consommation en *VR*. Dans un contexte travaillé, cette étude prend racine à partir des différents points critiques énoncés au début de cette thèse, en tenant compte : du consensus de la représentation de l'épisode évoqué (lieu public de représentation commune : parc), de la motivation pour l'épisode (explicitement évoqué par le scénario : pause), de l'arrivée d'une mixité physique (synchronisation d'une zone support à la consommation entre réel et virtuel : banc). L'environnement « parc *VR* » avait été déjà étudié sur son positionnement par rapport à d'autres dispositifs contextuels, dans une consommation assistée de produits alimentaires (réels-virtuels non-synchrones, en évaluation orale). Pour pousser l'utilisateur vers une évolution autonome dans sa dégustation, cet environnement intègre ici : premièrement une synchronisation « réel-virtuel » de l'aliment, pour se rapprocher du visuel de l'interaction réelle occultée par le visiocasque (perception des mains et estimation des déplacements de l'aliment) ; deuxièmement une représentation valide du double virtuel de l'aliment (scan photogrammétrique) ; troisièmement une évaluation du produit au sein de l'environnement *VR*, sans assistance de l'expérimentateur (questionnaire virtuel). Dans une comparaison de ce design *VR* poussé, à l'évocation elle-même de l'épisode, nous discutons à travers cet article de la relation entre « présence » et « autonomie », amenée par l'expérience *VR*.

2
3 **Snacking in a park:**

4 **A proof of concept of the virtual reality use for a food consumption application**

5 Maëlle-Ahou Gouton ¹⁻², Catherine Dacremont ², Gilles Trystram ¹, David Blumenthal ¹

6
7 ¹ *Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR SayFood, 91300 Massy, France.*

8 ² *Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université Bourgogne Franche-*
9 *Comté, 21000 Dijon, France.*

10
11 **6.3.1 Highlights**

- 12
- 13 • Despite the sensorimotor constraints, VR leads to the feeling of presence in food
 - 14 consumption
 - 15 • Food consumption can be integrated in VR without breaking the visual barrier
 - 16 between the real and virtual worlds
 - 17 • The evocation controlled by the rich VR design promotes the internal validity of this
 - 18 contextual strategy
- 19

20 **6.3.2 Abstract**

21

22 This study provides proof of the concept of the food consumption in virtual reality,

23 despite the visual barrier associated with the use of a head-mounted display. This study is one

24 of the first to recreate a sensorimotor interaction with food without breaking the visual barrier

25 between the real and virtual worlds, by synchronizing the real product with its virtual

26 photogrammetric scan. We tested here the validity of a food grasping device, while using a

27 head-mounted display, by measuring the feeling of presence and analyzing the performance of

28 cookie perception evaluations. With this consumption experience, we underline both: the strong

29 external validity of the tool, making consumers feel present in the evoked consumption episode;

30 and the internal validity of this tool, bringing a strong evocation control and thus more

31 consistency in the interpretation of causal relationships within the experiment.

32

33 **Key words:** Virtual reality, Food consumption, Presence, Interaction, Cookies, Park.

34

35 6.3.3 Introduction

36

37 Traditionally, studies of food products have been carried out in a controlled "central
38 location test (CLT)" environment, favoring studies of causal relationships between different
39 factors (strong internal validity), distinctly modulated by the experimentation. However, far
40 removed from the real conditions of consumption, it is difficult to generalize the results obtained
41 by this situation constrained in the real daily life of consumers (weak external validity)
42 (Dacremont & Sester, 2019; Galiñanes Plaza et al., 2019; Köster, 2003; Meiselman, 2019). In
43 a quest for ecological validity, a large number of strategies for integrating the context into the
44 evaluation of the products in the laboratory are gradually emerging (Jaeger & Porcherot, 2017;
45 Porcherot et al., 2018). Among it, we find virtual reality (VR), which aims to bring sensorimotor
46 and cognitive activity between digitally recreated environments (Fuchs, 1996). With the arrival
47 of Head Mounted Display (HMD), VR becomes accessible and attractive for the sector of
48 sensory and consumer studies (Ammann, Hartmann, et al., 2020; Ammann, Stucki, et al., 2020;
49 Andersen et al., 2018; Chicchi Giglioli et al., 2019; Faita et al., 2016; Gouton et al., 2021;
50 Melendrez-Ruiz et al., 2021; Ouellet et al., 2018; Persky et al., 2018; Schnack et al., 2019;
51 Siegrist et al., 2019; Stelick et al., 2018; Ung et al., 2018).

52

53 This technology has already been greatly developed visually for other fields of
54 application (Patney et al., 2016) and it is already proving this in the illusion of a physical space
55 for everyday evocations: shopping (Melendrez-Ruiz et al., 2021; Schnack et al., 2019; Siegrist
56 et al., 2019), buffet (Persky et al., 2018; Ung et al., 2018), bar (Sinesio et al., 2019), ... This
57 reproduction of an environment finds the immersive level of physical reconstructions (Gouton
58 et al., 2020; Sinesio et al., 2019). In a task framed on visual interaction, the consumer won't
59 notice the absence of the real product. For the consumption of food it will nevertheless be
60 inevitable to integrate this physical element into the virtual world. However, in its way of
61 bringing the virtual context, the HMD conventionally obscures the real world visual modality,
62 leaving neither the product, nor the consumer's body, nor the questionnaire for its evaluation,
63 leaving only the possibility for a blind test of the product (Andersen et al., 2018; Van der Wal
64 et al., 2020) or its test out of context (removing HMD) and an oral or a post-HMD removal
65 evaluation.

66

67 To bring the consumer back to a natural interaction with food, it is therefore necessary
68 for the field of "sensory and consumer sciences" to go towards additional VR developments.
69 Today we have the technology to locate the body and physical objects (Caserman et al., 2019;

70 Han et al., 2018; Harley et al., 2017; Spanlang et al., 2014). As the food itself is doomed to
71 disappear from space (consumption), its position between the container and the mouth can only
72 be estimated in space. The strategy is then, either to break through the real-virtual visual barrier,
73 cutting out the real image surrounding the food product (Sinesio et al., 2019), either to
74 reconstruct a virtual copy of this hidden visual modality in the virtual space, superimposing on
75 the occulted reality a virtual food product behaving in synchronization with the real one
76 (Ammann, Stucki, et al., 2020). Superimposing a duplicated visual in a synchronized behavior
77 serves multiple interests: allowing the consumption of food in VR in a "pseudo-natural"
78 ergonomics and opening up to future applications of assistance in the design of products
79 (Ammann, Stucki, et al., 2020; Huang et al., 2019; Wang et al., 2020).

80

81 In a previous study (Gouton et al., 2021), we had already explored the perceptual
82 validity of 3D visual reconstructions of food products. But in the use of this virtual visual for a
83 synchronization with a "physically" existing product, it will be necessary to go beyond the
84 initial visual of the product, to reproduce its behavior during its consumption. Tracking and
85 reproducing the behavior of an object in space is already not easy and depends on the "physical"
86 properties of the object in question, to this, food adds the constraint of its consumption. The
87 position of this food product, doomed to disappear from the space, can nevertheless be
88 estimated through its interaction with the consumer (eg. tracking of the hand or the container).
89 But the artificial reconstruction of the visual of this interaction with food, unconscious and free
90 in a real situation, will remain framed by the limits of tracking and modeling technologies in
91 VR. Seeking to get closer to a natural interaction of consumption will therefore still involve
92 new restrictions and learnings. How will this technological interface frame the immersive
93 experience? Will the framing of this behavior, originally automatic, break VR immersive
94 potential?

95

96 In this study, we integrated into our VR environment the development of a device to
97 bring the consumer towards an autonomous evolution in his tasting experience, with the visual
98 identification of the food product, presented in VR thanks to a photo-realistic visual
99 reconstruction, in a synchronized behaviour with the gripping of the real product (physically
100 present, but visually hidden) and with the integration of virtual questionnaires within the VR
101 experience for its evaluation. Via the hedonic evaluation of cookies, we looked for the
102 identification of the consumer overall feeling of this autonomous tasting experience in VR, in
103 comparison to the "not perceptually framed" testing experience, under evocation-only of the
104 consumption episode (CLT enriched with a written scenario).

105 Our initial hypothesis was that VR could lack of immersion facing an evocation-only
106 condition in sensory booth, due to the artificial way of bringing in VR the grasp of food
107 products, in comparison to the automatic / unconscious grasp of the real world. Conversely, a
108 rapid control of the VR system, suspending disbelief, will lead to a strong immersive experience
109 going beyond a mere evocation. Personal variability is therefore expected here, where we will
110 test the effects of different personal factors (age, VR knowledge, episode familiarity, etc.).

111
112 One hundred and nineteen (119) participants were therefore immersed for a
113 contextualized cookie evaluation. In view of the subtle differences previously noted between
114 the environments on the product rating (Gouton et al., 2020), the VR reconstruction of the
115 episode was, for this study, compared to its conceptual presentation by scenario in an intra-
116 subject design. One-half of these participants therefore started with a VR experience and the
117 other half with a contextualized experience in booths, before switching conditions. However,
118 the declarative measurement of immersion was only evaluated after the first test experience
119 (VR or scenario-only), for an inter-subject comparison, preserving a naive evaluation in
120 reference to daily reality. Five cookies, including a duplicate recipe for an evaluation of the
121 repeatability of the participants, were evaluated for their liking and match with the situation
122 mentioned. The criteria measured compared the feeling of the experience between internal and
123 external validity. The population studied was also rigorously selected on a balance of personal
124 criteria (gender, age, familiarity with the episode, VR experience, etc.), to test the influence of
125 personal traits on virtual reality immersion.

126

127 6.3.4 Material & Method

128

129 *Participants*

130

131 In all, 119 volunteer adults (60 men, 59 women), aged 18–70 years old (with three
132 equivalent age groups: 33% aged 18-30 years old ; 33% aged 31-50 years old ; 34% aged 51-
133 70 years old), consumers of industrial cookies (used to eat some at least once a month, even
134 each week for 82% of them), were equally balanced between two experimental conditions. Half
135 started their cookies assessment under VR context ($N = 59$), the other half started their cookies
136 assessment with a scenario (evocation-only) in sensory booth ($N = 60$). A service provider
137 recruited the participants in the Île-de-France region (France), based on their consumption
138 criteria. Each participant started the session by signing a consent form, then left it with a
139 compensation for his or her time and travel to the laboratory (€20).

140 **Products**

141

142 The products were small industrial cookies. Cookies products were chosen for their
143 versatility to context, as pretested to be eatable in various occasions. In here, for our French
144 population of cookies consumers, this product was often associated to the afternoon snack
145 (“goûter”, cited 73 times), so more tied to a snacking temporality than a snacking location. Four
146 recipes were then chosen as pretested to be closely liked in average, but discriminable in
147 consumer preference groups (CLT with 14 cookies, $N = 36$). One of the four recipes was
148 duplicate for reliability assessment of the date collection. Cookies were identified with three-
149 digit codes and presented to the participants in small white cardboard plates (**Figure 1**).

150



151

152

Figure 1. Visual of cookies.

153

154 **Consumption episode evoked**

155

156 The consumption episode evocation was inspired from a previous study. The scenario
157 developed in this previous study (Gouton et al., 2020), evoking a sandwich consumption in a
158 park, was readjusted here to suit to a cookies consumption, giving the following scenario
159 (presented in both environments, booth and VR): “*Today it is beautiful weather! During your
160 afternoon you feel the need to take a break ... You decide to take thirty minutes to sit in a park,
161 on a bench facing the greenery, eating some cookies and enjoying the landscape ...*”

162

163 Between all cookies consumers, 53% declared high familiarity (scored upper than 5 on
164 a 9-points scale) with the evoked consumption episode “snacking on cookies in a park”, 47%
165 declared low familiarity. Their familiarity with this consumption episode was highly correlated
166 to their frequency of occurrence of the episode (0.884) and a few correlated to their custom of
167 public parks (0.542). Lower correlation to parks custom could be explained by the stronger
168 association of public parks location to non-food occasions, like walking (69 citations), although
169 also linked to the motivation for a break. However, between experimental conditions,
170 participants were equally balanced on their “snacking on cookies in a park” episode familiarity.

171

172 **VR environmental design**

173

174 The VR park environment was originally design for a previous study (Gouton et al.,
175 2020) and presented here with improvements, on HTC Vive Pro Head Mounted Display
176 (HMD), with Unity 2019 version (**Figure 2**). The first improvement targeted a livelier scene.
177 For this, bird avatars in motion were added to the virtual park, with an acoustic spatialization
178 of their songs. The second improvement targeted an autonomous evolution of the user in his or
179 her tasting experience. For this, we implemented virtual questionnaires and a food position
180 tracking system. So, participants were able to take their food, without help, leading their tasting
181 by themselves, at their own rhythm and directly wrote their product assessment down on the
182 virtual questionnaire inside the VR space, alone without oral intervention from the
183 experimenters.



184

185

186

Figure 2. Virtual park environment.

187 The food position tracking system (**Figure 3**) used, in addition to the usual HTC Vive
188 HMD equipment: four Vive Trackers (one fixed to the cardboard plate, one linked to the glass
189 of water, tow attached on both forearms) and one Leap Motion Controller (for hands tracking,
190 fingers move detection). This system was computer programmed to enable: (1) the appearance
191 of the visual of the food (virtual scan based on Gouton et al., 2020 with improvements,
192 smoothness and normal map configuration) on the "plate" tracker at the location of the real
193 product at start-up; (2) the ability to move containers (the plate or the glass of water); (3) the
194 detection of the grabbing of the product alone in harmony with the movements of the fingers
195 coming near the food; (4) the possibility, once grasped, of looking at the product before putting
196 it in the mouth (in a 3D visualization); (5) the detection of the food consumption, then visual
197 food disappearance, when approaching the mouth (cookie size eatable in a single bite).

198



199



200

Figure 3. Food position tracking system.

201

202 Participants declared different familiarity levels with VR technology: 52% declared
203 trying VR for the first time, 48% declared to know at least a little about VR (scored upper than
204 1 on a 5-points scale “being use to VR”). However, this consumer characteristic was balanced
205 between conditions. And to overcome these differences, all VR sessions started with a training
206 phase: discovering the VR space, through a neutral place (virtual booth), participants were
207 guided on VR rules with explanation on the way to use virtual questionnaires, to move objects
208 like the cardboard plate and to grab food to bring it to their mouth (training here with 3D printed
209 pallets). At the end of their training, the consumption episode scenario appeared on the virtual
210 questionnaire and after reading it, the participant was teleported to the virtual park scene. Along
211 the full VR experience, the participant was able to move around the virtual space or to sit down
212 in a comfortable position (on a chair during training, on a bench during the test, in a
213 synchronized position with the visual stimulation).

214

215 *Procedure*

216

217 Sessions were individual and took 1:30 hours in total, one-half of participants started in
218 VR, the other half started with the scenario-only condition. In their first phase they all assessed
219 the cookies while testing them under evocation (in VR or in booth), then they interrupted tasting
220 to assess their situational immersion (transversal questions), and after a break they switched
221 conditions to reassess cookies (presented as new set). For all, VR session started with a training
222 time, and ended with a questionnaire of physical presence (questions specific to VR). For
223 participants who started with VR physical immersion questions appeared after situational
224 immersion questions.

225 Under the evocation of the consumption episode “snacking on cookies in a park”,
226 cookies were evaluated in a sequential monadic manner in a Williams latin square (in a different
227 order between environmental conditions), for overall liking and appropriateness to the evoke
228 situation on 9-points scales of Peryam & Pilgrim (1957) [adopted by Hein et al. (2012),
229 Hathaway & Simons (2017), Jaeger et al. (2017), Hannum et al. (2019) and Sinesio et al.
230 (2019)]. And from the situational immersion 35-item questionnaire built in our previous study
231 (Gouton et al., 2020), assessed on 9-points scales with questions based on the questions of
232 Witmer & Singer (1998), O’Brien & Toms (2010), and Hein et al. (2010) [adopted by Hein et
233 al. (2012), Lusk et al. (2015), Hathaway & Simons (2017), and Sinesio et al. (2019)], we
234 presented here with 17-items a selection of representative items of the immersive dimensions
235 previously found.

236

237 This study was conducted in May-June period, with 26°C average temperature. In
238 congruence with the snaking cookies temporality the scenario presented evoked an afternoon
239 break. However, the sessions were conducted during all day, from 10 am to 5:30 pm. 48% of
240 the session occurred in an incongruent timing (at 10 am or 11:30 am), 52% of the sessions
241 occurred in a congruent timing (at 1 pm, 2:30 pm or 4 pm). Congruent and incongruent
242 temporality were balanced between both conditions (starting in booth or in VR).

243

244 *Data analysis*

245

246 First, we looked at the physical feeling of the VR experience. For this, we looked at the
247 presence items specific to this device. For the questions inspired by the Witmer & Singer (1998)
248 questionnaire (French version QEP – UQO, 2002), presented here on a 9-points scale, we
249 calculated the following scores: Total (items 1 to 19, with reverse items 14, 17, 18) ; “Realism”
250 (Items 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 13) ; "Possibility to act" (Items 1 + 2 + 8 + 9) ; "Interface
251 quality" (Items all inverted 14 + 17 + 18) ; "Possibility to examine" (Items 11 + 12 + 19) ; “Self-
252 assessment of performance” (Items 15 + 16) ; " Sounds*" (Items 20 + 21 + 22) ; "Haptic*"
253 (Items 23 + 24). For the added questions on the ease of handling products and virtual
254 questionnaires, we looked at the participants’ homogeneity on the scales distributions. And we
255 identified the citation frequencies of the reported negative effects.

256

257 Second, we looked at the situational feeling of the VR experience. For this, we looked
258 at the transversal presence questionnaire, presented in each first condition. And, in a between-
259 subjects design we compared the booth and the VR conditions results with a Student test. Then,

260 on the explicit question “*Did you feel present in the situation described (snaking in a park)?*”
261 we run an ANCOVA, for each experimental condition, testing the influence of “episode
262 familiarity”, “VR notions”, “age group”, “temporality congruence”.

263

264 Third, we looked at the cookies evaluation. We start by looking at the first perception
265 of the set of cookies by the participants (only the first condition realized each subjects) and we
266 compared Booths and VR on this first perception in inter-subjects:

267 1) To identify the consensus between consumers, we carried out an Ascending
268 Hierarchical Classification per experimental condition on the cookies liking
269 assessments. Then, we extracted the coordinates of the consumers to graphically
270 compare the different groups of consumers found between the two experimental
271 conditions.

272 2) To look at the discriminating power of the participants, for each of the experimental
273 conditions, we carried out a first ANOVA with the following effects: COOKIE,
274 CLUSER, COOKIE*CLUSTER, SUBJECT[CLUSTER]). And, we looked at the F-
275 value of the COOKIE effect as an indicator of global discrimination for each condition.
276 On the same ANOVA we also looked at the dynamics between the clusters and the
277 repeatability on the evaluation of the duplicate cookie (Bo-M), by post-hoc HSD-Tukey
278 analyzes.

279 3) We then, run a second ANOVA for each clusters, with the effects COOKIE and
280 SUBJECT, looking at the F-value of COOKIE effects to check the discriminating power
281 per assessment patterns.

282

283 Then, on the cookie evaluation, we tested the effect of switching experimental
284 conditions, considering the full participant session, in intra-subjects comparison. For each
285 organization of the complete session (“from booths to VR” vs. “from VR to booths”), we
286 run two ANOVA with the following effects: SUJET, COOKIE, CONDITION,
287 CONDITION*COOKIE ; on the liking and appropriateness data.

288

289 6.3.5 Results

290

291 6.3.5.1 Physical presence in a VR consumption

292

293 On the questions of presence specific to the virtual reality device, filled for all
294 participants after their VR immersion, we identified the illusion of "physical" reality brought

295 here by our virtual reality device. Overall, the presence scores (calculated with WS-PQ
296 guidelines) all show significantly higher mean scores than the average scale rating of 5 (**Table**
297 **1**). The participants reported feeling present (6.5 ± 0.9), in a realistic virtual environment (6.7
298 ± 1.2), perceiving their possibilities of actions (6.7 ± 1.3), through a rather qualitative interface
299 (5.5 ± 1.7), allowing them to examine the elements of the environment (of which the food
300 product is also part) (6.9 ± 1.3), they perceived themselves as competent (7.4 ± 1.2) and they
301 well perceived sounds (birdsong) (7.3 ± 1.7) and tactile enrichments (passive haptics in the
302 proximal area) (6.6 ± 1.5) of the virtual space. This testifies to the good mental representation
303 of the space, on a "physical" level the participants have reached the state of spatial presence in
304 our virtual park.

305

306 If we take a closer look at the answers to this questionnaire, we can nuance the quality
307 perceived of the interface. The VR device does not seem to have disrupted the task, whether
308 visually (3.8 ± 2.5) or ergonomically (4.1 ± 2.3). Nevertheless, a delay is perceived by
309 consumers between their actions and their outcomes (5.6 ± 1.8). Although the participants felt
310 comfortable and confident in the virtual environment, and although they found easy to handle
311 the food products and the virtual questionnaires. A lag is perceived between their actions and
312 their consequences. This perception could be explained by the fact that we add an artificial
313 interface to an automatic consumption behavior. The artificial nature of this consumption
314 interaction is likely, on the one hand, although calculated and recreated in real time by the
315 computer, to present a visual latency that does not exist in the real world. And on the other hand,
316 since this interface does not allow a total reproduction of the infinite number of real world's
317 interactions of the participant with the product, it is necessary for him/her to learn how to use
318 the device, also implicating an exaggeration of these movements. In the end, what is in real life
319 a fast and unconscious behavior, becomes in VR a slow and conscious behavior. Even if already
320 efficient, the device brings the participant to a special (and unusual) attention to his/her gestures.

321

322 In this questionnaire, we also note a dissociation between the fact that the participants
323 very much wanted to touch things in the environment (5.8 ± 2.7), but very little tried to touch
324 things (3.8 ± 2.8). This distinction between these two questions perhaps shows the strong
325 loyalty of the participants to respect the given instructions. Indeed, to prevent participants from
326 perceiving the limits of the food grasping device in the virtual space, the instructions given
327 during the familiarization stage invited the participants to frame their behaviors on a functional
328 grasping for this device. While they might have wished to interact more freely with the cookies,
329 they seem to have limited themselves in their tactile exploration. Indirectly the grasping

330 instructions given to the participants (although not natural) perhaps enabled them to appreciate
 331 the handling of food products, by avoiding them to perceive the technical limits.

332

333 **Table 1.** Physical presence in VR (means, standard deviation, T-test p-value from 5)

	MEAN <i>(rated on a 9- points scale, from 1 to 9)</i>	STANDARD DEVIATION	<i>P-VALUE (T-test, difference to 5)</i>
ITEM BASED ON QEP (French version UQO, Canada, of WS-PQ)			
TOTAL SCORE (items 1 to 19. without sound and haptics items)	6.5	0.9	< 0.0001
REALISM SCORE (items 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 10 + 13)	6.7	1.2	< 0.0001
3. How natural did your interactions with the environment seem?	6.3	1.8	< 0.0001
4. How much did the visual aspects of the environment involve you?	7.1	1.5	< 0.0001
5. How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?	5.9	1.8	< 0.0001
6. How compelling was your sense of objects moving through space?	5.7	2.1	0.000
7 (modified). How much did your tasting experiences seem consistent with what you are use to live (on a daily basis) ?	6.4	2.3	< 0.0001
10. How compelling (realistic) was your sense of moving around inside the virtual environment?	7.0	1.6	< 0.0001
13 (modified). How involved were you in the cookie evaluation you have performed?	8.5	0.9	< 0.0001
POSSIBILITY TO ACT (items 1 + 2 + 8 + 9)	6.7	1.3	< 0.0001
1. How much were you able to control events?	6.6	1.7	< 0.0001
2. How responsive (sensitive) was the environment to actions that you performed?	6.4	1.6	< 0.0001
8. Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?	6.4	1.9	< 0.0001
9. How completely were you able to actively survey the environment using vision?	7.3	1.6	< 0.0001
INTERFACE QUALITY (Items all inverted: 14 + 17 + 18)	5.5	1.7	0.002
<i>14. How much delay did you experience between your actions and expected outcomes?</i>	5.6	1.8	0.000
<i>17. How much did the visual display quality interfere with performing required tasks?</i>	3.8	2.5	< 0.0001
<i>18. How much did the control devices (trackers. cameras) interfere with the performance of required tasks (testing)?</i>	4.1	2.3	< 0.0001
POSSIBILITY TO EXAMINE (items 11 + 12 + 19)	6.9	1.3	< 0.0001
11. How closely were you able to examine objects?	6.9	1.6	< 0.0001
12. How well could you examine objects from multiple viewpoints?	6.7	1.6	< 0.0001
19. How well could you concentrate on the required tasks rather than on the mechanisms used to perform those tasks?	7.1	1.5	< 0.0001
SELF-ASSESSMENT OF PERFORMANCE (items 15 + 16)	7.4	1.2	< 0.0001
15 (modified). How quickly did you adjust to the test environment (virtual park)?	7.6	1.3	< 0.0001

16. How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?	7.2	1.6	< 0.0001
SOUNDS* (items 20 + 21 + 22)	7.3	1.7	< 0.0001
20. How much did the auditory aspects of the environment involve you?	7.3	1.8	< 0.0001
21. How well could you identify sounds?	7.5	1.7	< 0.0001
22. How well could you localize sounds?	7.1	2.0	< 0.0001
HAPTIC* (items 23 + 24)	6.6	1.5	< 0.0001
23. How well could you actively survey the virtual environment using touch?	6.4	1.8	< 0.0001
24. How well could you move or manipulate objects in the virtual environment?	6.7	1.6	< 0.0001

ITEMS COMPLEMENTAIRES INSPIRES DE LA LITTÉRATURE VR

Did you feel confident?	7.7	1.4	< 0.0001
Was your position comfortable?	7.7	1.4	< 0.0001
Have you frequently WANTED to touch something in the virtual environment?	5.8	2.7	0.002
Did you frequently TRY to touch something you had seen in the virtual environment?	3.8	2.8	< 0.0001
Was handling cookies in the virtual park easy?	6.8	1.7	< 0.0001
Was handling the questionnaires in the virtual park easy?	6.7	1.8	< 0.0001

334

335 If we look at the distribution of ratings on the ease of handling scales (**Figure 4**):

- 336 - For the handling of cookies, we observe a small variability in the ease between the
- 337 participants, no strong disagreement, and the distribution seems to follows the normal
- 338 law pattern, with a majority of positive scores.
- 339 - For the handling of virtual questionnaires, the distribution of ratings seems a little
- 340 more spread out.

341

342 Although these two enrichments of the virtual experience work with hand tracking

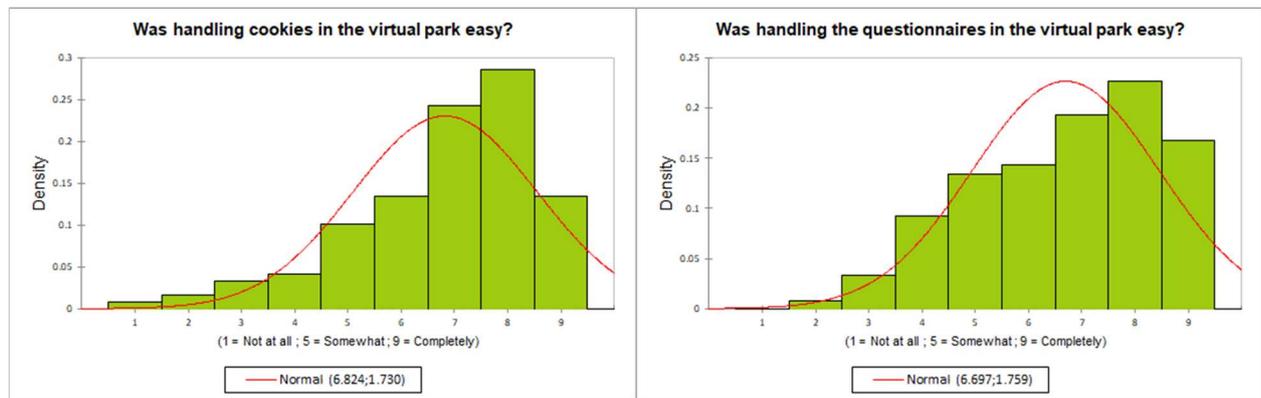
343 technology, the ease of grasping food products seems a little more consensual. This could be

344 explained by the absence of force feedback in the use of virtual questionnaires, amplifying

345 gestures and muscle fatigue, unlike the handling of food where a physical product follows

346 behind the virtual visual.

347



348
349
350
351

Figure 4. Distribution of ratings on ease to handle scales of food products (left) and virtual questionnaires (right).

352
353
354
355
356
357
358
359
360
361

Mostly (80%), the participants do not report negative effects to their immersion in VR (96/120 participants). And 9 of these participants also insisted on their positive feeling of this VR experience. 7 participants reported their perception of a visual discrepancy to reality in the hand-product / hand-object interactions. 6 reported the heat and discomfort of the helmet. 4 mentioned a time of adaptation at the beginning. Others have reported visual blurring at times (2), virtual bug (2), visual fatigue (1), nausea linked to pixelation (1), slight headache (1), dizziness (1), standing imbalance (1), fatigue of the raised arm (1), difficulty locating in space (1), effort (1). This overlaps with the latency already reported in the “physical” presence questionnaire, but no other effects seem related to the handling of the food.

362 *6.3.5.2 Situational presence in a VR consumption*
363

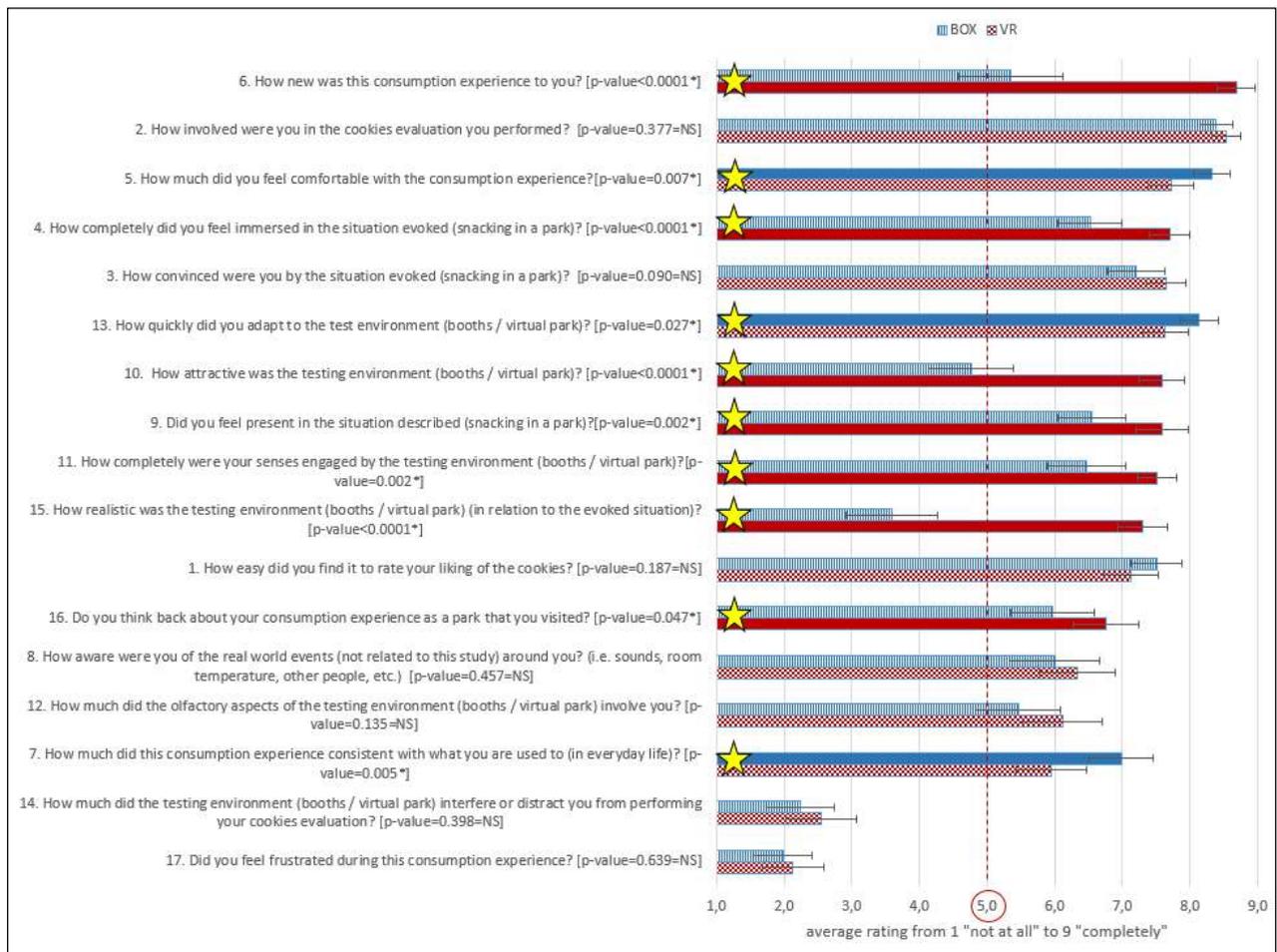
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373

On this assessment of the situational presence (**Figure 5**), we can first note an equivalence between our conditions on the strong involvement of consumers in the experience (motivated, interested). The participants were also in all conditions convinced by the evocation presented, this confirms that, as wanted, the chosen context of consumption for this evocation indeed target an episode with a consensual representation. It should also be noted that the modes of contextualization proposed here do not interfere in the evaluation task of the food products (easy, without distraction, without frustration). This represents a positive point to study consumer food behaviors, but as the evaluation is not part of the natural food consumption behavior, this does not however testify to the representativeness of the eating behavior in itself.

374
375
376

On the other scales discriminating our experimental conditions, we notice a dissociation between the perceptual conformity of the context of consumption (context representativeness) and the practical conformity of the mechanics of consumption (natural ergonomics). Indeed,

377 compared to the booths, the VR brings the novelty (p-value < 0.0001) of a much more realistic
 378 (p-value < 0.0001) and attractive environment (p-value < 0.0001). In VR, consumers also felt
 379 more immersed in the situation evoked (p-value < 0.0001), more sensorially involved by the
 380 environment (p-value = 0.002), leading them to a stronger feeling of presence in the situation
 381 described (p-value = 0.002), marked by a stronger impression of having visited a real park
 382 (location) (p-value = 0.047). At the same time, it was faster for participants to adapt to the
 383 booths condition (p-value = 0.027), which offered them more comfort in their consumption
 384 experience (p-value = 0.007), more in line with their usual experience (p-value = 0.005).
 385



386
 387 **Figure 5.** Comparison of situational presence in a food consumption between VR and booths.
 388

389 *6.3.5.3 Influential factors on the feeling of being present in a consumption episode*
 390

391 For both experimental conditions, only the “episode familiarity” had a significant
 392 influence on the presence feeling intensity (in booths: p-value EPISODE FAMILIARITY < 0.0001; in
 393 VR: p-value EPISODE FAMILIARITY < 0.0001). The more participants were familiar to the
 394 consumption episode of “snacking cookies in a park”, the more they reach high presence feeling.
 395

396 Finally, the “VR notions”, the “age” and the “temporality congruence” did not
397 significantly impacted the presence feeling intensity. Which means that even in VR, the
398 differences in age and knowledge of VR among the participants did not unbalance the
399 immersion. Here, the training phase was therefore very successful in bringing all the
400 participants on an equal footing. The participants were also not distracted by the influence of
401 the session time, although sometimes incongruous to the “afternoon” evocation. This could be
402 explained by the strong involvement of the participants in all conditions, so they showed a good
403 suspension of disbelief (Wirth et al., 2007) on this time factor.

404

405 In summary, apart from the effect of the experimental condition itself on the feeling of
406 presence, only prior knowledge of the consumption episode benefited the participants in their
407 projection.

408

409 *6.3.5.4 Quality of evaluation in a VR consumption*

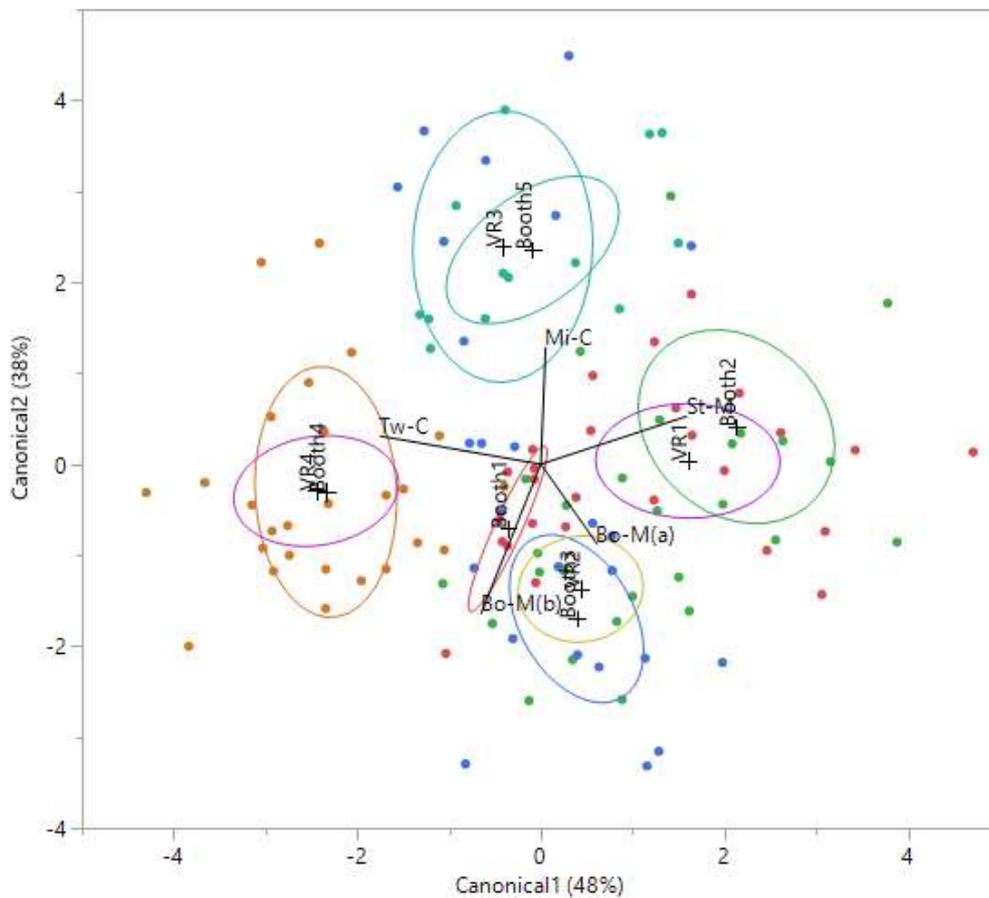
410

411 On the first evaluation of cookies by the participants (1st condition, inter-subjects
412 comparison), we observe a first divergence between our two experimental conditions on the
413 participants clustering through their liking assessments (**Figure 6**). Indeed, although the four
414 groups of participants identified in VR condition overlap with four groups identified in booths
415 on their cookies liking patterns, we find more groups of participants in booths with an additional
416 evaluation pattern not found in VR. The evaluation of cookies therefore seems less consensual
417 here in booths where more cookie evaluation patterns are found.

418

419 This difference could be explained by the fact that the mere evocation of the context
420 allow a higher degree of freedom for the projection. Finally, although already offering a
421 contextual framework, the participants can still project themselves in a context different from
422 the consumption episode imagined by the experimenters. Through VR, the more explicit
423 evocation of the consummation episode (perceptual stimulation of the context) has perhaps
424 retargeted the consumers’ projection. It is interesting to note here that with more freedom of
425 projection, the scenario-only strategy loses control over the contextual framework taken into
426 consideration for the evaluation of the products. From the point of view of internal validity, it
427 then seems easier to explain the causal relationship within the VR experience where the
428 understanding of the evocation is a little more consensual.

429



430

431

Figure 6. Overlapping of clusters analysis between booths and VR conditions.

432

433

434

435

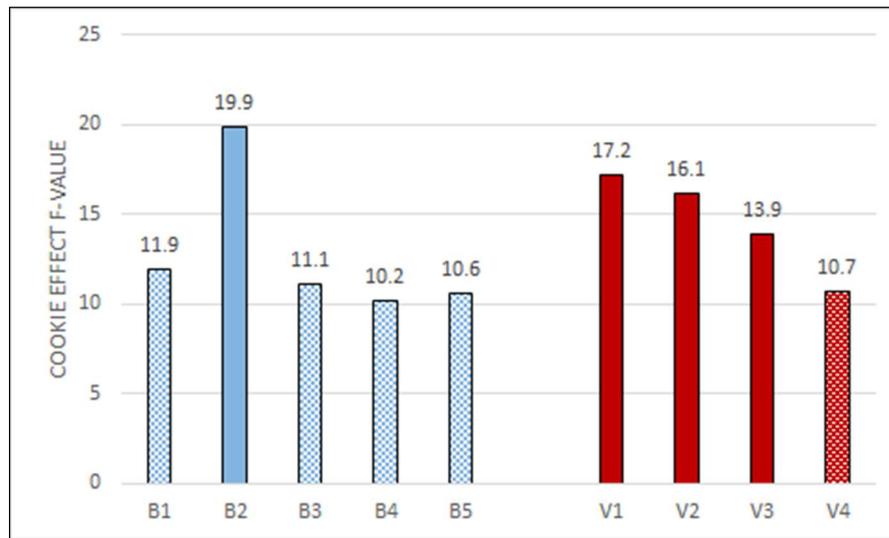
436

437

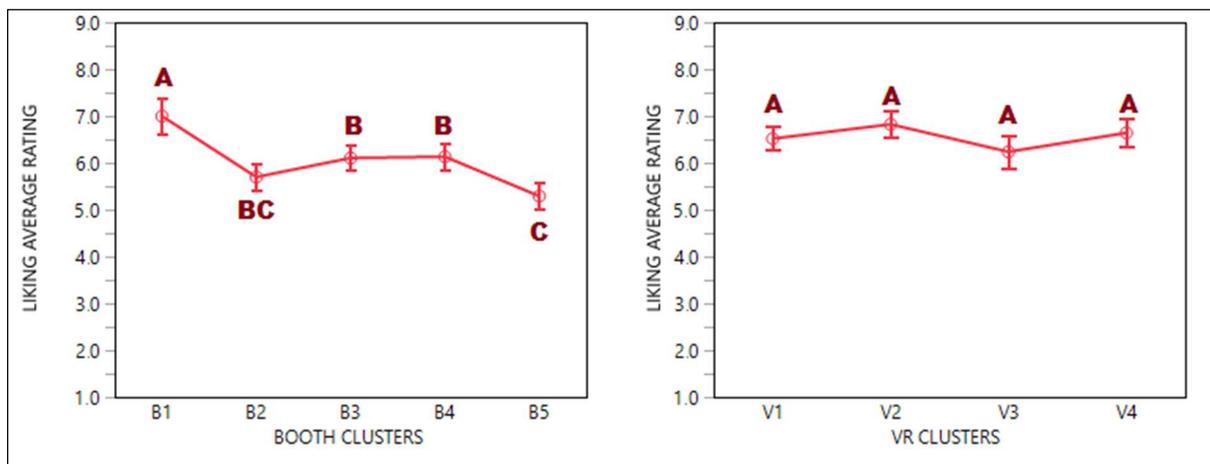
438

439

If we look at the global discrimination power of each conditions, we could think that the booths condition allow a stronger products discrimination (COOKIE effets: $F\text{-value}_{\text{BOOTH5}} 2.7 > F\text{-value}_{\text{VR}} 0.4$). But in fact, if we look at the COOKIE effects' F-value per cluster (**Figure 7**), we notice that 3/4 VR clusters (V1, V2, V3) higher discriminate cookies than 4/5 Booths clusters (B1, B3, B4, B5). This false impression could be explain by the fact that clusters in booths condition vary more among themselves on their use of the rating scale (**Figure 8**).



440
441 **Figure 7.** Product discrimination indices per clusters (left: booths; right: VR).
442



443
444 **Figure 8.** Dynamics of assessment of liking between clusters.
445

446 Per cluster, both experimental conditions show good participants repeatability, where
447 the duplicate cookie (Bo-M) did not lead to significantly different assessments (**Table 2 & 3**).
448

449 On the switch of experimental conditions, we notice a divergence between participants
450 who switch “from VR to booths” and participants who switch “from booths to VR”. This
451 divergence appears on the CONDITION effect on the cookies evaluation. The participants who
452 started their evaluation in the booths condition changed their cookies evaluation once they
453 switched to the VR condition (liking: $p\text{-value}_{\text{CONDITION}} = 0.001$; appropriateness: $p\text{-value}_{\text{CONDITION}} < 0.0001$), giving more positive assessments of the cookies (**Figure 9**). While the
454 participants who started their evaluation in the VR condition did not change their cookies
455 evaluation once they switched to booths condition (liking: $p\text{-value}_{\text{CONDITION}} = 0.590 = \text{NS}$;
456 appropriateness: $p\text{-value}_{\text{CONDITION}} = 0.252 = \text{NS}$).
457

458

459 We can imagine that the participants better target the consumption episode that is
 460 evoked to them in VR and that the feeling of presence brought to them in VR is so strong that
 461 after exposure this mental imagery persists in the minds of the participants. So, the consumer
 462 who starts with VR easily identifies the context, evaluates the cookies accordingly and when
 463 s/he changes condition, keeping in mind this identified context, s/he maintains his/her
 464 perception of cookies. While the consumer who begins with the booths may misunderstand the
 465 context of consumption targeted, imagining a context shifted from the idea that the
 466 experimenters have of it, s/he therefore evaluates the cookies accordingly to this context, then
 467 when arriving into VR, they identify a slightly different version of this consumption context
 468 evoked and their perception of cookies changes accordingly to this new context perceived.

469

470 **Table 2.** VR CONDITION - HSD Tukey’s connection letters of interaction

471 COOKIE*CLUSTER – overall liking, highlighting repeatability of the duplicate cookie (Bo-
 472 M) evaluation (5%).

CLUSTER	COOKIE	HSD-TUKEY	MEAN
V4	Tw-C	A	8.0
V2	St-M	A B	7.8
V2	Bo-M(b)	A B	7.7
V3	Tw-C	A B	7.6
V3	St-M	A B	7.4
V1	Mi-C	A B	7.3
V2	Bo-M(a)	A B	7.3
V1	Bo-M(a)	A B	7.3
V1	St-M	A B	7.1
V4	Bo-M(a)	A B	7.0
V4	Mi-C	A B C	6.8
V4	Bo-M(b)	A B C	6.8
V1	Bo-M(b)	A B C	6.7
V3	Mi-C	A B C D	6.6
V2	Tw-C	B C D E	6.3
V2	Mi-C	C D E F	5.2
V3	Bo-M(a)	D E F	4.8
V3	Bo-M(b)	D E F	4.8
V4	St-M	E F	4.6
V1	Tw-C	F	4.4

473

474 **Table 3.** BOOTHS CONDITION - HSD Tukey's connection letters of interaction
 475 COOKIE*CLUSTER – overall liking, highlighting repeatability of the duplicate cookie (Bo-
 476 M) evaluation (5%).

CLUSTER	COOKIE	HSD-TUKEY	MEAN
B1	Bo-M(a)	A	8.0
B3	Bo-M(b)	A B	7.4
B1	Bo-M(b)	A B C	7.3
B4	Tw-C	A B C	7.2
B1	Mi-C	A B C D	7.1
B2	St-M	A B C	6.9
B4	Bo-M(b)	A B C D	6.8
B3	Bo-M(a)	A B C	6.8
B3	St-M	A B C D	6.7
B1	Tw-C	A B C D E F	6.4
B4	Mi-C	A B C D	6.3
B2	Bo-M(a)	A B C D	6.3
B2	Mi-C	A B C D E	6.2
B1	St-M	A B C D E F G	6.1
B5	Tw-C	A B C D E F G	6.1
B5	St-M	A B C D E F G	6.0
B5	Mi-C	B C D E F G	5.9
B4	Bo-M(a)	B C D E F G	5.9
B2	Bo-M(b)	C D E F G	5.7
B3	Tw-C	D E F G H	5.2
B5	Bo-M(a)	E F G H I	4.6
B3	Mi-C	G H I	4.5
B4	St-M	F G H I	4.4
B5	Bo-M(b)	H I	3.8
B2	Tw-C	I	3.4

477

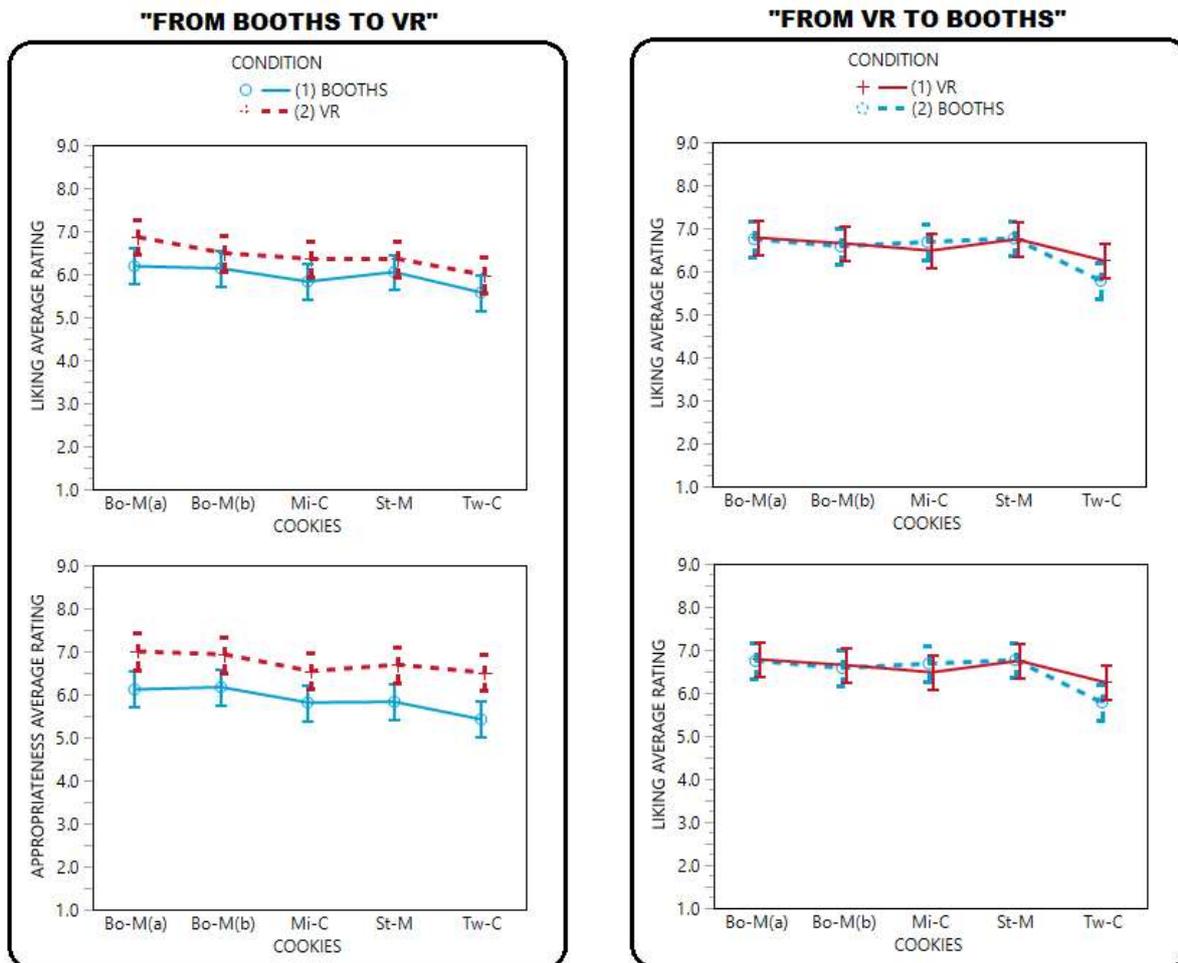


Figure 9. Effect of the switch of conditions on the cookies evaluation.

478

479

480

481 6.3.6 Discussion

482

483 In summary, we did not validate our initial hypothesis, as although bringing artificial
 484 constrains in food grasping, VR shows high efficiency to help consumers in their food
 485 evaluation, under high presence feeling into the consumption episode “snaking on cookies in a
 486 park”.

487

488 On a "physical" level, we have seen that in our VR park the participants reach the state
 489 of spatial presence, the feeling of being teleported to another place, the feeling of arriving in a
 490 park. Our VR experience is therefore well done overall. However, in the interaction offered
 491 with food, participants feel a delay between their actions and their outcomes. The participants
 492 manage to interact easily with food, but this interaction, which is normally rapid and
 493 unconscious, is here considered. Nevertheless, even if the infinite possibilities of interactions
 494 with the real food cannot be fully recreated in VR, we note that the instructions given at the
 495 familiarization stage helped the participant to appreciate his interaction with the food, orienting

496 him/her towards a functional manipulation, avoiding him/her to perceive the limits of the
497 device.

498

499 From a practical point of view, we note that the task of evaluating the products is
500 achievable in any condition (it is not more difficult, the participants are not more distracted, nor
501 more frustrated). For the study of eating behaviors, this experimental measurement can be
502 carried out in booths as well as in a VR. However, this does not mean that the observed eating
503 behaviors are representative of reality, since the task of evaluating the food is not part of the
504 actual consumption behaviors (Köster, 2003).

505

506 On a "situational" level, the participants feel more present in the evoked consumption
507 episode in VR than in booths. But a dissociation takes place between the perceptual
508 representativeness of the context and the motor representativeness of the consumption task. VR
509 brings more validity to the nature of the context, to the detriment of validity in the nature of the
510 task (see the defined dimensions of ecological validity: Schmuckler, 2001). **In this
511 contradiction, which dimension will have the most weight on the overall ecological validity
512 of the experiment?**

513

514 In the experimental design, there are factors specific to consumers that we cannot
515 control. In this case, we confirm here that it will be difficult for a consumer to feel present in a
516 situation that s/he never meet (effect of the episode familiarity on the presence feeling).
517 Nevertheless, we note that the familiarization stage with the VR device dispels some fears about
518 generational or VR knowledge differences within the studied population. In our study, where
519 we took the time to familiarize participants with the VR device, these personal factors (age, VR
520 knowledge) did not impact the feeling of presence.

521

522 From the internal validity point of view, the VR immersion after all helped consumers
523 in their food products evaluation. With its perceptual stimulation of the consumption context,
524 VR offers a more explicit evocation of the context, as this one is perceived by the experimenters.
525 If the targeted consumption context is better identified by consumers, the causal relationships
526 between the context and the perception of the products are then better controlled. If only a
527 conceptual evocation is used, although it provide a first framework, the consumers still keep a
528 wild degree of freedom in their contextual projection. If they project themselves into a divergent
529 episode, their evaluation of the products is no longer representative of the perception they would
530 have of it in the reality targeted by the experimenters. With its strong immersive capacity, VR

531 also appears to help consumers assert themselves in their products assessment. We thus
532 observed in VR a more homogeneous use of the rating scales, while maintaining good product
533 discrimination and good repeatability.

534

535 In the end, despite its constraints on the motor function in the interaction with food, VR
536 offers here a more controlled metrological framework for the study of eating behaviors, thanks
537 to its perceptual richness, making explicit the contextual evocation. **Now, how far will VR**
538 **allow us to offer consumers a credible interaction with food? How far will it allow us to**
539 **bring them food diversity in this immersion in consumption context?**

540

541 In our food reality, our interactions with food can be more or less complex. Depending
542 on the size of the food (it's big, I use both hands), its appearance (it's sticky, I keep part of the
543 packaging), the parallel activity to our consumption (I'm walking with it, I keep it in motion),
544 etc., modeling our interaction in a virtual environment will require more or less advanced
545 technology (tracking, virtual modeling). The "physical" diversity of food products (liquid, solid,
546 deformable) also raises varied constrains, more or less easy to overcome.

547

548 Liquid products and deformable solid products add the constraint of their deformation
549 to their modeling. Even at the product scale, between a cookie and noodles, we go from
550 modeling a static unit to several mobile units. Also, a liquid will have a specific movement
551 according to its physical properties such as its viscosity (Eden et al., 2007; Kück et al., 2002;
552 Steele et al., 2004). In addition, the deformations of these “mobile” products (liquids,
553 deformable solids) cannot be easily estimated. Their real-virtual synchronization will require
554 more advanced tracking technologies for a credible match (Luo et al., 2021; Smith et al., 2005;
555 Yilmaz et al., 2006; Zhang & van der Maaten, 2013).

556

557 In the meanwhile for technological progress, it is already possible to get around these
558 constraints by bluffing the consumer or by breaking the visual barrier between the real and
559 virtual worlds. For example, Sinesio et al. (2019) tested liquids (beers) with the identification
560 of its container position, cutting out the image of the virtual world to make appear the real
561 liquid. Without breaking the visual barrier between real and virtual, Wang et al. (2020) also
562 tested liquids (coffee) playing of its container opacity, distracting consumers from coffee's lack
563 of movement on the cup surface.

564

565 In our study, we worked with a small product, consumable in one bite, programming its
566 disappearance upon contact with the mouth. But this evolution cannot be generalized to all food
567 products. For some products, such as a puree or a pasta dish, the disappearance is more gradual.
568 Likewise, a larger cookie would have been eaten in multiple bites. Today, with enough software
569 knowledge and computing power, it is possible to design the visual evolution of a food product.
570 This type of programming was, for example, used in the study by Persky et al. (2018), to
571 simulate the enlargement of the portions served at a buffet, per spoonful, with a different design
572 according to the physical aspect of the food (e.g. enlargement of the mass for the puree, increase
573 in the number for the carrots). However, it will be much more complex to synchronize these
574 visual evolutions with the real time evolution of the actual food in consumption.

575

576 In the real-virtual synchronization sought to free the consumer behaviors during food
577 tasting in VR, the technical challenge currently rest upon the tracking fidelity of the product in
578 space. Aside from food, object tracking already raises a number of difficulties (sudden
579 movements, non-rigid structures, occlusion, camera movements – Yilmaz et al., 2006). Today,
580 the integration of food in VR adds a new one: its evolutionary and ephemeral character in space
581 (doomed to be eaten).

582

583 6.3.7 Conclusions

584

585 This study underlines the validity of food consumption in virtual reality (VR), while
586 maintaining the visual barrier between the real and virtual worlds. Despite the motor constraints
587 of the “artificially” recreated interaction with the food, this device maintains the high level of
588 consumer’s presence in the evoked context. Although we go further here in the VR sensory-
589 motor experience, through food consumption, it once again shows its strong potential in
590 maintaining the internal and external validities of the sensory measurement. This proof of
591 concept, with VR food consumption, also invites further exploration of this tool around the
592 product, in particular the study of cross-modal interactions, with the visual modulation of the
593 food allowed.

594

595 6.3.8 Acknowledgement

596

597 The authors thank Jean-Marie Thomas for the VR environmental design and his logistics
598 assistance, Anne Regourd for her assistance in product virtualization, Léa Koenig for her
599 involvement through the VR experimental configurations, the BAO company (“la Boîte A

600 Outils Virtuelle”) for the design and development of the food grasping system, the EUROSYN
601 company for assistance in participants recruitment, the Carnot Institute ‘Qualiment®’ for the
602 funding support of this work, and all the participants involved.

603

604 6.3.9 References

605

606 Ammann, J., Hartmann, C., Peterhans, V., Ropelato, S., & Siegrist, M. (2020). The relationship between disgust
607 sensitivity and behaviour: A virtual reality study on food disgust. *Food Quality and Preference*, 80,
608 103833. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103833>

609 Ammann, J., Stucki, M., & Siegrist, M. (2020). True colours: Advantages and challenges of virtual reality in a
610 sensory science experiment on the influence of colour on flavour identification. *Food Quality and*
611 *Preference*, 86, 103998.

612 Andersen, I. N. S. K., Kraus, A. A., Ritz, C., & Bredie, W. L. P. (2018). Desires for beverages and liking of skin
613 care product odors in imaginative and immersive virtual reality beach contexts. *Food Research*
614 *International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.027>

615 Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Konrad, R., Göbel, S., & Steinmetz, R. (2019). Real-time body tracking in
616 virtual reality using a Vive tracker. *Virtual Reality*, 23(2), 155–168.

617 Chicchi Giglioli, I. A., Bermejo Vidal, C., & Alcañiz Raya, M. (2019). A virtual versus an augmented reality
618 cooking task based-tools: A behavioral and physiological study on the assessment of executive functions.
619 *Frontiers in Psychology*, 10, 2529.

620 Dacremont, C., & Sester, C. (2019). Context in food behavior and product experience – a review. *Current Opinion*
621 *in Food Science*, 27, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.007>

622 Eden, A. M., Bargteil, A. W., Goktekin, T. G., Eisinger, S. B., & O’Brien, J. F. (2007). A method for cartoon-style
623 rendering of liquid animations. *Proceedings of Graphics Interface 2007*, 51–55.

624 Faita, C., Tanca, C., Piarulli, A., Carrozzino, M., Tecchia, F., & Bergamasco, M. (2016). The effect of emotional
625 narrative virtual environments on user experience. *International Conference on Augmented Reality,*
626 *Virtual Reality and Computer Graphics*, 120–132.

627 Fuchs, P. (1996). *Les interfaces de la réalité virtuelle*. éditeur AJIIMD.

628 Galiñanes Plaza, A., Delarue, J., & Saulais, L. (2019). The pursuit of ecological validity through contextual
629 methodologies. *Food Quality and Preference*, 73, 226–247.
630 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.004>

631 Gouton, M.-A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2020). Comparison of immersive room and
632 virtual reality, through the consumption episode" Eating a sandwich in a park". 9. *European Conference*
633 *on Sensory and Consumer Research (Eurosense)*.

634 Gouton, M.-A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2021). Validation of food visual attribute
635 perception in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 87, 104016.
636 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104016>

637 Han, D. T., Suhail, M., & Ragan, E. D. (2018). Evaluating remapped physical reach for hand interactions with
638 passive haptics in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(4),
639 1467–1476.

640 Hannum, M., Forzley, S., Popper, R., & Simons, C. T. (2019). Does environment matter? Assessments of wine in
641 traditional booths compared to an immersive and actual wine bar. *Food Quality and Preference*, 76, 100–
642 108. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.04.007>

643 Harley, D., Tarun, A. P., Germinario, D., & Mazalek, A. (2017). Tangible vr: Diegetic tangible objects for virtual
644 reality narratives. *Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems*, 1253–1263.

645 Hathaway, D., & Simons, C. T. (2017). The impact of multiple immersion levels on data quality and panelist
646 engagement for the evaluation of cookies under a preparation-based scenario. *Food Quality and*
647 *Preference*, 57, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.009>

- 648 Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2010). Application of a written scenario to evoke a
649 consumption context in a laboratory setting: Effects on hedonic ratings. *Food Quality and Preference*,
650 21(4), 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.10.003>
- 651 Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2012). Effects of evoked consumption contexts on
652 hedonic ratings: A case study with two fruit beverages. *Food Quality and Preference*, 26(1), 35–44.
653 <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.014>
- 654 Huang, F., Huang, J., & Wan, X. (2019). Influence of virtual color on taste: Multisensory integration between
655 virtual and real worlds. *Computers in Human Behavior*, 95, 168–174.
- 656 Jaeger, S. R., Fiszman, S., Reis, F., Chheang, S. L., Kam, K., Pineau, B., Deliza, R., & Ares, G. (2017). Influence
657 of evoked contexts on hedonic product discrimination and sensory characterizations using CATA
658 questions. *Food Quality and Preference*, 56, 138–148. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.10.003>
- 659 Jaeger, S. R., & Porcherot, C. (2017). Consumption context in consumer research: Methodological perspectives.
660 *Current Opinion in Food Science*, 15, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.001>
- 661 Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: Some often encountered fallacies. *Food Quality and*
662 *Preference*, 14(5–6), 359–373.
- 663 Kück, H., Vogelgsang, C., & Greiner, G. (2002). Simulation and Rendering of Liquid Foams. *Graphics Interface*,
664 2002, 81–88.
- 665 Luo, W., Xing, J., Milan, A., Zhang, X., Liu, W., & Kim, T.-K. (2021). Multiple object tracking: A literature
666 review. *Artificial Intelligence*, 293, 103448.
- 667 Lusk, K. A., Hamid, N., Delahunty, C. M., & Jaeger, S. R. (2015). Effects of an evoked refreshing consumption
668 context on hedonic responses to apple juice measured using best–worst scaling and the 9-pt hedonic
669 category scale. *Food Quality and Preference*, 43, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.007>
- 670 Meiselman, H. L. (2019). *Context: The effects of environment on product design and evaluation*. Woodhead
671 Publishing.
- 672 Melendrez-Ruiz, J., Goisbault, I., Charrier, J.-C., Pagnat, K., Dujourdy, L., Arvisenet, G., & Chambaron, S. (2021).
673 An Exploratory Study Combining Eye-Tracking and Virtual Reality: Are Pulses Good “Eye-Catchers” in
674 Virtual Supermarket Shelves? *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 68.
- 675 O’Brien, H. L., & Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement.
676 *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50–69.
677 <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- 678 Ouellet, É., Boller, B., Corriveau-Lecavalier, N., Cloutier, S., & Belleville, S. (2018). The Virtual Shop: A new
679 immersive virtual reality environment and scenario for the assessment of everyday memory. *Journal of*
680 *Neuroscience Methods*, 303, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.03.010>
- 681 Patney, A., Salvi, M., Kim, J., Kaplanyan, A., Wyman, C., Benty, N., Luebke, D., & Lefohn, A. (2016). Towards
682 foveated rendering for gaze-tracked virtual reality. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 35(6), 1–12.
- 683 Persky, S., Goldring, M. R., Turner, S. A., Cohen, R. W., & Kistler, W. D. (2018). Validity of assessing child
684 feeding with virtual reality. *Appetite*, 123, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.007>
- 685 Peryam, D. R., & Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*,
686 11, Suppl., 9–14.
- 687 Porcherot, C., Delplanque, S., Gaudreau, N., Ischer, M., De Marles, A., & Cayeux, I. (2018). Immersive
688 Techniques and Virtual Reality. In *Methods in Consumer Research, Volume 2* (pp. 69–83). Elsevier.
689 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0>
- 690 Schmuckler, M. A. (2001). What Is Ecological Validity? A Dimensional Analysis. *Infancy*, 2(4), 419–436.
691 https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204_02
- 692 Schnack, A., Wright, M. J., & Holdershaw, J. L. (2019). Immersive virtual reality technology in a three-
693 dimensional virtual simulated store: Investigating telepresence and usability. *Food Research*
694 *International*, 117, 40–49.
- 695 Siegrist, M., Ung, C.-Y., Zank, M., Marinello, M., Kunz, A., Hartmann, C., & Menozzi, M. (2019). Consumers’
696 food selection behaviors in three-dimensional (3D) virtual reality. *Food Research International*, 117, 50–
697 59.
- 698 Sinesio, F., Moneta, E., Porcherot, C., Abbà, S., Dreyfuss, L., Guillamet, K., Bruyninckx, S., Laporte, C.,
699 Henneberg, S., & McEwan, J. A. (2019). Do immersive techniques help to capture consumer reality?
700 *Food Quality and Preference*, 77, 123–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.004>

- 701 Smith, K., Gatica-Perez, D., Odobez, J.-M., & Ba, S. (2005). Evaluating multi-object tracking. *2005 IEEE*
702 *Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '05)-Workshops*, 36–
703 36.
- 704 Spanlang, B., Normand, J.-M., Borland, D., Kilteni, K., Giannopoulos, E., Pomés, A., González-Franco, M., Perez-
705 Marcos, D., Arroyo-Palacios, J., & Muncunill, X. N. (2014). How to build an embodiment lab: Achieving
706 body representation illusions in virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 1, 9.
- 707 Steele, K., Cline, D., Egbert, P. K., & Dinerstein, J. (2004). Modeling and rendering viscous liquids. *Computer*
708 *Animation and Virtual Worlds*, 15(3-4), 183–192.
- 709 Stelick, A., Penano, A. G., Riak, A. C., & Dando, R. (2018). Dynamic Context Sensory Testing—A Proof of
710 Concept Study Bringing Virtual Reality to the Sensory Booth. *Journal of Food Science*, 83(8), 2047–
711 2051. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14275>
- 712 Ung, C.-Y., Menozzi, M., Hartmann, C., & Siegrist, M. (2018). Innovations in consumer research: The virtual
713 food buffet. *Food Quality and Preference*, 63, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.007>
- 714 UQO, L. de C. (2002). *Questionnaire sur l'État de Présence (QEP)*. [http://w3.uqo.ca/cyberpsy/wp-](http://w3.uqo.ca/cyberpsy/wp-content/uploads/2019/04/QEP_vf.pdf)
715 [content/uploads/2019/04/QEP_vf.pdf](http://w3.uqo.ca/cyberpsy/wp-content/uploads/2019/04/QEP_vf.pdf)
- 716 Van der Wal, G., Dull, D. B., Martinez, E. F., & De Wild, V. W. T. (2020). Exploring seasonal context using
717 immersive technology: A study on the application of virtual reality technology in consumer research. 9.
718 *European Conference on Sensory and Consumer Research (Eurosense)*.
- 719 Wang, Q. J., Meyer, R., Waters, S., & Zendle, D. (2020). A dash of virtual milk: Altering product color in virtual
720 reality influences flavor perception of cold-brew coffee. *Frontiers in Psychology*, 11, 3491.
- 721 Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Saari, T., Laarni, J., Ravaja, N., &
722 Gouveia, F. R. (2007). A process model of the formation of spatial presence experiences. *Media*
723 *Psychology*, 9(3), 493–525.
- 724 Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire.
725 *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.
726 <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- 727 Yilmaz, A., Javed, O., & Shah, M. (2006). Object tracking: A survey. *Acm Computing Surveys (CSUR)*, 38(4), 13-
728 es.
- 729 Zhang, L., & van der Maaten, L. (2013). Structure preserving object tracking. *Proceedings of the IEEE Conference*
730 *on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1838–1845.

6.4 Conclusions

L'étude « sensorielle et consommateurs » de l'aliment invite à table au cœur de notre consommation. Aujourd'hui, faire venir la réalité virtuelle (*VR*) dans ce domaine ouvre la réflexion sur la consommation dans un monde coupé du réel, où le consommateur perd de vue son corps et son entourage physique. Dans ce chapitre nous explorons la transférabilité de cette action sensori-motrice : manger (*si simple dans notre monde réel, que nous la ferions les yeux fermés, et pourtant...*).

Dans notre monde réel, les stimulations perceptives et les possibilités d'actions sont infinis. Notre contexte vivant constitue une stimulation continue, harmonieuse et indépendante de notre existence humaine. Mais recréer ce contexte dépend de nos facultés à l'identifier, à l'analyser, à le comprendre. Amener la consommation en *VR* revient à décortiquer ce comportement sensori-moteur inconscient et à rechercher les bonnes briques pour le reconstruire.

En premier lieu, dans ce chapitre nous identifions la reproductibilité de cette action de consommation. Dans cette interaction du consommateur avec son environnement, qu'apporte l'aliment de différent ? Nous pouvons constater qu'en comparaison des autres éléments de notre environnement physique, l'aliment se dissocie par l'interaction gustative que nous rencontrons avec celui-ci. En d'autres termes, avant de s'intéresser à cette interaction, l'intégration seule de l'aliment dans le monde virtuel se fera donc, à l'image des autres éléments (non-consommables), en tenant compte de ces propriétés physiques.

La diversité « physique » des produits alimentaires (liquides, solides, déformables) soulève une variété de contraintes de modélisation, plus ou moins faciles à surmonter. Les produits solides « non-déformables », comme les cookies, présente une physique aujourd'hui maîtrisée dans la modélisation virtuelle. À travers la technique de scan photogrammétrique (Statham, 2018), il est possible de recréer de façon photo-réaliste, une représentation visuelle 3D d'un élément, représentant une unité solide. Les solides déformables (ex. nouilles) et les liquides (ex. jus de fruits) ajoutent la contrainte de leurs déformations, à ce jour moins maîtrisées (Eden et al., 2007; Kück et al., 2002; Steele et al., 2004). En étude « sensorielle et consommateurs », l'aliment est au centre de l'attention. Pour ces produits dont nous maîtrisons la modélisation visuelle (aliments solide), dans quel mesure pouvons-nous garantir une perception représentative du réel ?

A travers l'étude du modèle « cookie » (solide non-déformable), nous mettons en évidence la validité perceptive, dans un cadre alimentaire, de la modélisation photogrammétrique (**Article 5**). Sur une méthode rapide de description visuelle des cookies (profil flash), nous retrouvons en effet, dans une présentation virtuelle des produits en *VR*, les proximités et les écarts perceptifs au sein du set de produits, tel qu'observés dans une présentation réelle de ces mêmes cookies. Mais bien que dans une perception globale les produits virtualisés se recoupent à leur perception en réel, dans un focus attribut par attribut quelques dimensions perceptives divergent. En évaluation quantitative de descriptions visuelles entraînées (profil conventionnel), nous constatons un manque de validité sur les attributs de brillance, de contrastes de couleurs et de textures visuelles (par ordre d'importance décroissante) face à la perception en réel des cookies. Il est toutefois possible de réanimer ces attributs dans une optimisation des paramètres d'interactions du produit virtuel avec la lumière de son environnement *VR* (paramétrages « *smoothness* » et « *normal map* »). Il est donc aujourd'hui possible d'amener visuellement en *VR* un produit alimentaire fidèle au réel, dans la limite d'une physique « solide ». Cette fidélité reste néanmoins fonction du temps de travail et de la maîtrise des paramétrages du logiciel *VR* derrière sa modélisation.

Au cours de sa consommation, le produit alimentaire va ensuite évoluer jusqu'à disparaître du monde virtuel. Avec une maîtrise du logiciel et une puissance de calcul suffisante de l'ordinateur, cette évolution peut être modélisée (ex. Persky et al., 2018). Cependant, la synchronisation de cette évolution visuelle à l'évolution réelle du produit représente un défi complexe. En effet, la fidélité de cette évolution visuelle repose sur la connaissance de l'évolution réelle du produit. Or, l'existence de ce produit réel est éphémère. Aujourd'hui les technologies les plus accessibles (abordables) de *tracking* consistent en l'ajout d'un capteur de position sur l'objet ciblé. Ces technologies ne peuvent donc pas être utilisées directement sur l'aliment.

Toutefois, dans une stratégie de « *bluff* », il nous est possible d'en estimer sa position, partant du principe que l'aliment ne se déplace pas seul dans l'espace. Il s'agit de la stratégie utilisée pour le dispositif de préhension de l'aliment en *VR* développé dans ce chapitre (**partie 6.2.2.**). Le corps du consommateur et le contenant de l'aliment représentent en effet des cibles plus faciles de *tracking* que l'aliment en lui-même. La position de l'aliment peut ensuite être estimée entre le contenant (départ) et la bouche du consommateur (arrivée) en fonction des points de contact repérés. **Mais cette stratégie offre-t-elle une interaction crédible pour le consommateur ?**

En second lieu de ce chapitre, dans une interaction simple avec l'aliment (mise en bouche de petits cookies mono-bouchés), nous testons la validité perceptive de cette interaction dans une immersion en *VR* (**Article 6**). Dans ce design expérimental, la *VR* amène le consommateur dans une posture réfléchie de sa mise en bouche. Le consommateur perçoit alors un délai dans sa manipulation, où ce comportement sensori-moteur n'est plus rapide et inconscient comme en situation réelle de consommation. Deux dimensions de la validité écologique entrent alors en contradiction : la représentativité perceptive du contexte et la représentativité motrice de la tâche de consommation. Au finale, malgré le caractère artificiel de l'interaction avec l'aliment, la *VR* maintient le consommateur dans un fort sentiment de présence au sein de l'épisode de consommation. Le consommateur très impliqué parvient en définitive à suspendre son incrédulité face aux contraintes motrices, l'amenant au sentiment de présence (cf. modèle de présence : Wirth et al., 2007), témoin de la validité écologique du dispositif (Gorini et al., 2010; Mestre, 2018; Schmuckler, 2001).

Au-delà de la validité écologique apportée, la *VR* montre aussi un potentiel intéressant de validité interne de la mesure expérimentale. Dans une évocation explicite du contexte de consommation (stimulation perceptive riche), elle offre une meilleure garantie de projection consensuelle des consommateurs. Si le contexte de consommation ciblé est mieux identifié par les consommateurs, les relations de causalité entre le contexte et la perception des produits sont alors mieux maîtrisées. Dans une utilisation seule de l'évocation conceptuelle, bien qu'amenant un premier cadre, les consommateurs gardent encore une grande liberté d'imagination. S'ils se projettent dans un épisode divergeant, leur évaluation des produits n'est alors plus représentative de la perception qu'il en aurait dans la réalité ciblée par les expérimentateurs. Dans une projection forte de l'épisode de consommation, la *VR* aide également les consommateurs à s'affirmer dans leur évaluation des produits. Nous retrouvons ainsi en *VR* une utilisation plus homogène de l'échelle de notation, tout en gardant une bonne discrimination des produits et une bonne répétabilité. La *VR* offre ici un cadre méthodologique plus contrôlé pour l'étude du comportement alimentaire, grâce à sa richesse perceptive, explicitant l'évocation contextuelle.

La familiarisation au dispositif est également une étape clé, susceptible ici d'avoir favorisé l'appréciation de l'interaction avec l'aliment. Dans une orientation vers une manipulation fonctionnelle, les consommateurs évitent ainsi la perception des limites du dispositif. Cette étape de familiarisation semble également effacer les divergences générationnelles et de connaissance de la *VR* (non influents ici sur le sentiment de présence).

La stratégie de préhension de l'aliment ici testée ne pourrait cependant pas fonctionner pour le suivi d'un aliment déformable. De même, de plus gros cookies consommables en plusieurs bouchées ne pourraient être précisément suivis dans leur évolution. Davantage d'incohérence perceptive pourrait alors résulter de cette stratégie « estimative ». Pour explorer davantage cette consommation en *VR*, il faudrait alors : soit imposer un comportement de consommation (*consommez ce cookie en deux bouchées*), diminuant davantage la représentativité de la tâche; soit aller vers des technologies de *tracking* plus avancées (Luo et al., 2021; Smith et al., 2005; Yilmaz et al., 2006; Zhang & van der Maaten, 2013), plus onéreuses et moins mobiles.

DISCUSSION GÉNÉRALE

7 DISCUSSION GÉNÉRALE

A travers de cette thèse, nous avons cherché à apporter des réponses à la problématique suivante : **Comment augmenter la validité écologique de la mesure sensorielle par l'évocation d'un épisode de consommation à l'aide de la réalité virtuelle ?**

La validité écologique du cadre expérimental correspond à la capacité de généralisation du comportement observé en laboratoire, au comportement naturel dans le monde (Schmuckler, 2001). En sciences « sensorielles et consommateurs », cette quête de validité écologique a mené à une remise en question méthodologique, quant à la faculté du cadre expérimental à favoriser un comportement représentatif du consommateur (Delarue & Boutrolle, 2010). En situation réelle, l'épisode de consommation forme le cadre conceptuel entourant l'aliment (Bisogni et al., 2007). Ainsi la quête de validité écologique invite à l'évocation de cet épisode de consommation en situation expérimentale.

La réalité virtuelle (*VR*), étudiée dans cette thèse, constitue un outil de recontextualisation de la mesure « sensorielle et consommateurs ». Cet outil permet des activités sensorimotrices et cognitives, dans un environnement artificiel créé numériquement (Fuchs et al., 2006). L'étude de cet outil de *VR* a donc pour objectif d'en déterminer son efficacité à amener le consommateur, dans une reconstruction numérique de l'épisode de consommation, à un comportement représentatif de sa réalité. Pour évaluer cet outil de *VR* dans ce cadre applicatif, nous nous en référons à l'état de présence du consommateur, son sentiment d'existence au sein de l'environnement, d'être là, d'y être situé et d'y agir (Barfield & Hendrix, 1995; Heeter, 1992; Sheridan, 1992; Wirth et al., 2007; Zahorik & Jenison, 1998).

La littérature actuelle, autour de cette problématique, oriente alors notre réflexion vers les trois questionnements sous-jacents suivants : Quel est l'impact de l'enrichissement perceptif sur le sentiment de présence ? Comment définir un épisode de consommation ? Une mise en pratique de cet outil virtuel est-elle envisageable pour une évaluation de produit ? Dans cette discussion générale, nous présentons les points forts apportés par cette thèse et les perspectives métrologiques de l'outil de *VR* dans le domaine « sensoriel et consommateurs ».

7.1 Points forts apportés autour de l'expérience de consommation en réalité virtuelle

En posant notre première question de recherche « quel est l'impact de l'enrichissement perceptif sur le sentiment de présence ? », nous nous attendions à une réponse plutôt simple. Oui, l'enrichissement perceptif renforce le sentiment de présence en réalité virtuelle (*VR*) et cette information n'est pas nouvelle (Dinh et al., 1999), alors pourquoi nous reposons-nous encore cette question aujourd'hui ? La question que nous nous posons est de fait un peu plus subtile, ce qui nous intéresse aujourd'hui c'est la marge de variation perceptive sur laquelle il nous est possible de jouer, tout en maintenant le niveau de présence souhaité.

La première particularité d'une application « sensorielle et consommateurs » de la *VR* est le niveau de présence recherché dans cette immersion. Dans cette quête de validité écologique, nous cherchons en effet à retrouver le comportement du consommateur au plus près de son quotidien « situationnel ». À la différence de certains champs applicatifs de la *VR*, où la fidélité du comportement n'est recherchée que dans l'illusion de l'espace physique, nous nous intéressons ici à la fidélité du comportement dans l'illusion de l'expérience. L'application visée de la *VR*, ambitionne donc un certain niveau d'exigence sur l'état de présence des consommateurs. La question est alors, où se situe la *VR* face à l'exigence recherchée ?

En explorant cette première question de recherche, nous faisons le constat du haut niveau de présence suscité par la *VR*. Dans un contexte quotidien de consommation, il est possible d'atteindre une forte « illusion de réalité » en *VR*. Ce sentiment de présence s'apparente au sentiment de présence en un lieu physique et riche perceptivement. Bien que très axée sur la modalité visuelle, la *VR* parvient donc à recréer l'illusion de présence en un lieu proche du réel, dans une interaction cross-modale.

Nous constatons également la flexibilité de mise en place expérimentale d'une *VR*, entre interaction visuelle et physique avec l'environnement immersif. Nous ne pouvons généraliser ces résultats à la large diversité de technologies de *VR* existantes, mais nous observons déjà une zone de confort sur les principaux modes d'usage du visiocasque en études « sensorielles » ou « consommateurs ». La formation de la présence en *VR* amène néanmoins une certaine ambiguïté sur le besoin d'enrichissement perceptif de l'expérience. En effet, l'enrichissement perceptif favorise l'implication du consommateur. Si le consommateur est impliqué cela facilite son processus de formation de la présence et cela l'aide à faire abstraction des incohérences (Wirth et al., 2007). Mais parallèlement, si le consommateur est impliqué, il explore alors

davantage l'espace virtuel et s'expose à en confronter les limites. Les environnements simulés sont en effet « finis », par opposition au réel « infini ».

En environnements simulés, l'évolution de la présence est donc plus subtile que ce à quoi nous nous attendions. Dans notre cas de figure, à l'échelle de nos modulations sur le « continuum réalité - virtualité » (Milgram & Kishino, 1994), nous trouvons un point stable d'ancrage pour maintenir l'état de présence recherché. Mais le comportement du consommateur reste limité à un certain cadre d'expérience. Dans ce cadre « expérientiel » limité, l'état de présence dépasse les espérances d'une évocation seule. Toutefois le sentiment de présence apporté par les indices perceptifs seuls se limite à l'illusion d'un lieu physique, plus qu'à celle d'une expérience. Pour atteindre l'illusion de l'épisode de consommation, indices perceptifs et conceptuels doivent aller de pairs pour amener l'illusion plus complète de la situation expérientielle visée.

Relativement à notre champ applicatif de la *VR*, nous remarquons cependant un manque d'outils de mesure de cet état « situationnel » de présence. Comment différencier si le participant se projette dans le rôle d'un personnage ou dans son propre rôle, à l'image dont il réagirait à son habitude. Cette question se pose autant en *VR*, qu'en *Box*, qu'en environnements physiquement reconstruits, etc. Dans nos expérimentations, nous n'explorons pas ce développement, par contre les outils métrologiques progressent à mesure que les environnements immersifs s'invitent dans ce champ applicatif (ex. développement de la mesure de l'engagement – Hannum & Simons, 2020). Nous notons néanmoins, le rôle non négligeable du contenu médiatique dans cette projection « situationnelle ».

La seconde question posée dans cette thèse « comment définir un épisode de consommation ? » met en lumière le flou existant sur le travail du contenu médiatique. Pour garantir l'adéquation du contexte présenté, aux représentations du quotidien du consommateur, il nous faut connaître l'épisode de consommation, ce contenu qui l'amènera à un comportement représentatif de sa réalité.

En explorant les représentations des consommateurs, nous constatons la sensibilité conceptuelle des épisodes de consommation. Ils sont en effet très précisément représentés à l'esprit du consommateur. Une évocation peu précise pourrait alors amener les projections des consommateurs vers des épisodes différents de consommation. Ce constat établi souligne la pertinence de l'utilisation des stratégies immersives (telles que la *VR*) pour la contextualisation

de la mesure sensorielle. La reconstruction perceptive riche de l'épisode de consommation maintiendra le contrôle de l'évocation.

Si ces épisodes de consommation sont précisément définis dans l'esprit des consommateurs, le choix du contenu médiatique s'annonce alors comme une étape importante de la reconstruction contextuelle. Face à la richesse perceptive du monde réel, la *VR* ne pourra en reproduire l'entièreté. Nous identifions pourtant des points à forte symbolique au sein de l'épisode de consommation, reliant la dimension de « lieu » reproduite en *VR* à d'autres dimensions plus difficilement modulées, tel que le « temps », « l'entourage social », etc.

L'étude de l'épisode réel de consommation, nous permet également d'identifier le levier conceptuel au passage de l'illusion d'un lieu commun (*une cuisine*) à l'illusion d'une expérience personnelle (*mon petit-déjeuner*). L'identification du contenu à implémenter en *VR* se rapporte davantage à l'identification d'un « scénario saillant » de consommation, qu'à l'identification d'éléments saillants isolés. Les motivations sous-jacentes à l'épisode de consommation donnent alors la ligne directrice entre les éléments pertinents à son évocation.

Notre dernière question « une mise en pratique de cet outil virtuel est-elle envisageable pour une évaluation de produit ? » soulève finalement le point le plus critique à l'utilisation « sensorielle et consommateurs » de la *VR* : dans cet enrichissement contextuel, quel est la place de l'aliment ? (Comment va-t-il s'intégrer à la *VR* et comment sera-t-il perçu par le consommateur ?). L'aliment est en effet au cœur du questionnement des études « sensorielles et consommateurs », mais dans une immersion virtuelle par la technologie du visiocasque, le consommateur perd tout repère physique de son entourage proximal (corps, aliment, etc.). L'utilisation de la *VR* pour une consommation alimentaire ouvre alors une réflexion nouvelle, sur la reproductibilité sensori-motrice de l'expérience gustative.

Sur le plan de la modélisation visuelle, l'aliment, comme tout autre élément de l'environnement, est contraint par sa structure physique. Les déformations physiques complexes, comme la modélisation des liquides, poursuivent encore leur développement. Les modélisations d'unités solides « non-déformables » (ex. cookies) sont déjà, quant à elles, très avancées. Nous validons en effet dans cette thèse, la fidélité perceptive de cette catégorie alimentaire (dans une classification physique). Nous portons néanmoins un point d'attention sur l'exigence, en termes de temps et de maîtrise technique, pour parfaire ce réalisme. L'aliment

diffère ensuite du reste de l'environnement, en ses contraintes de synchronisation réel-virtuel, au cours de son évolution dans l'espace.

Il présente en effet un caractère évolutif et éphémère dans l'espace, compliquant son suivi réel. Toutefois, sans recours aux technologies de *tracking* fixes et onéreuses (ex. caméras de capture du mouvement optoélectroniques), nous pouvons déjà estimer sa position. L'aliment intègre ici physiquement le monde virtuel, sans rompre la barrière visuelle entre les mondes, par le suivi du contenant et du consommateur, entourant son évolution dans l'espace. Néanmoins, cette intégration de l'aliment, dans un suivi indirect de son évolution dans l'espace, restreint « l'infinité » interactive réelle de la tâche sensori-motrice de consommation. La manipulation de l'aliment, non consciente en situation réelle, devient alors réfléchie, dans une posture cadrée (mouvements lents, accentués, regard ciblé). La tâche de consommation perd alors en représentativité motrice.

Et pourtant, il est encore possible pour le consommateur d'atteindre un fort sentiment de présence. À l'échelle d'une interaction simple et cadrée avec l'aliment (consommation d'une bouchée, petit produit pris à la main), nous observons dans cette thèse, sur le sentiment global de présence au sein de l'épisode de consommation, une compensation des contraintes motrices d'interaction avec l'aliment par le gain en représentativité contextuelle autour de l'aliment. Cette présence ici atteinte, valide le potentiel de la *VR* à l'augmentation de la validité écologique dans une expérience de consommation. En attendant, ces résultats suggèrent un maintien des contraintes motrices sous un seuil acceptable. Les contraintes apportées par la déformation de l'aliment restent encore à explorer (ex. consommation en plusieurs bouchées : croquer, couper, casser, etc.).

La technologie actuelle de *VR* montre donc déjà sa validité interne et écologique, pour l'étude de produits alimentaires solides en contexte versatiles de consommation. Elle ouvre le champ des possibles dans l'étude du comportement alimentaire, mais elle demande du temps de préparation (environnements, produits) et de réalisation (familiarisation, encadrement individuel). Sur le long terme, nous pouvons nous attendre à la voir susciter encore davantage l'intérêt « sensoriel et consommateurs » à mesure des développements technologiques.

Cet outil technologique est aujourd'hui en plein changement. La *VR* a déjà, par le passé, traversé des révolutions technologiques avec l'arrivée des dispositifs *CAVE*, puis avec le récent passage aux technologies de visiocasques, permettant ainsi sa démocratisation. Les

visiocasques évoluent encore, vers des dispositifs de plus en plus portatifs et autonomes (sans fil, sans station de base). Nous notons, dans cette évolution technologique de la VR, une réduction de sa qualité graphique au profit de sa dématérialisation / miniaturisation.

Parallèlement à cette évolution technologique, nous notons une évolution des usages de la VR. Cette technologie initialement développée pour une utilisation experte / professionnelle, apparaît aujourd'hui plus accessible à un public novice. Nous voyons une progression d'une utilisation encadrée à la recherche d'une expérience autonome, telle que celle recherchée par la société « Meta » de Mark Zuckerberg. L'élargissement rapide des champs applicatifs de cet outil de VR présage de son évolution à venir pour notre utilisation alimentaire.

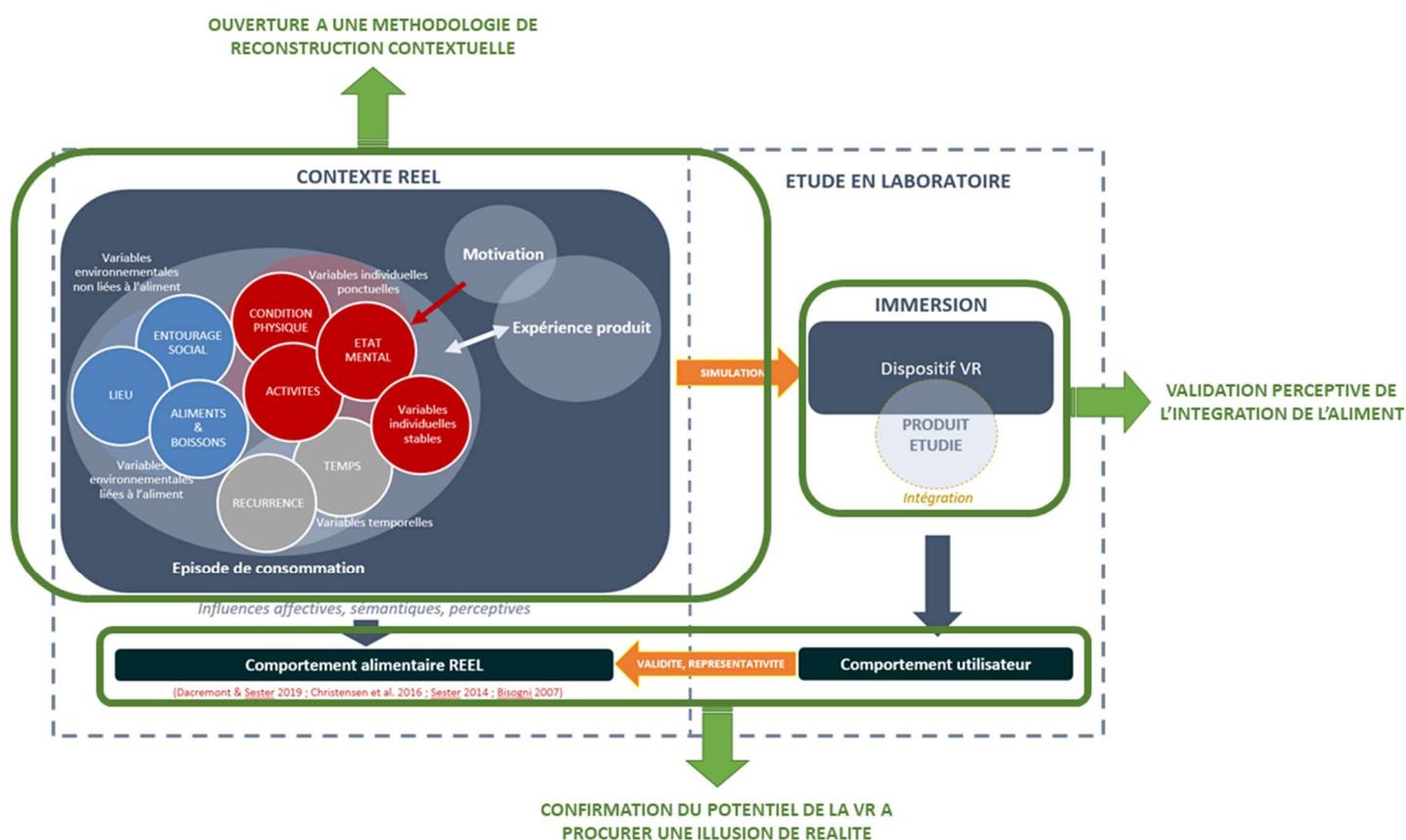


Figure 45. Schématisation bilan des réponses apportées, pour une utilisation de la réalité virtuelle en sciences « sensorielles et consommateurs ».

7.2 Perspectives de la réalité virtuelle en sciences « sensorielles et consommateurs »

7.2.1 Enjeux métrologiques pour une utilisation de la réalité virtuelle en ingénierie de produits alimentaires

Au cours de cette thèse, nous avons pu constater le fort potentiel de la réalité virtuelle (*VR*), qui répond au besoin d'amélioration écologique de l'expérience d'un produit alimentaire existant. Aujourd'hui, que pourrait amener la *VR* dans les phases plus amont de la conception de produits alimentaires ? À l'image de l'intégration au monde virtuel d'un aliment déjà conçu, la *VR* pourrait-elle intégrer au monde virtuel un aliment n'existant pas encore ? De même, à l'image de sa validité dans l'appréhension de la perception en bouche d'un produit dans son contexte réel de consommation, la *VR* pourrait-elle anticiper les conditions d'usage d'un produit en cours de développement ?

Dans un enjeu de changement alimentaire (Aschemann-Witzel et al., 2019), la conception des produits alimentaires doit évoluer, pour aider le consommateur à rencontrer ses objectifs à long termes (santé, environnement), conjointement à ses objectifs à court termes (perceptions sensorielles, hédoniques, attentes). Pour accompagner les consommateurs vers ce changement alimentaire, il est important de maximiser les échanges dans cette phase de conception, en vue de satisfaire leurs motivations (Van Kleef et al., 2005). Mais aujourd'hui ces échanges avec le consommateur dans cette phase restent limités, comme en témoigne les nombreux échecs de lancement (Backhaus et al., 2014; Mokaddem, 2016).

Dans les phases amont de co-création (Hoyer et al., 2010), l'utilisation de la *VR* pourrait être un moyen de maximiser les échanges, en améliorant le dialogue, qui aujourd'hui manque de supports de discussion concrets. Imaginez demain discuter d'un produit qui n'existe pas encore en ayant la possibilité d'en percevoir toutes ces caractéristiques sensorielles... À cette étape de discussion la *VR* pourrait représenter un outil de travail intelligent. Pour d'autres domaines, où les produits sont très onéreux à concevoir, l'utilisation de la *VR* en phase amont de conception apparaît comme une évidence (Kadri, 2007). C'est le cas des industries automobiles (De Sa & Zachmann, 1999; Herbeth & Blumenthal, 2019; Lawson et al., 2015) et aéronautiques (Makris et al., 2012). En conception de produits alimentaires les contraintes ne sont pas du même ordre, mais la *VR* y présente un intérêt pertinent.

Regardons par exemple le modèle « cookie », qui représente une cible de reformulation dans cette transition alimentaire. Ce produit est en effet riche en sucre et en matières grasses, ultra transformé, pauvre en nutriments et reste beaucoup consommé par les enfants. Dans un contexte de santé publique, la reformulation de ce type d'aliment pourrait aider à rééquilibrer le comportement alimentaire. Mais le rôle fonctionnel et hédonique du sucre et des matières grasses complique cette reformulation. La reformulation du produit « cookie » pour rallier le sensoriel au nutritionnel représente donc un défi (Liechti et al., 2020). Dans cet objectif, l'étude et la compréhension des interactions intermodalités sensorielles est un atout. L'ajout de vanille par exemple, peut constituer une stratégie de réduction du sucre sans frustration, de par l'interaction cross-modale entre la saveur sucrée et la perception aromatique de vanille (Velázquez et al., 2020).

L'étude actuelle de ces interactions est néanmoins difficile à contrôler. En effet, dans cet exemple du modèle « cookie », de nombreuses réactions se produisent dans la pâte lors de la préparation et de la cuisson (dénaturation des protéines, perte de la structure granulaire de l'amidon, fonte des graisses, développement d'une surface brune résultant à la fois de la caramélisation et de la réaction de Maillard), il ne sera donc pas aisé de dissocier chaque facteur d'interactions sensorielles (Ameur et al., 2006). Le travail en amont sur un produit virtuel pourrait être un moyen d'appréhender ces phénomènes. La *VR* représenterait alors un outil adéquat à l'appréhension des leviers pour un changement alimentaire durable.

De même, la *VR* pourrait être un outil intéressant à l'identification des conditions d'usage de l'aliment en amont de sa conception. Dans un contexte compétitif, à ce jour de moins en moins de temps est accordé à la conception des produits (Poirson et al., 2020). Une optimisation de ces phases de conception pourrait limiter les échecs, accélérer l'étude du produit dans son développement et limiter les innovations gadgets (éphémères). La *VR* représente un outil de développement complet, par sa faculté à moduler à la fois le produit et l'environnement de consommation.

Mais sommes-nous technologiquement prêts, actuellement, à simuler la présence d'un produit alimentaire non-existant ?

7.2.2 Que pourrait apporter la réalité virtuelle à la conception d'un produit alimentaire ?

Via cette thèse, nous constatons l'existence de nombreux moyens techniques pour l'intégration d'un produit alimentaire réel en *VR*. La qualité de modélisation visuelle de l'aliment dépend de la maîtrise des outils techniques et du temps de préparation accordé à cette virtualisation. Selon l'objectif de l'étude, le réalisme de l'aliment sera plus ou moins exigé (identification du produit : conceptuelle vs perceptive). La facilité d'intégration de l'aliment dépendra également de ses caractéristiques physiques, amenant plus ou moins de contraintes à sa modélisation et à la capture de son évolution dans l'espace. **Mais s'il est aujourd'hui possible de ramener fidèlement un produit alimentaire réel en *VR*, ne serait-il pas envisageable demain d'y introduire un produit n'existant pas encore ?**

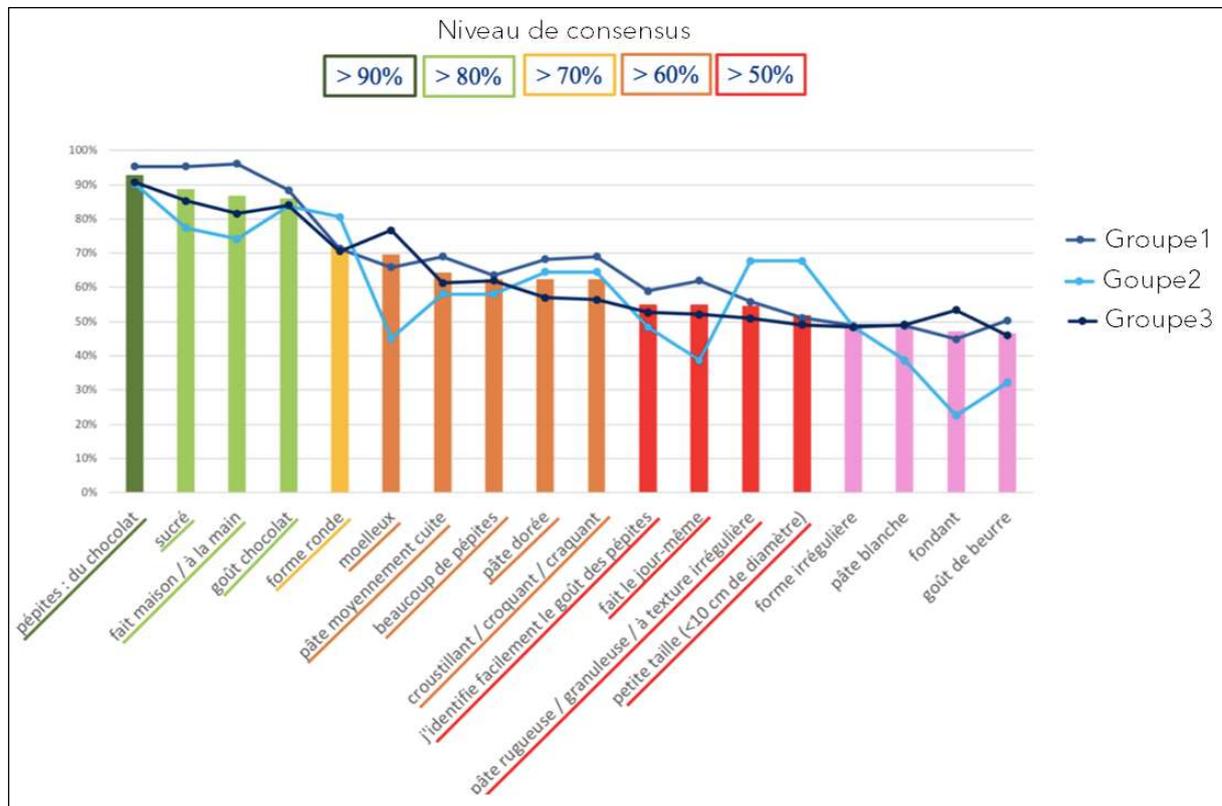
7.2.2.1 Modulations visuelles du produit alimentaire

Dans un enjeu de reformulation du modèle « cookie », vers des recettes alliant nutrition et appréciation, nous nous sommes intéressés à l'influence de la modalité visuelle sur la perception de ce produit alimentaire.

Selon la littérature, l'étude de l'influence du visuel est encore très étudiée à travers la modulation visuelle du contenant, plus que du produit lui-même (Guéguen & Jacob, 2014; Hanson-Vaux et al., 2013; Harrar et al., 2011; Huisman et al., 2016; Ngo et al., 2013; Seo et al., 2010; Van Rompay et al., 2017; Velasco et al., 2015). Sur les produits liquides (ex. cidre, sauces, boissons, jus, eaux), l'étude des interactions visuelles peut encore être envisageable avec l'ajout de colorants par exemple (Cheskin, 1957; Crumpacker, 2006; Koza et al., 2005; Mirabito et al., 2017; Shankar et al., 2010; Shermer & Levitan, 2014; Sugrue & Dando, 2018). Mais ces modulations restent limitées à « l'addition », tandis que dans une modulation en *VR* un produit foncé, comme du thé noir (Huang et al., 2019, 2020) ou du café (Wang et al., 2020), peut y être éclairci / décoloré. Les reconstructions numériques du produit permettent également la modulation visuelle des produits solides (cake en *VR* - Ammann, Stucki, et al., 2020 ; cookies en *AR* - Narumi et al., 2011), difficilement maîtrisée en situation réelle (mélanges, cuissons, etc.).

Aujourd'hui, l'identification des critères de modulation d'un produit dans sa conception peut déjà être menée à une échelle conceptuelle, par l'identification des attentes des consommateurs. Nous identifions par exemple pour le modèle « cookies », les critères clés à sa

conception, au centre des attentes des consommateurs. Ici, par un questionnaire en ligne autour du concept « cookies » nous déterminons le cahier des charges des attentes sensorielles de ce produit (**Figures 46**).



Figures 46. Exemple de critères d'attrait pour le produit « cookie » et groupes de consommateurs.

Ces cahiers des charges des attentes, nous donnent déjà une indication des critères de conception, tels que la modulation visuelle de l'aspect des pépites, de la forme du cookie, de la couleur de la pâte, de la quantité des pépites. Ces critères ressortent en effet très regardés des consommateurs, dans leur prise de décision pour ce type de produit. Cependant, dans la conception réelle du produit, tous ces attributs entrent en interaction. Bien que l'identification des critères soit envisageable sans outil technologique complexe, tester la perception globale du produit dans une modulation de ces critères en interaction représente un défi plus important. Généralement, ces critères de conception se limitent alors à un petit nombre d'interactions testées, ne tenant compte de l'entièreté du champ des possibles de la conception du produit.

À cela la *VR* pourrait être un atout de taille, pour amener virtuellement le test de ces attributs (**Figure 47**). À l'image des algorithmes génétiques interactifs, utilisés dans la conception non-alimentaire, nous pourrions minimiser le temps de test de ces critères, tout en

maximisant le champ des modulations et des interactions possibles. Dans une conception orientée vers l'utilisateur, cette interaction homme-machine (algorithme génétique interactif) affine progressivement les propositions faites aux utilisateurs, sur la base de leurs évaluations précédentes (Poirson et al., 2020).



Figure 47. Exemple de modulations numériques de l'aliment (Sketchfab, 2015).

Au regard des connaissances cross-modales théoriques actuelles, nous pourrions par exemple tester sur le modèle « cookies » les attentes suivantes, en interaction cross-modale :

- Une variation de la nuance de « rouge » dans la couleur de la pâte, induit-elle une perception plus chaude (cuisson, sortie du four), plus sucrée, plus épicée (ex. cannelle), plus fruitée ? (Cheskin, 1957; Guéguen & Jacob, 2014; Harrar et al., 2011; Saluja & Stevenson, 2018; Shermer & Levitan, 2014; Sugrue & Dando, 2018)
- Une variation de la forme « ronde » de la pâte, ou des pépites, induit-elle une perception plus sucrée, plus agréable, plus fruitée ? Inversement, une variation plus anguleuse de ces attributs induit-elle une perception plus amère ? (Hanson-Vaux et al., 2013; Huisman et al., 2016; Mirabito et al., 2017; Ngo et al., 2013; Seo et al., 2010; Van Rompay et al., 2017; Velasco et al., 2015)
- Une variation de l'intensité marron (clair – foncé) de la couleur des pépites, induit-elle une perception plus chocolatée ? (Narumi et al., 2011; Shankar et al., 2009)

Ainsi en *VR*, nous pourrions déjà imaginer tester ces interactions cross-modales, en donnant au consommateur un même produit, sur des modulations visuelles différentes (indépendamment modulées des autres modalités perceptives). En partant d'un produit réel virtualisé, certaines caractéristiques (telles que la couleur des pépites – **Tableau 2**) peuvent être rapidement modulées de façon crédible. Partir d'une construction numérique nouvelle demandera du moins, davantage de vérifications quant à la zone crédible de variations, conservant la typicité du produit (**Figure 48**). Un produit peut en effet être facilement rejeté si

celui-ci n'est pas conforme aux attentes de sa dénomination (Crumpacker, 2006; Yeomans et al., 2008).

Tableau 2. Modulation de la couleur des pépites à partir d'un modèle réel (scan d'un cookie existant)

(1) COOKIE CONTROLE	(2) COOKIE MODIFIÉ
	
	
<p>Cookie « Lu1 » : produit réel scanné en 2018 pour les profils de descriptions visuelles (Gouton et al., 2021)</p>	<p>Éclaircissement de la couleur des pépites de chocolat > effet chocolat au lait plutôt crédible.</p>



Figure 48. Exemple de modulations numériques du produit s'éloignant du champ de crédibilité globale du modèle « cookies ».

7.2.2.2 Illusion totale de dégustation

Pour aller plus loin, nous pourrions imaginer en *VR* l'illusion complète d'un produit inexistant. Cette idée n'est pas encore à ce jour concrétisée, mais la stimulation des différentes modalités de l'aliment, regardées individuellement, est déjà possible. Les technologies sont déjà là, bien que leurs études soient encore fragmentées.

L'étude de Porcherot et al. (2018) présente par exemple un dispositif de spatialisation d'odeurs. L'étude de Ranasinghe et al. (2019) présente l'illusion de saveurs amenées par des stimulations électriques de la langue (**Figure 49**). Les stimulations sonores pourraient également amener l'illusion de sensations trigéminales, comme la fraîcheur (Roque et al., 2018, 2020). Les gants à retour haptique se développent également pour donner l'illusion de tenir en main un élément physique (**Figure 50** - Perret & Vander Poorten, 2018).



Figure 49. Ustensiles développés à l'illusion de saveurs, par stimulations électriques (Ranasinghe et al., 2019).

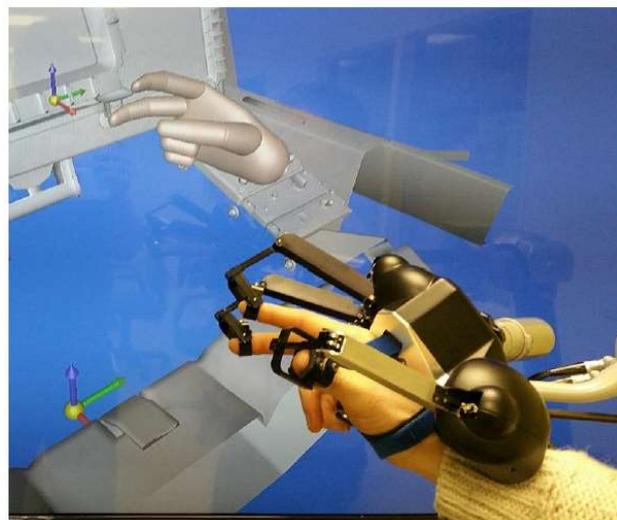


Figure 50. Stimulation du retour de force (Perret & Vander Poorten, 2018).

Dans cette démarche, la *VR* pourrait davantage améliorer la représentativité du stimulus, dans le respect des contraintes expérimentales. Par des stimulations visuelles et olfactives, le dispositif pourrait par exemple ramener l'illusion des autres produits alimentaires accompagnant le repas. Nous pourrions imaginer le test de biscuits petit-déjeuner, accompagné de l'illusion visuelle et olfactive de la présence d'un café à côté, d'un jus de fruits, etc. Pour aller plus loin encore, la combinaison d'une stimulation haptique à la modalité visuelle pourrait

procurer l'illusion d'un produit complet, tout en n'en testant qu'un échantillon. L'étude de Simeone et al. (2015) crée par exemple l'illusion d'un « sabre laser », en ne maintenant en main qu'une lampe torche. Nous imaginons par exemple la perception d'un gros sandwich, où nous n'en croquerions qu'une bouchée, à l'endroit où serait maintenu l'échantillon réel de l'aliment. De même, les consommateurs pourraient ne tester d'une gorgée d'un produit liquide, avec la sensation en main d'un grand verre et son illusion visuelle.

7.2.3 Que pourrait apporter la réalité virtuelle au test des conditions d'usage de l'aliment ?

Dans sa conception, la capacité du produit à répondre à un besoin dans une situation donnée ne doit pas être négligée (Christensen et al., 2016). En situation réelle de consommation l'aliment sera en effet consommé au sein d'un épisode de consommation (Bisogni et al., 2007), motivé par un but précis et contraint par l'usage permis dans la situation en question. Comme nous l'avons constaté dans cette thèse, l'évocation du contexte de consommation présente déjà un intérêt pour appréhender le comportement du consommateur en situation réelle de consommation. À cela s'ajoute pour les stratégies immersives (telles que la *VR*), leur faculté à recréer l'activité sensori-motrice de l'épisode de consommation. Dans l'étude des conditions d'usage de l'aliment, la *VR* présente alors l'atout de proposer une position d'acteur, au consommateur immergé, au sein de l'épisode de consommation évoqué. Dans cette ouverture sensori-motrice, la *VR* pourrait alors permettre une étude complète du produit dans son utilisation au sein de l'activité individuelle du consommateur et dans le partage social de cette expérience de consommation.

7.2.3.1 *Activité individuelle du consommateur*

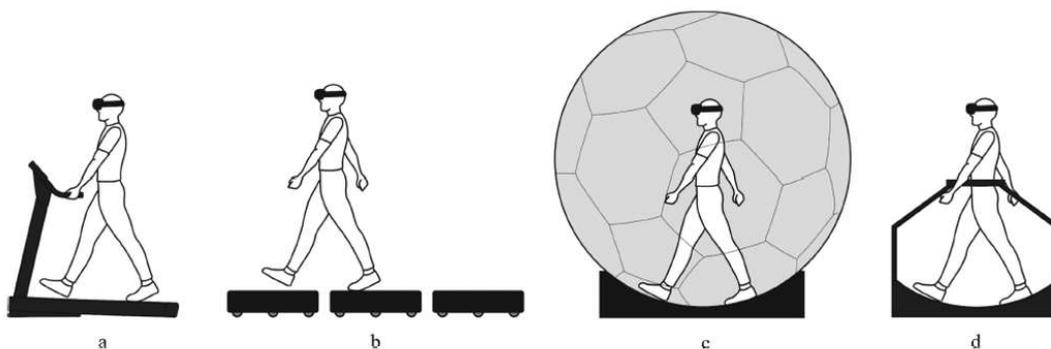
Cette thèse nous a permis de mettre en évidence la faisabilité d'une interaction sensori-motrice avec l'aliment pour sa consommation en *VR*, sans rompre la barrière virtuelle entre les mondes (réel-virtuel). Dans cette continuité, il pourrait être envisageable d'adapter l'interaction avec l'illusion du produit en cours de développement (telle que présentée ci-dessus). Et au-delà de la consommation même de l'aliment, la *VR* peut également tenir compte des activités parallèles de l'épisode de consommation. Sur ce point, l'ergonomie de l'interaction avec l'environnement et l'enrichissement perceptif de l'expérience poursuivent leur évolution.

Sur la modalité visuelle, la quête de photoréalisme se poursuit, vers l'illusion de réalité. Pour faire tourner ces visuels photo-réalistes en temps réel, la puissance de calcul de l'ordinateur est un point limitant. Néanmoins, des stratégies se développent pour conserver ce

réalisme, tout en ménageant l'ordinateur. En s'en référant au fonctionnement humain, les concepteurs développent alors des algorithmes dégradant la qualité visuelle de l'image en dehors de la zone de fixation de l'œil (rendu fovéal – Albert et al., 2017; Patney et al., 2016). Les coûts de calcul de l'ordinateur sont donc réduits, en ne concevant la haute qualité de l'image qu'en vision centrale.

Dans le design des environnements *VR*, il est également aujourd'hui possible de spatialiser des sons et des odeurs. La spatialisation sonore n'est pas nouvelle, mais elle s'intègre depuis peu aux moteurs de jeux (*game engine*) pour la conception d'environnements *VR* (Firat et al., 2021). La spatialisation d'odeur fait néanmoins encore appel à des dispositifs technologiques onéreux (Ischer et al., 2014; Porcherot et al., 2018).

Sur la reconstruction de l'activité motrice, les déplacements dans l'espace constituent également un point riche du développement de la *VR*. L'objectif de ces développements est d'amener à l'utilisateur l'illusion d'une possibilité de déplacement infini, avec une ergonomie naturelle du mouvement et sur un espace réel restreint (**Figure 51** - Nilsson et al., 2018).



Four examples of repositioning systems: (a) a traditional linear treadmill, (b) motorized floor tiles, (c) a human-sized hamster ball, and (d) a friction-free platform.

Figure 51. Illusion de déplacement infini en réalité virtuelle (Nilsson et al., 2018).

De nombreuses technologies se développent ainsi pour offrir à l'utilisateur une expérience sensori-motrice riche en *VR*. Néanmoins, si individuellement ces développements gagnent en réalisme, il n'est pas pour autant garanti que leur recombinaison multimodale en restera harmonieuse et maîtrisée.

Dans cette quête de motricité, pour ramener au consommateur son activité au sein de l'épisode de consommation, l'intégration de mesures implicites de « l'expérience produit » a aussi son importance. L'évaluation explicite de l'aliment crée effectivement un décalage à

l'expérience réelle, où une attention moins consciente est portée à cette consommation (Köster, 2003). Comme en *HUT* (*Home-Use Test* - Jaeger & Porcherot, 2017), les stratégies immersives invitent à l'étude de l'aliment au-delà de la mesure hédonique (ex. eye-tracking – Siegrist et al., 2019). La tâche gagnera alors davantage en représentativité écologique.

7.2.3.2 Partage social de l'expérience

Dans la révolution des usages de la *VR*, la présence sociale évolue. Aujourd'hui il n'est plus uniquement question de représenter des avatars animés par un ordinateur. Les nouvelles applications de *VR* offrent la possibilité d'incarner son avatar dans un design « multi-joueurs ». Sur cette ouverture au partage social de l'expérience, les applications se multiplient. Il est par exemple possible d'intégrer à plusieurs personnes, un même univers virtuel : - en complexe de loisirs (ex. *escape game VR*, *lasergame VR* – **Figure 52**), - en entreprise (ex. plateformes collaboratives de travail à distance – **Figure 53**), - peut-être même bientôt chez soi (réseaux sociaux en développement – **Figure 54**) ...



Figure 52. Exemple d'escape game en *VR* (The escape lab'Paris, 2021).



Figure 53. Exemple d'applications VR de travail à distance et collaboratif (Ino-VR, 2020).



Figure 54. Développement social de l'univers « Meta », VR haptique (Meta, 2021).

Pour cette dimension sociale de la présence, le réalisme comportemental semble dominer le réalisme visuel. Ici la dégradation du réalisme visuel n'est plus une limite imposée par la puissance de calcul de l'ordinateur. Il s'agit d'un choix relatif à l'acceptation de l'avatar, à l'image des observations faites en robotique. Un certain seuil un fois dépassé, le réalisme dérange à mesure qu'il augmente (« uncanny valley » - Mori et al., 2012 ; **Figure 55**)

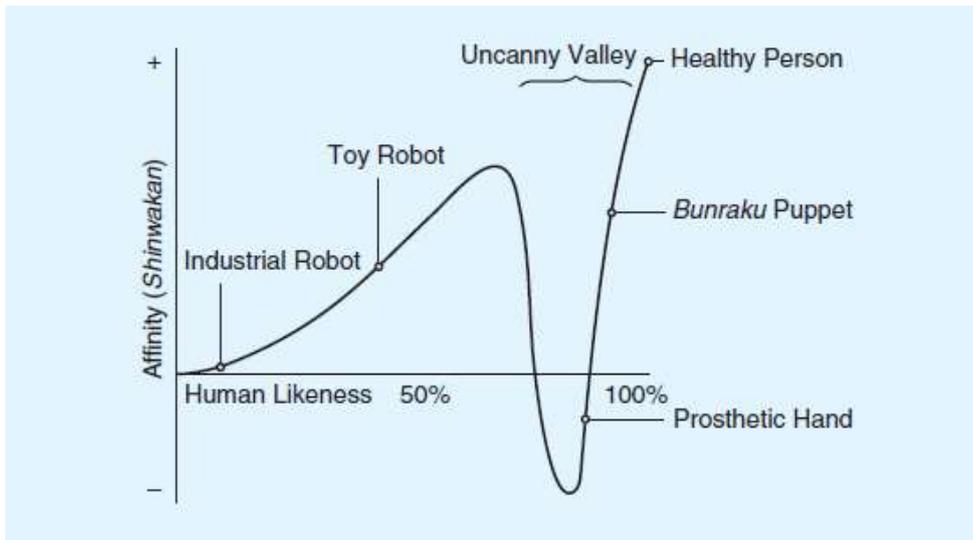


Figure 55. Phénomène de vallée de l'étrange, ou « uncanny valley », observé en robotique (Mori et al., 2012).

7.2.3.3 Personnalisation de l'expérience

Sur le plan conceptuel, tel que nous le soulignons ici dans cette thèse, l'épisode de consommation constitue une représentation précise et aussi personnelle à l'esprit des consommateurs. Ce contenu médiatique est la clé du passage du lieu à l'expérience, de la présence spatiale à l'immersion totale dans sa propre expérience. Dans la mesure où il peut exister, pour un même épisode, plusieurs scénarios types de consommation, l'immersion peut donc prendre une dimension plus personnelle. Pour rapprocher les consommateurs d'un comportement au plus proche de leur quotidien, la *VR* offre l'avantage d'un design personnalisable, dans une flexibilité du paramétrage du contenu médiatique (**Figure 56**).

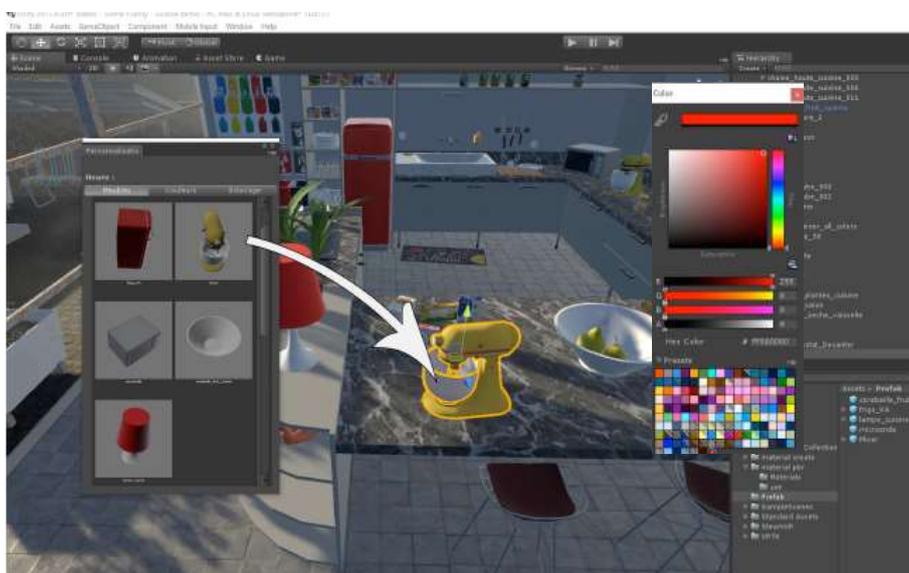


Figure 56. Exemple d'interface de personnalisation rapide de l'environnement virtuel.

Le plan physique de la *VR* induit également une dimension personnelle : la sensibilité des consommateurs à la technologie (Chang et al., 2020; Malbos et al., 2008). Là encore, cette technologie progresse. De nouveaux casques se développent pour limiter « l'effet grille » (Bastien, 2018; Joarson, 2021). Le calcul du logiciel progresse pour limiter les latences entre le mouvement et la réponse visuelle de l'environnement virtuel (Chardonnet et al., 2015; Kemeny et al., 2017). Et des accessoires arrivent peu à peu sur le marché pour limiter le mal du simulateur (*cybersickness*) (Labbe, 2018).

CONCLUSIONS

8 CONCLUSIONS

Grâce à cette thèse, nous constatons la validité de la réalité virtuelle (*VR*) pour recréer une expérience de consommation en études « sensorielles » ou « consommateurs ». Du point de vue de la validité écologique, cet outil technologique présente un fort potentiel immersif. Elle amène ici les consommateurs à un état de présence tout aussi fort qu'en environnement « physique », dans une illusion cross-modale. Dans cette reconstruction perceptive de l'épisode de consommation la *VR* favorise la validité interne de la mesure, en immersion contrôlée. Et dans une identification rigoureuse du contenu médiatique à y implémenter, cet outil pourrait amener, au-delà de l'illusion d'un lieu, à l'illusion d'une expérience quotidienne de consommation.

Cet outil se présente donc d'un grand intérêt métrologique pour le domaine. Il mérite néanmoins encore un temps de développement, pour se généraliser à une plus vaste diversité alimentaire. L'intégration de l'aliment au monde virtuel soulève en effet de nouveaux défis. Mais cette technologie est en constante évolution.

Aujourd'hui la *VR* peut ouvrir de nouvelles perspectives : rétablir le dialogue avec le consommateur, au cœur des phases amont de la conception des produits alimentaires. La *VR* possède en effet le potentiel pour soulever des contraintes là où les autres méthodes de contextualisation de l'expérience ne le peuvent : immerger le consommateur avec un produit qui n'existe pas encore, dans une expérience détaillée et personnalisée, sans mesure explicite dérangeant la tâche réelle de l'épisode évoqué. Demain la *VR* peut être là où les autres méthodes ne pourront pas nous emmener.

Aujourd'hui beaucoup parlent encore de la *VR* en tant que « nouveauté », mais l'idée de « réalité virtuelle » telle qu'amenée par Jaron Lanier en 1985 progresse depuis déjà 36 ans. Le concept n'est pas nouveau, mais aujourd'hui, ce qui n'était hier qu'un rêve commence à prendre forme de réalité, car « tout vient à point à qui sait attendre » et qui sait jusqu'où ira ce rêve demain...

RÉFÉRENCES

A

- Abtahi, P., Landry, B., Yang, J., Pavone, M., Follmer, S., & Landay, J. A. (2019). Beyond the force: Using quadcopters to appropriate objects and the environment for haptics in virtual reality. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–13.
- Albert, R., Patney, A., Luebke, D., & Kim, J. (2017). Latency requirements for foveated rendering in virtual reality. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 14(4), 1–13.
- Allirot, X., Seyssel, K., Saulais, L., Roth, H., Charrié, A., Draï, J., Goudable, J., Blond, E., Disse, E., & Laville, M. (2014). Effects of a breakfast spread out over time on the food intake at lunch and the hormonal responses in obese men. *Physiology & Behavior*, 127, 37–44.
- Ameur, L. A., Trystram, G., & Birlouez-Aragon, I. (2006). Accumulation of 5-hydroxymethyl-2-furfural in cookies during the backing process: Validation of an extraction method. *Food Chemistry*, 98(4), 790–796.
- Ammann, J., Hartmann, C., Peterhans, V., Ropelato, S., & Siegrist, M. (2020). The relationship between disgust sensitivity and behaviour: A virtual reality study on food disgust. *Food Quality and Preference*, 80, 103833. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103833>
- Ammann, J., Stucki, M., & Siegrist, M. (2020). True colours: Advantages and challenges of virtual reality in a sensory science experiment on the influence of colour on flavour identification. *Food Quality and Preference*, 86, 103998.
- Andersen, I. N. S. K., Kraus, A. A., Ritz, C., & Bredie, W. L. P. (2018). Desires for beverages and liking of skin care product odors in imaginative and immersive virtual reality beach contexts. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.027>
- Ares, G., de Saldamando, L., Giménez, A., Claret, A., Cunha, L. M., Guerrero, L., de Moura, A. P., Oliveira, D. C., Symoneaux, R., & Deliza, R. (2015). Consumers' associations with wellbeing in a food-related context: A cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 40, 304–315.
- Ares, G., Giménez, A., Vidal, L., Zhou, Y., Krystallis, A., Tsalis, G., Symoneaux, R., Cunha, L. M., de Moura, A. P., & Claret, A. (2016). Do we all perceive food-related wellbeing in the same way? Results from an exploratory cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 52, 62–73.

Aschemann-Witzel, J., Ares, G., Thøgersen, J., & Monteleone, E. (2019). A sense of sustainability?—How sensory consumer science can contribute to sustainable development of the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, *90*, 180–186.

Auvray, M. (2004). *Immersion et perception spatiale: L'exemple des dispositifs de substitution sensorielle*. Atelier national de Reproduction des Thèses.

B

Backhaus, K., Jasper, J., Westhoff, K., Gausemeier, J., Grafe, M., & Stöcklein, J. (2014). Virtual reality based conjoint analysis for early customer integration in industrial product development. *Procedia CIRP*, *25*, 61–68.

Balan, O., Moldoveanu, F., Morar, A., & Asavei, V. (2014). Experiments on training the sound localization abilities: A systematic review. *The International Scientific Conference ELearning and Software for Education*, *2*, 34.

Ballester, J., Patris, B., Symoneaux, R., & Valentin, D. (2008). Conceptual vs. Perceptual wine spaces: Does expertise matter? *Food Quality and Preference*, *19*(3), 267–276.

Bangcuyo, R. G., Smith, K. J., Zumach, J. L., Pierce, A. M., Guttman, G. A., & Simons, C. T. (2015). The use of immersive technologies to improve consumer testing: The role of ecological validity, context and engagement in evaluating coffee. *Food Quality and Preference*, *41*, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.017>

Barfield, W., & Hendrix, C. (1995). The effect of update rate on the sense of presence within virtual environments. *Virtual Reality*, *1*(1), 3–15.

Bastien. (2018, July 10). *Casques VR: Samsung crée un écran pour supprimer l'effet de grille*. Réalité-Virtuelle.com. <https://www.realite-virtuelle.com/casques-vr-samsung-effet-grille/>

Bates, E. A., McCann, J. J., Kaye, L. K., & Taylor, J. C. (2017). “Beyond words”: A researcher’s guide to using photo elicitation in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *14*(4), 459–481.

Bell, R., Meiselman, H. L., Pierson, B. J., & Reeve, W. G. (1994). Effects of adding an Italian theme to a restaurant on the perceived ethnicity, acceptability, and selection of foods. *Appetite*, *22*(1), 11–24.

Biocca, F., Kim, J., & Choi, Y. (2001). Visual touch in virtual environments: An exploratory study of presence, multimodal interfaces, and cross-modal sensory illusions. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, *10*(3), 247–265.

Bisogni, C. A., Falk, L. W., Madore, E., Blake, C. E., Jastran, M., Sobal, J., & Devine, C. M. (2007). Dimensions of everyday eating and drinking episodes. *Appetite*, *48*(2), 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2006.09.004>

Blancher, G., Lê, S., Sieffermann, J.-M., & Chollet, S. (2008). Comparison of visual appearance and texture profiles of jellies in France and Vietnam and validation of attribute transfer between the two countries. *Food Quality and Preference*, *19*(2), 185–196.

Blumenthal, D., & Masson, M. (2019). *Pourquoi se lancer dans une démarche de formulation raisonnée pour un produit?* Lavoisier.

Bronfenbrenner, U. (1977). Toward an experimental ecology of human development. *American Psychologist*, *32*(7), 513.

C

Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Konrad, R., Göbel, S., & Steinmetz, R. (2019). Real-time body tracking in virtual reality using a Vive tracker. *Virtual Reality*, *23*(2), 155–168.

Chan, S., Li, P., Locketz, G., Salisbury, K., & Blevins, N. H. (2016). High-fidelity haptic and visual rendering for patient-specific simulation of temporal bone surgery. *Computer Assisted Surgery*, *21*(1), 85–101.

Chang, E., Kim, H. T., & Yoo, B. (2020). Virtual reality sickness: A review of causes and measurements. *International Journal of Human–Computer Interaction*, *36*(17), 1658–1682.

Chardonnet, J.-R., Mirzaei, M. A., & Mérienne, F. (2015). Visually induced motion sickness estimation and prediction in virtual reality using frequency components analysis of postural sway signal. *International Conference on Artificial Reality and Telexistence Eurographics Symposium on Virtual Environments*, 9–16.

Cheng, L.-P., Roumen, T., Rantzsch, H., Köhler, S., Schmidt, P., Kovacs, R., Jasper, J., Kemper, J., & Baudisch, P. (2015). Turkdeck: Physical virtual reality based on people. *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology*, 417–426.

Cheskin, L. (1957). *How to predict what people will buy*.

Chicchi Giglioli, I. A., Bermejo Vidal, C., & Alcañiz Raya, M. (2019). A virtual versus an augmented reality cooking task based-tools: A behavioral and physiological study on the assessment of executive functions. *Frontiers in Psychology*, *10*, 2529.

Chollet, S., & Valentin, D. (2001). Impact of training on beer flavor perception and description: Are trained and untrained subjects really different? *Journal of Sensory Studies*, *16*(6), 601–618.

- Chollet, S., Valentin, D., & Abdi, H. (2005). Do trained assessors generalize their knowledge to new stimuli? *Food Quality and Preference*, *16*(1), 13–23.
- Christensen, C. M., Hall, T., Dillon, K., & Duncan, D. S. (2016). Know your customers' jobs to be done. *Harvard Business Review*, *94*(9), 54–62.
- Clanché, F., Muhla, F., Cosson, A., & Gauchard, G. (2017). Les scénarios de réalité virtuelle à l'épreuve de la chute. *29ème Conférence Francophone Sur l'Interaction Homme-Machine*, 12-p.
- Costa, A. I. A., & Jongen, W. M. F. (2006). New insights into consumer-led food product development. *Trends in Food Science & Technology*, *17*(8), 457–465.
- Crumpacker, B. (2006). *The sex life of food: When body and soul meet to eat*. Macmillan.

D

- Dacremont, C., & Sester, C. (2019). Context in food behavior and product experience – a review. *Current Opinion in Food Science*, *27*, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.007>
- Dagher, A., & Petiot, J.-F. (2007). Study of the correlations between user preferences and design factors: Application to cars front-end design. *DS 42: Proceedings of ICED 2007, the 16th International Conference on Engineering Design, Paris, France, 28.-31.07. 2007*, 815-816 (exec. Summ.), full paper no. DS42_P_526.
- De Andrade, J. C., Nalério, É. S., Giongo, C., de Barcellos, M. D., Ares, G., & Deliza, R. (2016). Influence of evoked contexts on rating-based conjoint analysis: Case study with lamb meat. *Food Quality and Preference*, *53*, 168–175.
- De Andrade, J. C., Nalério, E. S., Giongo, C., de Barcellos, M. D., Ares, G., & Deliza, R. (2017). Consumer perception of dry-cured sheep meat products: Influence of process parameters under different evoked contexts. *Meat Science*, *130*, 30–37.
- De Sa, A. G., & Zachmann, G. (1999). Virtual reality as a tool for verification of assembly and maintenance processes. *Computers & Graphics*, *23*(3), 389–403.
- Delarue, J., & Boutrolle, I. (2010). 8—The effects of context on liking: Implications for hedonic measurements in new product development. In S. R. Jaeger & H. MacFie (Eds.), *Consumer-Driven Innovation in Food and Personal Care Products* (pp. 175–218). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845699970.2.175>
- Delarue, J., Brassat, A.-C., Jarrot, F., & Abiven, F. (2019). Taking control of product testing context thanks to a multi-sensory immersive room. A case study on alcohol-free beer. *Food Quality and Preference*, *75*, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.02.012>

Dinh, H. Q., Walker, N., Hodges, L. F., Chang Song, & Kobayashi, A. (1999). Evaluating the importance of multi-sensory input on memory and the sense of presence in virtual environments. *Proceedings IEEE Virtual Reality (Cat. No. 99CB36316)*, 222–228. <https://doi.org/10.1109/VR.1999.756955>

Doctissimo. (2018). *Pokemon Go: Comment expliquer la frénésie autour de ce jeu?* Doctissimo. <https://www.doctissimo.fr/psychologie/developpement-personnel/techno-addict/pokemon-go>

Dorado, R., Chaya, C., Tarrega, A., & Hort, J. (2016). The impact of using a written scenario when measuring emotional response to beer. *Food Quality and Preference*, 50, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.01.004>

E

Eden, A. M., Bargteil, A. W., Goktekin, T. G., Eisinger, S. B., & O'Brien, J. F. (2007). A method for cartoon-style rendering of liquid animations. *Proceedings of Graphics Interface 2007*, 51–55.

Edwards, J. S. A., Meiselman, H. L., Edwards, A., & Lesher, L. (2003). The influence of eating location on the acceptability of identically prepared foods. *Food Quality and Preference*, 14(8), 647–652. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00189-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00189-1)

Eerola, T., & Vuoskoski, J. K. (2013). A Review of Music and Emotion studies: Approaches, Emotion models. *And Stimuli, Review of Emotion and Music Studies, Music Perception*.

Eschevins, A., Giboreau, A., Allard, T., & Dacremont, C. (2018). The role of aromatic similarity in food and beverage pairing. *Food Quality and Preference*, 65, 18–27.

F

Faita, C., Tanca, C., Piarulli, A., Carrozzino, M., Tecchia, F., & Bergamasco, M. (2016). The effect of emotional narrative virtual environments on user experience. *International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics*, 120–132.

Ferrer, M. F. G., Gutiérrez Maldonado, J., & Pla Sanjuanelo, J. (2013). Cue-elicited anxiety and craving for food using virtual reality scenarios. *Studies in Health Technology and Informatics*, 2013, Vol. 191, p. 105-109.

Fink, P. W., Foo, P. S., & Warren, W. H. (2007). Obstacle avoidance during walking in real and virtual environments. *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 4(1), 2-es.

- Firat, H. B., Maffei, L., & Masullo, M. (2021). 3D sound spatialization with game engines: The virtual acoustics performance of a game engine and a middleware for interactive audio design. *Virtual Reality*, 1–20.
- Fuchs, P. (1996). *Les interfaces de la réalité virtuelle*. éditeur AJIIMD.
- Fuchs, P., Moreau, G., & Berthoz, A. (2003). *Le traité de la réalité virtuelle (Vol. 2, Création des environnements virtuels & applications)*. Les Presses de l'École des Mines.
- Fuchs, P., Moreau, G., & Burkhardt, J.-M. (2006). *Le traité de la réalité virtuelle Volume 2- L'interfaçage: L'immersion et l'interaction en environnement virtuel*. Presse des Mines.

G

- Galiñanes Plaza, A., Delarue, J., & Saulais, L. (2019). The pursuit of ecological validity through contextual methodologies. *Food Quality and Preference*, 73, 226–247. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.004>
- Garbez, M., Chéné, Y., Belin, É., Sigogne, M., Labatte, J.-M., Hunault, G., Symoneaux, R., Rousseau, D., & Galopin, G. (2016). Predicting sensorial attribute scores of ornamental plants assessed in 3D through rotation on video by image analysis: A study on the morphology of virtual rose bushes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 121, 331–346.
- Gheorghita, C. C., Grigorovschi, M., & Ciolacu-Miron, D.-E. (2014). Light and emotion: Achieving emotions in landscape architecture by using light. *Bulletin UASVM Horticulture*, 71, 1.
- Giacalone, D., Frøst, M. B., Bredie, W. L., Pineau, B., Hunter, D. C., Paisley, A. G., Beresford, M. K., & Jaeger, S. R. (2015). Situational appropriateness of beer is influenced by product familiarity. *Food Quality and Preference*, 39, 16–27.
- Gómez-Corona, C., Escalona-Buendía, H. B., García, M., Chollet, S., & Valentin, D. (2016). Craft vs. Industrial: Habits, attitudes and motivations towards beer consumption in Mexico. *Appetite*, 96, 358–367.
- Gorini, A., Griez, E., Petrova, A., & Riva, G. (2010). Assessment of the emotional responses produced by exposure to real food, virtual food and photographs of food in patients affected by eating disorders. *Annals of General Psychiatry*, 9(1), 30. <https://doi.org/10.1186/1744-859X-9-30>
- Gouton, M.-A., Dacremont, C., Trystram, G., & Blumenthal, D. (2021). Validation of food visual attribute perception in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 87, 104016. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104016>

Guéguen, N., & Jacob, C. (2014). Coffee cup color and evaluation of a beverage's "warmth quality." *Color Research & Application*, 39(1), 79–81.

H

Han, D. T., Suhail, M., & Ragan, E. D. (2018). Evaluating remapped physical reach for hand interactions with passive haptics in virtual reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(4), 1467–1476.

Hannum, M. E., Forzley, S., Popper, R., & Simons, C. T. (2020). Further validation of the engagement questionnaire (EQ): Do immersive technologies actually increase consumer engagement during wine evaluations? *Food Quality and Preference*, 85, 103966. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103966>

Hannum, M. E., & Simons, C. T. (2020). Development of the engagement questionnaire (EQ): A tool to measure panelist engagement during sensory and consumer evaluations. *Food Quality and Preference*, 81, 103840. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103840>

Hannum, M., Forzley, S., Popper, R., & Simons, C. T. (2019). Does environment matter? Assessments of wine in traditional booths compared to an immersive and actual wine bar. *Food Quality and Preference*, 76, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.04.007>

Hanson-Vaux, G., Crisinel, A.-S., & Spence, C. (2013). Smelling shapes: Crossmodal correspondences between odors and shapes. *Chemical Senses*, 38(2), 161–166.

Harrar, V., Piqueras-Fiszman, B., & Spence, C. (2011). There's more to taste in a coloured bowl. *Perception*, 40(7), 880–882.

Harrar, V., & Spence, C. (2012). A weighty matter: The effect of spoon size and weight on food perception. *Seeing and Perceiving*, 25, 199–199.

Hathaway, D., & Simons, C. T. (2017). The impact of multiple immersion levels on data quality and panelist engagement for the evaluation of cookies under a preparation-based scenario. *Food Quality and Preference*, 57, 114–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.12.009>

Hayashi, E. C., Posada, J. E. G., Maibe, V. R., & Baranauskas, M. C. C. (2016). Exploring new formats of the Self-Assessment Manikin in the design with children. *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, 1–10.

Heeter, C. (1992). Being there: The subjective experience of presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(2), 262–271.

Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2010). Application of a written scenario to evoke a consumption context in a laboratory setting: Effects on hedonic

- ratings. *Food Quality and Preference*, 21(4), 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.10.003>
- Hein, K. A., Hamid, N., Jaeger, S. R., & Delahunty, C. M. (2012). Effects of evoked consumption contexts on hedonic ratings: A case study with two fruit beverages. *Food Quality and Preference*, 26(1), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.02.014>
- Herbeth, N., & Blumenthal, D. (2019). Automobiles in context. In *Context* (pp. 409–430). Elsevier.
- Hersleth, M., Monteleone, E., Segtnan, A., & Næs, T. (2015). Effects of evoked meal contexts on consumers' responses to intrinsic and extrinsic product attributes in dry-cured ham. *Food Quality and Preference*, 40, 191–198.
- Holthuysen, N. T., Vrijhof, M. N., de Wijk, R. A., & Kremer, S. (2017). “Welcome on board”: Overall liking and just-about-right ratings of airplane meals in three different consumption contexts—Laboratory, re-created airplane, and actual airplane. *Journal of Sensory Studies*, 32(2), e12254.
- Honoré-Chedozeau, C., Desmas, M., Ballester, J., Parr, W. V., & Chollet, S. (2019). Representation of wine and beer: Influence of expertise. *Current Opinion in Food Science*, 27, 104–114.
- Hoyer, W. D., Chandy, R., Dorotic, M., Krafft, M., & Singh, S. S. (2010). Consumer cocreation in new product development. *Journal of Service Research*, 13(3), 283–296.
- Huang, F., Huang, J., & Wan, X. (2019). Influence of virtual color on taste: Multisensory integration between virtual and real worlds. *Computers in Human Behavior*, 95, 168–174.
- Huang, F., Qi, Y., Wang, C., & Wan, X. (2020). Show me the color in your mind: A study of color-flavor associations in virtual reality. *Food Quality and Preference*, 85, 103969.
- Huisman, G., Bruijnes, M., & Heylen, D. K. (2016). A moving feast: Effects of color, shape and animation on taste associations and taste perceptions. *Proceedings of the 13th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 1–12.
- Hunter, P. G., & Schellenberg, E. G. (2010). Music and emotion. In *Music perception* (pp. 129–164). Springer.

I

- Ino-VR. (2020). *Toutes les applications VR de travail à distance et collaboratif*. <https://www.ino-vr.com/post/toutes-les-applications-vr-de-travail-%C3%A0-distance-et-collaboratif>

IPQ. (2016). *Igroup Presence Questionnaire*. Survey on Experiences in Virtual Worlds. <http://www.igroup.org/pq/ipq/download.php>

Ischer, M., Baron, N., Mermoud, C., Cayeux, I., Porcherot, C., Sander, D., & Delplanque, S. (2014). How incorporation of scents could enhance immersive virtual experiences. *Frontiers in Psychology*, 5, 736.

J

Jaeger, S. R., Cadena, R. S., Torres-Moreno, M., Antúnez, L., Vidal, L., Gimenez, A., Hunter, D. C., Beresford, M. K., Kam, K., & Yin, D. (2014). Comparison of check-all-that-apply and forced-choice Yes/No question formats for sensory characterisation. *Food Quality and Preference*, 35, 32–40.

Jaeger, S. R., Fiszman, S., Reis, F., Chheang, S. L., Kam, K., Pineau, B., Deliza, R., & Ares, G. (2017). Influence of evoked contexts on hedonic product discrimination and sensory characterizations using CATA questions. *Food Quality and Preference*, 56, 138–148.

Jaeger, S. R., Lee, P.-Y., Jin, D., Chheang, S. L., Rojas-Rivas, E., & Ares, G. (2019). The item-by-use (IBU) method for measuring perceived situational appropriateness: A methodological characterisation using CATA questions. *Food Quality and Preference*, 78, 103724.

Jaeger, S. R., & Porcherot, C. (2017). Consumption context in consumer research: Methodological perspectives. *Current Opinion in Food Science*, 15, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.05.001>

Jesionkowska, K., Sijtsema, S., Simoneaux, R., Konopacka, D., & Plocharski, W. (2008). Preferences and consumption of dried fruit and dried fruit products among Dutch, French and Polish consumers. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16, 261–274.

Jimenez, M. (1997). *La psychologie de la perception*. FeniXX.

Joarson. (2021, January 10). *Facebook: Des études pour masquer l'effet de grille (SDE) en VR*. Réalité-Virtuelle.com. <https://www.realite-virtuelle.com/facebook-etudes-masquer-effet-sde-vr/>

Juslin, P. N., & Sloboda, J. A. (2013). *Music and emotion*.

K

Kadri, A. (2007). *Contribution de la réalité virtuelle à l'évaluation de produits, dans les phases amonts du processus de conception* [PhD Thesis]. Université d'Angers.

- Kelly, J. C., Maheut, P., Petiot, J.-F., & Papalambros, P. Y. (2011). Incorporating user shape preference in engineering design optimisation. *Journal of Engineering Design*, 22(9), 627–650.
- Kemeny, A., George, P., Mérienne, F., & Colombet, F. (2017). New vr navigation techniques to reduce cybersickness. *Electronic Imaging*, 2017(3), 48–53.
- Kim, S.-E., Lee, S. M., & Kim, K.-O. (2016). Consumer acceptability of coffee as affected by situational conditions and involvement. *Food Quality and Preference*, 52, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.04.008>
- Kim, T. (2020). The Racist Legacy of Computer-Generated Humans. *Scientific American*.
- Kim, T., & Biocca, F. (1997). Telepresence via Television: Two Dimensions of Telepresence May Have Different Connections to Memory and Persuasion.[1]. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 3(JCMC325). <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00073.x>
- Kim, T., Rushmeier, H., Dorsey, J., Nowrouzezahrai, D., Syed, R., Jarosz, W., & Darke, A. M. (2021). Countering Racial Bias in Computer Graphics Research. *ArXiv Preprint ArXiv:2103.15163*.
- Konečni, V. J. (2008). Does music induce emotion? A theoretical and methodological analysis. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2(2), 115.
- Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: Some often encountered fallacies. *Food Quality and Preference*, 14(5–6), 359–373.
- Köster, E. P., & Mojet, J. (2007). Boredom and the reasons why some new food products fail. *Consumer-Led Food Product Development*, 262–280.
- Köster, E. P., & Mojet, J. (2015). From mood to food and from food to mood: A psychological perspective on the measurement of food-related emotions in consumer research. *Food Research International*, 76, 180–191.
- Koza, B. J., Cilmi, A., Dolese, M., & Zellner, D. A. (2005). Color enhances orthonasal olfactory intensity and reduces retronasal olfactory intensity. *Chemical Senses*, 30(8), 643–649.
- Kück, H., Vogelgsang, C., & Greiner, G. (2002). Simulation and Rendering of Liquid Foams. *Graphics Interface*, 2002, 81–88.

L

- Labbe, P. (2018, January 25). *Boarding VAR: Une solution logicielle contre les nausées en réalité virtuelle*. Réalité-Virtuelle.com. <https://www.realite-virtuelle.com/boarding-var-nausees-realite-virtuelle/>

- Lachal, J., Speranza, M., Taïeb, O., Falissard, B., Lefèvre, H., Moro, M.-R., & Revah-Levy, A. (2012). Qualitative research using photo-elicitation to explore the role of food in family relationships among obese adolescents. *Appetite*, *58*(3), 1099–1105.
- Lawson, G., Herriotts, P., Malcolm, L., Gabrecht, K., & Hermawati, S. (2015). The use of virtual reality and physical tools in the development and validation of ease of entry and exit in passenger vehicles. *Applied Ergonomics*, *48*, 240–251.
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E., & Davidoff, J. (2001). A cross-media presence questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, *10*(3), 282–297.
- Li, Y., Ru, T., Chen, Q., Qian, L., Luo, X., & Zhou, G. (2021). Effects of illuminance and correlated color temperature of indoor light on emotion perception. *Scientific Reports*, *11*(1), 1–12.
- Lichters, M., Möslein, R., Sarstedt, M., & Scharf, A. (2021). Segmenting consumers based on sensory acceptance tests in sensory labs, immersive environments, and natural consumption settings. *Food Quality and Preference*, *89*, 104138. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104138>
- Liechti, C., Saint-Eve, A., Aubry, L., Riesi, V., Souchon, I., Bosc, V., & Delarue, J. (2020). A lever against childhood obesity: A multi-criteria approach for a healthy and appreciated cookie by reformulation. *9. European Conference on Sensory and Consumer Research (Eurosense)*.
- Liu, R., Hooker, N. H., Parasidis, E., & Simons, C. T. (2017). A Natural Experiment: Using Immersive Technologies to Study the Impact of “All-Natural” Labeling on Perceived Food Quality, Nutritional Content, and Liking. *Journal of Food Science*, *82*(3), 825–833.
- Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the heart of it all: The concept of presence. *Journal of Computer-Mediated Communication*, *3*(2), JCMC321.
- Lombard, M., Reich, R., Grabe, M., Bracken, C., & Ditton, T. (2000). Presence and television. *Human Communication Research*, *26*(1), 75–98. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2000.tb00750.x>
- Lopes, P., You, S., Cheng, L.-P., Marwecki, S., & Baudisch, P. (2017). Providing haptics to walls & heavy objects in virtual reality by means of electrical muscle stimulation. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1471–1482.
- Luo, W., Xing, J., Milan, A., Zhang, X., Liu, W., & Kim, T.-K. (2021). Multiple object tracking: A literature review. *Artificial Intelligence*, *293*, 103448.

Lusk, K. A., Hamid, N., Delahunty, C. M., & Jaeger, S. R. (2015). Effects of an evoked refreshing consumption context on hedonic responses to apple juice measured using best–worst scaling and the 9-pt hedonic category scale. *Food Quality and Preference*, *43*, 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.007>

M

Madoumier, M., Trystram, G., Sébastien, P., & Collignan, A. (2019). Towards a holistic approach for multi-objective optimization of food processes: A critical review. *Trends in Food Science & Technology*, *86*, 1–15.

Makransky, G., Lilleholt, L., & Aaby, A. (2017). Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. *Computers in Human Behavior*, *72*, 276–285.

Makris, S., Rentzos, L., Pintzos, G., Mavrikios, D., & Chryssolouris, G. (2012). Semantic-based taxonomy for immersive product design using VR techniques. *CIRP Annals*, *61*(1), 147–150.

Malbos, E., Mestre, D. R., Note, I. D., & Gellato, C. (2008). Virtual reality and claustrophobia: Multiple components therapy involving game editor virtual environments exposure. *CyberPsychology & Behavior*, *11*(6), 695–697.

Masson, M., Delarue, J., & Blumenthal, D. (2017). An observational study of refrigerator food storage by consumers in controlled conditions. *Food Quality and Preference*, *56*, 294–300.

Mattatia, F. (2021). *RGPD et droit des données personnelles*. Editions Eyrolles.

Meehan, M., Razzaque, S., Insko, B., Whitton, M., & Brooks, F. P. (2005). Review of Four Studies on the Use of Physiological Reaction as a Measure of Presence in Stressful Virtual Environments. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, *30*(3), 239–258. <https://doi.org/10.1007/s10484-005-6381-3>

Meiselman, H. L. (1992). *Obstacles to studying real people eating real meals in real situations*.

Meiselman, H. L. (2019). *Context: The effects of environment on product design and evaluation*. Woodhead Publishing.

Melendrez-Ruiz, J., Goisbault, I., Charrier, J.-C., Pagnat, K., Dujourdy, L., Arvisenet, G., & Chambaron, S. (2021). An Exploratory Study Combining Eye-Tracking and Virtual Reality: Are Pulses Good “Eye-Catchers” in Virtual Supermarket Shelves? *Frontiers in Virtual Reality*, *2*, 68.

- Mestre, D. R. (2018). Presence in Virtual Reality: Insights from fundamental and applied research. *Electronic Imaging*, 2018(3), 433-1-433–435.
- Mestre, D. R., Fuchs, P., Berthoz, A., & Vercher, J. L. (2006). Immersion et présence. *Le Traité de La Réalité Virtuelle*. Paris: Ecole Des Mines de Paris, 309–338.
- Meta. (2021, November 16). Inside Reality Labs Research: Bringing Touch to the Virtual World. *Meta*. <https://about.fb.com/news/2021/11/reality-labs-haptic-gloves-research/>
- Meyners, M., Castura, J. C., & Carr, B. T. (2013). Existing and new approaches for the analysis of CATA data. *Food Quality and Preference*, 30(2), 309–319.
- Miaskiewicz, T., & Kozar, K. A. (2011). Personas and user-centered design: How can personas benefit product design processes? *Design Studies*, 32(5), 417–430.
- Microsoft. (2021). *HoloLens 2: Découvrir les caractéristiques et les fonctionnalités - Microsoft HoloLens 2*. Microsoft Store. <https://www.microsoft.com/fr-fr/d/hololens-2/91pnzzznzwcpc>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321–1329.
- Mills, S., White, M., Wrieden, W., Brown, H., Stead, M., & Adams, J. (2017). Home food preparation practices, experiences and perceptions: A qualitative interview study with photo-elicitation. *PloS One*, 12(8), e0182842.
- Mirabito, A., Oliphant, M., Van Doorn, G., Watson, S., & Spence, C. (2017). Glass shape affects the perceived taste of beer. *Food Quality and Preference*, 62.
- Mokaddem, S. (2016). *Analyse de l'échec des innovations dans un marché en émergence: Approche intégratrice aux niveaux individuel et collectif*. Université Paris-Est.
- Mori, M., MacDorman, K. F., & Kageki, N. (2012). The Uncanny Valley [From the Field]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 19(2), 98–100. <https://doi.org/10.1109/MRA.2012.2192811>
- Murray, C. D., Bowers, J. M., West, A. J., Pettifer, S., & Gibson, S. (2000). Navigation, Wayfinding, and Place Experience within a Virtual City. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 435–447. <https://doi.org/10.1162/105474600566934>

N

- Nacef, M., Lelièvre-Desmas, M., Symoneaux, R., Jombart, L., Flahaut, C., & Chollet, S. (2019). Consumers' expectation and liking for cheese: Can familiarity effects resulting from regional differences be highlighted within a country? *Food Quality and Preference*, 72, 188–197.

- Narumi, T., Nishizaka, S., Kajinami, T., Tanikawa, T., & Hirose, M. (2011). Meta Cookie+: An Illusion-Based Gustatory Display. In R. Shumaker (Ed.), *Virtual and Mixed Reality—New Trends* (pp. 260–269). Springer Berlin Heidelberg.
- Negüzel, F. K., & Mil, B. (2021). Chapter XX virtual reality in gastronomy: Evaluation of reality theories. *The Evaluations and Researches in Social Sciences and Humanities*, 378.
- Ngo, M. K., Velasco, C., Salgado, A., Boehm, E., O’Neill, D., & Spence, C. (2013). Assessing crossmodal correspondences in exotic fruit juices: The case of shape and sound symbolism. *Food Quality and Preference*, 28(1), 361–369.
- Nilsson, N. C., Serafin, S., Steinicke, F., & Nordahl, R. (2018). Natural walking in virtual reality: A review. *Computers in Entertainment (CIE)*, 16(2), 1–22.
- Normand, J.-M., Giannopoulos, E., Spanlang, B., & Slater, M. (2011). Multisensory stimulation can induce an illusion of larger belly size in immersive virtual reality. *PloS One*, 6(1), e16128.

O

- O’Brien, H. L., & Toms, E. G. (2010). The development and evaluation of a survey to measure user engagement. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(1), 50–69. <https://doi.org/10.1002/asi.21229>
- Oku, H., Uji, T., Zhang, Y., & Shibahara, K. (2018). Edible fiducial marker made of edible retroreflector. *Computers & Graphics*, 77, 156–165.
- Ouellet, É., Boller, B., Corriveau-Lecavalier, N., Cloutier, S., & Belleville, S. (2018). The Virtual Shop: A new immersive virtual reality environment and scenario for the assessment of everyday memory. *Journal of Neuroscience Methods*, 303, 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.03.010>

P

- Patney, A., Salvi, M., Kim, J., Kaplanyan, A., Wyman, C., Benty, N., Luebke, D., & Lefohn, A. (2016). Towards foveated rendering for gaze-tracked virtual reality. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 35(6), 1–12.
- Perret, J., & Vander Poorten, E. (2018). Touching virtual reality: A review of haptic gloves. *ACTUATOR 2018; 16th International Conference on New Actuators*, 1–5.

- Perrot, N., Ioannou, I., Allais, I., Curt, C., Hossenlopp, J., & Trystram, G. (2006). Fuzzy concepts applied to food product quality control: A review. *Fuzzy Sets and Systems*, *157*(9), 1145–1154.
- Perrot, N., Trelea, I.-C., Baudrit, C., Trystram, G., & Bourguine, P. (2011). Modelling and analysis of complex food systems: State of the art and new trends. *Trends in Food Science & Technology*, *22*(6), 304–314.
- Persky, S., Goldring, M. R., Turner, S. A., Cohen, R. W., & Kistler, W. D. (2018). Validity of assessing child feeding with virtual reality. *Appetite*, *123*, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2017.12.007>
- Petiot, J.-F., & Grognet, S. (2006). Product design: A vectors field-based approach for preference modelling. *Journal of Engineering Design*, *17*(03), 217–233.
- Pickard, A., Thibaut, J.-P., & Laffraire, J. (2021). Strawberries and Cream: The Relationship Between Food Rejection and Thematic Knowledge of Food in Young Children. *Frontiers in Psychology*, *12*, 280.
- Piqueras-Fiszman, B., & Jaeger, S. R. (2014a). Emotion responses under evoked consumption contexts: A focus on the consumers' frequency of product consumption and the stability of responses. *Food Quality and Preference*, *35*, 24–31.
- Piqueras-Fiszman, B., & Jaeger, S. R. (2014b). The impact of evoked consumption contexts and appropriateness on emotion responses. *Food Quality and Preference*, *32*, 277–288. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.09.002>
- Podkosova, I., & Kaufmann, H. (2018). Mutual collision avoidance during walking in real and collaborative virtual environments. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, 1–9.
- Poirson, E., Petiot, J.-F., & Blumenthal, D. (2020). Interactive Genetic Algorithm to Collect User Perceptions. Application to the Design of Stemmed Glasses. In *Nature-Inspired Methods for Metaheuristics Optimization* (pp. 35–51). Springer.
- Poirson, E., Petiot, J.-F., Boivin, L., & Blumenthal, D. (2013). Eliciting user perceptions using assessment tests based on an interactive genetic algorithm. *Journal of Mechanical Design*, *135*(3), 031004.
- Poirson, E., Petiot, J.-F., & Gilbert, J. (2007). *Integration of user perceptions in the design process: Application to musical instrument optimization*.
- Porcherot, C., Delplanque, S., Gaudreau, N., Ischer, M., De Marles, A., & Cayeux, I. (2018). Immersive Techniques and Virtual Reality. In *Methods in Consumer Research, Volume 2* (pp. 69–83). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101743-2.00003-0>

Porcherot, C., Delplanque, S., Raviot-Derrien, S., Le Calvé, B., Chrea, C., Gaudreau, N., & Cayeux, I. (2010). How do you feel when you smell this? Optimization of a verbal measurement of odor-elicited emotions. *Food Quality and Preference*, 21(8), 938–947.

R

Ranasinghe, N., Tolley, D., Nguyen, T. N. T., Yan, L., Chew, B., & Do, E. Y.-L. (2019). Augmented Flavours: Modulation of Flavour Experiences Through Electric Taste Augmentation. *Special Issue on "Virtual Reality and Food: Applications in Sensory and Consumer Science"*, 117, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.030>

Roque, J., Lafraire, J., & Auvray, M. (2020). Audiovisual crossmodal correspondence between bubbles' size and pouring sounds' pitch in carbonated beverages. *Foods*, 9(8), 966.

Roque, J., Lafraire, J., Spence, C., & Auvray, M. (2018). The influence of audiovisual stimuli cuing temperature, carbonation, and color on the categorization of freshness in beverages. *Journal of Sensory Studies*, 33(6), e12469.

S

Saluja, S., & Stevenson, R. J. (2018). Cross-modal associations between real tastes and colors. *Chemical Senses*, 43(7), 475–480.

Schmuckler, M. A. (2001). What Is Ecological Validity? A Dimensional Analysis. *Infancy*, 2(4), 419–436. https://doi.org/10.1207/S15327078IN0204_02

Schnack, A., Wright, M. J., & Holdershaw, J. L. (2019). Immersive virtual reality technology in a three-dimensional virtual simulated store: Investigating telepresence and usability. *Food Research International*, 117, 40–49.

Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999a). Embodied presence in virtual environments. In *Visual representations and interpretations* (pp. 269–278). Springer.

Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (2001). The experience of presence: Factor analytic insights. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 10(3), 266–281.

Schubert, T., Friedmann, F., & Regenbrecht, H. (1999b). Decomposing the sense of presence: Factor analytic insights. *2nd International Workshop on Presence, 1999*.

Seo, H.-S., Arshamian, A., Schemmer, K., Scheer, I., Sander, T., Ritter, G., & Hummel, T. (2010). Cross-modal integration between odors and abstract symbols. *Neuroscience Letters*, 478(3), 175–178.

Sester, C., Deroy, O., Sutan, A., Galia, F., Desmarchelier, J.-F., Valentin, D., & Dacremont, C. (2013). “Having a drink in a bar”: An immersive approach to explore the effects of

- context on drink choice. *Food Quality and Preference*, 28(1), 23–31.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.07.006>
- Shankar, M. U., Levitan, C. A., Prescott, J., & Spence, C. (2009). The influence of color and label information on flavor perception. *Chemosensory Perception*, 2(2), 53–58.
- Shankar, M. U., Levitan, C. A., & Spence, C. (2010). Grape expectations: The role of cognitive influences in color–flavor interactions. *Consciousness and Cognition*, 19(1), 380–390.
- Sheridan, T. B. (1992). Musings on telepresence and virtual presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(1), 120–126.
- Shermer, D. Z., & Levitan, C. A. (2014). Red hot: The crossmodal effect of color intensity on perceived piquancy. *Multisensory Research*, 27(3–4), 207–223.
- Sibeoni, J., Costa-Drolon, E., Poulmarc’h, L., Colin, S., Valentin, M., Pradère, J., & Revah-Levy, A. (2017). Photo-elicitation with adolescents in qualitative research: An example of its use in exploring family interactions in adolescent psychiatry. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 11(1), 1–11.
- Siegrist, M., Ung, C.-Y., Zank, M., Marinello, M., Kunz, A., Hartmann, C., & Menozzi, M. (2019). Consumers’ food selection behaviors in three-dimensional (3D) virtual reality. *Food Research International*, 117, 50–59.
- Simeone, A. L., Velloso, E., & Gellersen, H. (2015). Substitutional reality: Using the physical environment to design virtual reality experiences. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3307–3316.
- Sinesio, F., Moneta, E., Porcherot, C., Abbà, S., Dreyfuss, L., Guillamet, K., Bruyninckx, S., Laporte, C., Henneberg, S., & McEwan, J. A. (2019). Do immersive techniques help to capture consumer reality? *Food Quality and Preference*, 77, 123–134.
<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.004>
- Sinesio, F., Saba, A., Peparaio, M., Saggia Civitelli, E., Paoletti, F., & Moneta, E. (2018). Capturing consumer perception of vegetable freshness in a simulated real-life taste situation. *Food Research International*, 105, 764–771.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.073>
- Sketchfab. (2015). *Cookies—Buy Royalty Free 3D model by Gargore (@gargore) [d8d5b9e]*.
<https://sketchfab.com/models/d8d5b9ebdd1141cb9e6a144561f69240/embed?autostart=1>
- Slater, M., Usoh, M., & Chrysanthou, Y. (1995). The influence of dynamic shadows on presence in immersive virtual environments. In *Virtual environments’ 95* (pp. 8–21). Springer.

- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603–616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Smith, K., Gatica-Perez, D., Odobez, J.-M., & Ba, S. (2005). Evaluating multi-object tracking. *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)-Workshops*, 36–36.
- Ssk. (2017). *Project Nourished A Gastronomical Virtual Reality Experience*. <https://www.youtube.com/watch?v=CjCVG4KVjgE>
- Statham, N. (2018). Use of Photogrammetry in Video Games: A Historical Overview. *Games and Culture*, 1555412018786415. <https://doi.org/10.1177/1555412018786415>
- Steele, K., Cline, D., Egbert, P. K., & Dinerstein, J. (2004). Modeling and rendering viscous liquids. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 15(3-4), 183–192.
- Stelick, A., Penano, A. G., Riak, A. C., & Dando, R. (2018). Dynamic Context Sensory Testing—A Proof of Concept Study Bringing Virtual Reality to the Sensory Booth. *Journal of Food Science*, 83(8), 2047–2051. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14275>
- Sugrue, M., & Dando, R. (2018). Cross-modal influence of colour from product and packaging alters perceived flavour of cider. *Journal of the Institute of Brewing*, 124(3), 254–260.
- Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77–90.

T

- Temple, N. J., & Nowrouzi, B. (2013). Buffets and obesity. *Clinical Nutrition*, 32(4), 664–665.
- The escape lab'Paris. (2021). *Eclipse VR 4D | ESCAPE LAB PARIS*. <https://www.escapelab.fr/en/eclipse-vr-4d/>
- Thibaut, J.-P., Lafraire, J., & Foinant, D. (2020). A time for a meal? Children's conceptions of short-term and long-term effects of foods. *Cognitive Development*, 55, 100885.

U

- Uji, T., Zhang, Y., & Oku, H. (2017). Edible retroreflector. *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1–8.
- Ullman, S. (2020). *Virtual reality vs. 360 video created: By Sarah Ullman for the Jungle*. <https://touchstoneresearch.com/infographic-virtual-reality-vs-360-videos/>

- Ung, C.-Y., Menozzi, M., Hartmann, C., & Siegrist, M. (2018). Innovations in consumer research: The virtual food buffet. *Food Quality and Preference*, 63, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.007>
- Unity Technologies. (2019). *Unity Manual*. <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>
- UQO, L. de C. (2002). *Questionnaire sur l'État de Présence (QEP)*. http://w3.uqo.ca/cyberpsy/wp-content/uploads/2019/04/QEP_vf.pdf
- Usoh, M., Arthur, K., Whitton, M. C., Bastos, R., Steed, A., Slater, M., & Brooks Jr, F. P. (1999). Walking> walking-in-place> flying, in virtual environments. *Proceedings of the 26th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 359–364.
- Usoh, M., Catena, E., Arman, S., & Slater, M. (2000). Using Presence Questionnaires in Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 497–503. <https://doi.org/10.1162/105474600566989>

V

- Valentin, D., Chollet, S., & Abdi, H. (2003). Les mots du vin: Experts et novices diffèrent-ils quand ils décrivent des vins? *Corpus*, 2.
- Van der Wal, G., Dull, D. B., Martinez, E. F., & De Wild, V. W. T. (2020). Exploring seasonal context using immersive technology: A study on the application of virtual reality technology in consumer research. 9. *European Conference on Sensory and Consumer Research (Eurosense)*.
- Van Herpen, E., Immink, V., & van den Puttelaar, J. (2016). Organics unpacked: The influence of packaging on the choice for organic fruits and vegetables. *Food Quality and Preference*, 53, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.011>
- Van Kleef, E., Van Trijp, H. C., & Luning, P. (2005). Consumer research in the early stages of new product development: A critical review of methods and techniques. *Food Quality and Preference*, 16(3), 181–201.
- Van Rompay, T. J., Finger, F., Saakes, D., & Fenko, A. (2017). “See me, feel me”: Effects of 3D-printed surface patterns on beverage evaluation. *Food Quality and Preference*, 62, 332–339.
- Velasco, C., & Obrist, M. (2020). *Multisensory Experiences: Where the senses meet technology*. Oxford University Press.

Velasco, C., Woods, A. T., Deroy, O., & Spence, C. (2015). Hedonic mediation of the crossmodal correspondence between taste and shape. *Food Quality and Preference*, *41*, 151–158.

Velázquez, A. L., Vidal, L., Varela, P., & Ares, G. (2020). Cross-modal interactions as a strategy for sugar reduction in products targeted at children: Case study with vanilla milk desserts. *Food Research International*, *130*, 108920.

VOA News. (2020). *A New Frontier: How to Taste and Eat Food in Virtual Reality*. <https://www.youtube.com/watch?v=vmDdn-n-R-8>

W

Wang, Q. J., Meyer, R., Waters, S., & Zendle, D. (2020). A dash of virtual milk: Altering product color in virtual reality influences flavor perception of cold-brew coffee. *Frontiers in Psychology*, *11*, 3491.

Watts, B. M., Ylimaki, G. L., Jeffery, L. E., & Elias, L. G. (1989). *Basic sensory methods for food evaluation*. IDRC, Ottawa, ON, CA.

Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Saari, T., Laarni, J., Ravaja, N., & Gouveia, F. R. (2007). A process model of the formation of spatial presence experiences. *Media Psychology*, *9*(3), 493–525.

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *7*(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>

Y

Yeomans, M. R., Chambers, L., Blumenthal, H., & Blake, A. (2008). The role of expectancy in sensory and hedonic evaluation: The case of smoked salmon ice-cream. *Food Quality and Preference*, *19*(6), 565–573.

Yilmaz, A., Javed, O., & Shah, M. (2006). Object tracking: A survey. *Acm Computing Surveys (CSUR)*, *38*(4), 13-es.

Z

Zahorik, P., & Jenison, R. L. (1998). Presence as being-in-the-world. *Presence*, *7*(1), 78–89.

Zhang, L., & van der Maaten, L. (2013). Structure preserving object tracking. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1838–1845.

ANNEXES

Annexe 1. Exemples de manipulations contextuelles en études « sensorielles et consommateurs ».

REFERENCE	CONTEXTE EVOQUE	CONSUMMATION ALIMENTAIRE	MOYEN D'EVOCACTION	PERCEPTIF / CONCEPTUEL	DIMENSIONS	MODULATIONS	ORIGINE DE LA CONSTRUCTION DU CONTEXTE <i>(réflexion en amont)</i>
Ammann, Hartmann, et al. (2020)	Evocation du dégoût (<i>défécation d'un chien, épisode non alimentaire pour une consommation de chocolat</i>)	OUI	VR "mixed" (Combinaison d'un casque VR HTC Vive, tracking des mains à l'aide d'un LeapMotion et synchronisation des positions réelle et virtuelle du chocolat)		ALIMENTS & BOISSONS : TEMPS : LIEU : Herbe ACTIVITES : Passage d'un chien ENTOURAGE SOCIAL : Passage d'un chien ETAT MENTAL : Objectif de manipulation du dégoût CONDITION PHYSIQUE : RECURRENCE :		Sur la base informative de la stimulation du dégoût (excréments)
Andersen et al. (2018)	A la plage	NON	Evocation photo / Evocation VR-360 (casque Samsung Gear VR avec Samsung Galaxy S7 et casque audio Sennheiser HD 428) / Control (box non contextualisé)	Visuel, Sonore	ALIMENTS & BOISSONS : TEMPS : Etude menée <i>sur le temps de travail (non cohérent avec le contexte)</i> , l'après-midi de 13h à 16h (en cohérence avec le contexte) LIEU : Stabilisation de la température et de la lumière du laboratoire (rideaux, éclairages contrôlés), participants installés dans un fauteuil imitant le confort d'une chaise longue, visuel d'une plage isolée et ensoleillée (en VR et en photo) / En vidéo 360° : mouvement des vagues et scintillement du soleil, vue sur le ciel en levant la tête, vue sur le sable en baissant le regard, face à l'océan, dos aux falaises, accompagnée du son des vagues, de l'océan (en VR uniquement) ACTIVITES : ENTOURAGE SOCIAL : ETAT MENTAL : CONDITION PHYSIQUE : Demande aux participants de ne pas boire, ni manger 1h30 à 2h avant la séance de test, et évaluation à leur arrivée de leur état de faim et soif [<i>contrôle / régulation, mesure</i>] RECURRENCE :		Origine de la sélection des stimuli contextuels non précisée <i>Pour les produits évalués (odeurs) sélection de deux crèmes de soin pour la peau, d'odeurs distinctes dont l'une est d'usage congruent au contexte évoqué (crème solaire) et l'autre non (lotion ordinaire)</i>

REFERENCE	CONTEXTE EVOQUE	CONSOMMATION ALIMENTAIRE	MOYEN D'EVOCACTION	PERCEPTIF / CONCEPTUEL	DIMENSIONS	MODULATIONS	ORIGINE DE LA CONSTRUCTION
Bangcuyo et al. (2015)	(Bar-)café	OUI	Salle immersive (regardée en comparaison des box sous lumière rouge, gommant les différences entre les produits)	Visuel, Sonore (<i>mur d'écrans et hautparleurs</i>), Olfactif (<i>produits d'accompagnements</i>)	ALIMENTS & BOISSONS :	Café choisi sur les standards de qualité pour le lieu évoqué; odeurs de rouleaux à la cannelle	Film ambiant (visuel et sonore) réalisé dans un vrai café
					TEMPS :		
					LIEU :	Vidéo du lieu café en arrière-plan (bar), emplacement à une table sélectionnée en cohérent avec le décor du café et dégustation en tasses ; produits servis "chauds"	
					ACTIVITES :	<i>Dégustation parallèle à l'évaluation explicite des produits testés</i>	
					ENTOURAGE SOCIAL :	Garçon de café visible dans la vidéo en arrière-plan, actif derrière le comptoir ; <i>participants isolés des expérimentateurs derrière un miroir sans tain</i>	
					ETAT MENTAL :	<i>Récompense/ Indemnisation carte cadeau</i>	
					CONDITION PHYSIQUE :		
RECURRENCE :	Consommateurs habitués à ce type de lieu (cafés) ; répétition de la séance à 1 mois d'intervalle						
Chicchi Giglioli et al. (2019)	En cuisine	NON	VR (<i>casque HTC Vive</i>) / AR (dans une vraie cuisine, avec des <i>HoloLens Microsoft</i>)	Visuel, Sémantique, Interactif	ALIMENTS & BOISSONS :	Design d'aliments virtuels	<i>Non spécifiée</i>
					TEMPS :		
					LIEU :	Cuisine et accessoires : complètement virtuels en VR ; cuisine réelle et superposition d'accessoires virtuels en AR)	
					ACTIVITES :	Cuisiner une série d'aliments en évitant de les brûler, mettre la table et suivre les instructions textuelles	
					ENTOURAGE SOCIAL :		
					ETAT MENTAL :		
					CONDITION PHYSIQUE :		
RECURRENCE :							
Delarue et al. (2019)	Consommation de bières sur une plage tropicale ou en boîte de nuit	OUI	Salles immersives (regardées en comparaison des cabines sensorielles)	Visuel, Sonore, Olfactif, Gustatif (<i>produit testé</i>), Tactile (<i>air sur la peau</i>)	ALIMENTS & BOISSONS :	Bières sans alcools représentatives de leur catégorie, servis fraîches et tout juste décapsulées, présentées dans leurs bouteilles d'origines, accompagnées d'un verre à bière vide, et d'un bol de crackers à grignoter	<i>Non spécifiée</i>
					TEMPS :	<i>Étude menée entre 11h30 et 19h15. (peu congruent au contexte : trop tôt pour le contexte de boîte de nuit ; un peu tard pour le grand soleil de la plage)</i>	
					LIEU :	Espace de 16m2, avec écran géant incurvé 160° : Vidéo d'un Boite de nuit bondée, musique en fond sonore et une odeur de cocktail (<i>pinacolada</i>), brume, lumières tamisées et spots colorées, tables hautes de bars / ou vidéo d'une plage tropicale calme, son des mouettes et des vagues en fond sonore, odeur de mer et de crème solaire, brise d'air frais, lumière chaude, transat et table basse	
					ACTIVITES :	<i>Dégustation parallèle à l'évaluation explicite des produits testés</i>	
					ENTOURAGE SOCIAL :	Séances collectives, interactions entre participants (inconnus) possibles et avatar à l'écran.	
					ETAT MENTAL :		
					CONDITION PHYSIQUE :		
RECURRENCE :	<i>Consommateurs réguliers du produit</i>						

REFERENCE	CONTEXTE EVOQUE	CONSOMMATION ALIMENTAIRE	MOYEN D'EVOCATION	PERCEPTIF / CONCEPTUEL	DIMENSIONS	MODULATIONS	ORIGINE DE LA CONSTRUCTION
Faita et al. (2016)	Scénarios émotionnels (joie, dégoût, peur) vs narratifs	NON	VR (casque Oculus Rift DK2)	Visuel, Sonore	ALIMENTS & BOISSONS :		Départ d'une banque d'images émotionnelles, pour la construction de scénarios émotionnels
					TEMPS :	EPISODE "JOIE" : Démarrage de la scène pendant le jeu de ballon de deux enfants /EPISODE "DEGOUT" : Démarrage de la scène après une bagarre entre rats /EPISODE "PEUR" : Démarrage de la scène après un tremblement de terre, l'homme sur le pont perd l'équilibre	
					LIEU :	EPISODE "JOIE" : Endroit vert, balançoires, grande aire de jeux, montgolfière dans le ciel bleu, au milieu d'un grand parc ouvert sur quelques arbres, pelouse doucement agitée sous le vent, fond sonore d'oiseaux /EPISODE "DEGOUT" : Allée sombre, entourée de bâtiments, grande quantité de poubelles pleines sur le sol, ciel nuageux, fond sonore de murmures et de bruits de voitures /EPISODE "PEUR" : Montagnes près d'un pont tibétain, reliant deux montagnes, un homme marche sur ce pont, ciel nuageux, fort brouillard, orage et vent en fond sonore	
					ACTIVITES :		
					ENTOURAGE SOCIAL :	EPISODE "JOIE" : Présence d'enfants (avatars) /EPISODE "DEGOUT" : Présence de rats (avatars) /EPISODE "PEUR" : Présence d'un autre passant (avatar)	
					ETAT MENTAL :	Objectif de manipulation de la joie, du dégoût, de la peur	
					CONDITION PHYSIQUE :	Objectif de manipulation d'états de joie, de dégoût, de peur	
RECURRENCE :							
Ferrer et al. (2013)	Environnements simulant une prise alimentaire ('cuisine - basses calories' ; 'cuisine - hautes calories' ; 'restaurant - basses calories' ; 'restaurant - hautes calories')	NON	Présentation d'environnement virtuels à l'écran, via un logiciel d'effet stéréoscopique (traité par lunettes polarisées)	Visuel	ALIMENTS & BOISSONS :		Non spécifiée
					TEMPS :	Aliments de fortes ou basses calories (présentation visuelle, peu détaillée)	
					LIEU :	Cuisine, ou restaurant	
					ACTIVITES :		
					ENTOURAGE SOCIAL :		
					ETAT MENTAL :	Participations d'étudiants en retour de crédits de cours	
					CONDITION PHYSIQUE :	Contrôle de l'IMC.	
RECURRENCE :							
Ischer et al. (2014)	En cuisine	NON	VR (dispositif CAVE)	Visuel, Olfactif	ALIMENTS & BOISSONS :		Non spécifiée
					TEMPS :	Stimulations visuelles et olfactives de produits (peu détaillée)	
					LIEU :	Cuisine	
					ACTIVITES :		
					ENTOURAGE SOCIAL :		
					ETAT MENTAL :		
					CONDITION PHYSIQUE :		
RECURRENCE :							

REFERENCE	CONTEXTE EVOQUE	CONSOMMATION ALIMENTAIRE	MOYEN D'EVOCACTION	PERCEPTIF / CONCEPTUEL	DIMENSIONS	MODULATIONS	ORIGINE DE LA CONSTRUCTION
Ouellet et al. (2018)	Shopping	NON	VR interactive (déplacements, sélections et communications orales avec des avatars : visiocasque nVisor ST50, de casque audio intégré, avec trackers de position aux mains)	Visuel, Interactif	ALIMENTS & BOISSONS : TEMPS : LIEU : ACTIVITES : ENTOURAGE SOCIAL : ETAT MENTAL : CONDITION PHYSIQUE : RECURRENCE :	Magasin de 3,5 x 6,5 m, éléments commun de magasins (étagères, réfrigérateurs, long comptoir, télévision en arrière-plan, modélisation de 72 objets en rayon) Tâche de shopping et match de football à la télévision, en arrière-plan du magasin. Présence de personnages (avatars) : le caissier et deux clients	Magasin créé en collaboration avec une entreprise (Cliniques et Développement In Virtuo) Vérification de l'identification correcte des objets dessinés
Persky et al. (2018)	Servir à manger à mon enfant dans un buffet self-service	NON	VR (visiocasque nVis SX60, équipé de tracking de position)	Visuel, Interactif	ALIMENTS & BOISSONS : TEMPS : LIEU : ACTIVITES : ENTOURAGE SOCIAL : ETAT MENTAL : CONDITION PHYSIQUE : RECURRENCE :	Variété de produits en libre-service (carottes vapeur, macaronis au fromage, maïs, haricots verts, haricots noirs, poulets grillés, nuggets de poulet, cookies...), verre de jus, plateau et couverts Arrivée au moment du s'y servir Buffet, dans une salle composée de deux tables de buffet, une station de boisson, une caisse, plusieurs tables (dont certaines occupées) Se servir en buffet Présence de personnages (avatars) : cassier, groupes de personnes occupant des tables (en train de manger).	Design du buffet et des plats sur la base d'une copie de buffet "réel" (expérimental)
Porcherot et al. (2018)	Dans une cuisine, dans une salle de bain, dans un tramway	NON	1D (dispositif olfactif et image du produit) / 2D (dispositif olfactif et navigation sur écran) / 3D (VR CAVE et spatialisation d'odeurs)	Visuel, Olfactif	ALIMENTS & BOISSONS : TEMPS : LIEU : ACTIVITES : ENTOURAGE SOCIAL : ETAT MENTAL : CONDITION PHYSIQUE : RECURRENCE :	Stimulations visuelles et olfactives de produits (21 odeurs) Cuisine /Salle de bain /Tramway : assis sur une chaise Exploration olfactive, avec ou sans déplacement interactif. Présence d'avatars passagers (pour le tramway)	Non spécifiée

REFERENCE	CONTEXTE EVOQUE	CONSUMMATION ALIMENTAIRE	MOYEN D'EVOCACTION	PERCEPTIF / CONCEPTUEL	DIMENSIONS	MODULATIONS	ORIGINE DE LA CONSTRUCTION
Schnack et al. (2019)	En supermarché	NON	Navigation sur ordinateur (avec clavier et souris) / iVR "technologie immersive de réalité virtuelle" (visiocasque, manettes et tracking du corps)	Visuel, Sonore (pour la VR uniquement)	ALIMENTS & BOISSONS :	Interaction avec le packaging des produits	Non spécifiée
					TEMPS :		
					LIEU :	Supermarché : cadis, rayons (étagères, réfrigérateurs), présence du son des interactions avec l'environnement (en VR)	
					ACTIVITES :	Sélection d'articles en magasin	
					ENTOURAGE SOCIAL :	En VR uniquement : présence de personnages (avatars), discussion possible avec le caissier, foule de piétons et voitures en sortie du magasin virtuel	
					ETAT MENTAL :		
CONDITION PHYSIQUE :							
RECURRENCE :							
Siegrist et al. (2019)	En supermarché	NON	VR (visiocasque Oculus, ordinateur en sac à dos, tracking de position et eye-tracking)	Visuel, Scénario (conceptuel)	ALIMENTS & BOISSONS :	Interaction avec le packaging des produits	Non spécifiée
					TEMPS :		
					LIEU :	Supermarché, étagères	
					ACTIVITES :	Sélection d'articles	
					ENTOURAGE SOCIAL :		
					ETAT MENTAL :	Evocation de motivations par le biais d'un scénario (occasion pour laquelle faire les courses)	
CONDITION PHYSIQUE :							
RECURRENCE :							
Sinesio et al. (2019)	"Boire une bière dans un pub"	OUI	VR-3D (visiocasque Oculus Rift : image 360 en arrière-plan et modélisation 3D en premier plan, tracking des mains permettant l'interaction avec le verre de bière, casque audio intégré) / VR-360 (vidéo 360°) / Salle Immersive (comparatif aux box non contextualisés et au pub réel)	Visuel, Sonore (pour la VR-3D et la salle immersive uniquement), Olfactif (pour la salle immersive uniquement)	ALIMENTS & BOISSONS :	Sélection de bières du commerce, servis fraîches, dans un verre à bière typique (instruction de ne boire que quelques gorgées)	Reconstruction à l'image du pub réel pris en comparatif (vidéos tournées dans ce pub réel)
					TEMPS :	Étude menée entre 15h30 et 19h30.	
					LIEU :	Pub basé sur le pub réel (vidéos et modélisations) : tables, tabourets, banquettes, etc. , musique d'ambiance (en VR-3D et en salle immersive), diffusion d'odeurs de bières (en salle immersive uniquement).	
					ACTIVITES :	Dégustation parallèle à l'évaluation explicite des produits testés	
					ENTOURAGE SOCIAL :	Possibilité de discuter avec d'autres participants (sans échanger sur les bières) [en la salle contexte, ou dans le vrai pub], sons de bavardages en arrière-plan, vision des entrées, sorties et discussions de la clientèle [en vidéo 360°], présence d'avatars [en VR-3D].	
					ETAT MENTAL :		
CONDITION PHYSIQUE :							
RECURRENCE :							

REFERENCE	CONTEXTE EVOQUE	CONSOMMATION ALIMENTAIRE	MOYEN D'EVOCACTION	PERCEPTIF / CONCEPTUEL	DIMENSIONS	MODULATIONS	ORIGINE DE LA CONSTRUCTION
Stelick et al. (2018)	Box d'analyse sensorielle (contrôle, miroir) / Banc dans le parc ouvert d'un jardin botanique (contrôle, non familial) / Près d'un abreuvoir en salle de traite entouré de vaches (évoation d'odeurs congruentes à l'aigreur du fromage bleu)	OUI	Vidéo 360° (Samsung Gear VR 360)	Visuel, Olfacto-gustatif (produit)	ALIMENTS & BOISSONS : Dés de fromage bleu TEMPS :	LIEU : Salle sensorielle neutre /Banc au centre d'un parc, vue ouverte sur une vaste pelouse, parterres de fleurs /Proche d'un abreuvoir, en salle de traite, accompagné de plusieurs vaches. ACTIVITES : <i>Dégustation parallèle à l'évaluation explicite des produits testés</i> ENTOURAGE SOCIAL : ETAT MENTAL : CONDITION PHYSIQUE : RECURRENCE :	<i>Non spécifiée</i>
Ung et al. (2018)	Buffet expérimental	NON	VR (visiocasque Oculus Rift, système de tracking des mouvements des main et utilisation d'un substitue cylindrique pour amener l'illusion du maintien d'un couvert)	Visuel, Interactif (préhension d'un couvert et service)	ALIMENTS & BOISSONS : Plateaux d'aliments en self-service (carottes, poulets et pâtes) et ustensiles pour s'y servir (assiette et cuillère). TEMPS : <i>Expérience menée entre 9h et 17h, tout au long de la journée (non congruent avec l'évoation)</i> LIEU : Buffet expérimental, composé d'une table, de chaises, etc. (à l'image de la salle de test réelle copiée) ACTIVITES : Se servir en buffet ENTOURAGE SOCIAL : ETAT MENTAL : CONDITION PHYSIQUE : RECURRENCE :	Reconstruction à l'image de la salle de test réelle, en comparatif	

