



Olfaction, transports en commun et parfum d'ambiance : étude des processus psychologiques sous-tendant l'expérience des usagers

Frédéric Collin

► To cite this version:

Frédéric Collin. Olfaction, transports en commun et parfum d'ambiance : étude des processus psychologiques sous-tendant l'expérience des usagers. Psychologie. Université Paul Valéry - Montpellier III, 2021. Français. NNT : 2021MON30003 . tel-03349863

HAL Id: tel-03349863

<https://theses.hal.science/tel-03349863>

Submitted on 20 Sep 2021

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.

THÈSE

Pour obtenir le grade de
Docteur

Délivré par **l'Université Paul Valéry – Montpellier III**

Préparée au sein de l'école doctorale 60
« **Territoires, Temps, Sociétés, Développement** »
Et de l'unité de recherche EA 4556
« **Laboratoire Epsilon** »

Spécialité : **Psychologie Cognitive**

Présentée par **Monsieur Frédéric Collin**

**Olfaction, transports en commun et
parfum d'ambiance :**

**Étude des processus psychologiques
sous-tendant l'expérience des usagers**

Soutenue le **08 janvier 2021** devant le jury composé de :

Mme. Agnès GIBOREAU	HDR	Centre de Recherche de l'Institut Paul Bocuse - Université Lyon I	Rapporteur
M. Rémy VERSACE	PU	Université Lumière Lyon II	Rapporteur
Mme. Caroline ARDELET	MCF	Université Paris Ouest Nanterre La Défense	Examineur
Mme. Pom CHARRAS	MCF	Université Paul Valéry Montpellier III	Examineur
M. André TRICOT	PU	Université Paul Valéry Montpellier III	Examineur
M. Arthur DUPUY	DG	Société ARTHUR DUPUY®	Invité
M. Lionel BRUNEL	MCF HDR	Université Paul Valéry Montpellier III	Directeur

Président du jury : Monsieur **André TRICOT**

Je dédie cette thèse à mon grand-père, Claude.

RÉSUMÉ

Dans le cadre d'une convention CIFRE avec la société ARTHUR DUPUY®, cette recherche s'ancre dans une problématique sociétale actuelle qui est de favoriser l'utilisation des transports en commun aux dépens de l'automobile individuelle. La thèse que nous défendons est que la diffusion d'un parfum d'ambiance dans ces lieux est l'une des solutions qui contribuera à y parvenir. Dans une première partie, nous nous sommes intéressés à mieux comprendre les processus cognitifs en jeu dans les interactions crossmodales audio-olfactives. En effet, il a été montré que le bruit et l'odeur avait un impact négatif sur le confort et le bien-être des usagers des transports. Dans une deuxième partie, nous avons souhaité étudier l'existence potentielle de certaines croyances envers les parfums et leur utilisation qui pourraient mettre en péril la mise en place d'un projet de diffusion : la dangerosité perçue des parfums et l'inférence d'intention de manipulation. Dans une troisième partie, nous avons évalué les effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans une rame de tramway de la ville de Montpellier, sur l'expérience des usagers. Nos résultats suggèrent que : (1) il est possible d'adresser les nuisances olfactives indépendamment des nuisances auditives, (2) les parfums synthétiques sont perçus comme dangereux pour la santé, et (3) la diffusion d'un parfum dans les rames d'un tramway permet d'améliorer le confort des usagers et de diminuer la perception des nuisances olfactives. Au-delà des apports théoriques et expérimentaux, ce travail transdisciplinaire à la croisée de la psychologie, du marketing et des transports, révèle que l'étude des effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les transports en commun sur l'expérience des usagers n'en est qu'à ses débuts. De nombreux travaux sont encore nécessaires afin de mieux comprendre scientifiquement l'impact de cette technique marketing et *in fine*, d'en exploiter tout son potentiel au service des usagers.

ABSTRACT

As part of a CIFRE agreement with the company ARTHUR DUPUY®, this research is embedded in a current societal issue which is to favour the use of public transportation at the expense of the individual car. The thesis that we defend is that scent diffusion in public transport is one of the solutions that will contribute to achieving this goal. In a first study, we were interested in better understanding the cognitive processes at play in auditory-olfactory crossmodal interactions. Indeed, it has been shown that noise and odours have a negative impact on the comfort and well-being of transportation users. In a second study, we wished to study the potential existence of certain beliefs about fragrances and their use that could jeopardise the sustainability of a scent diffusion project: the perceived dangerousness of scents and the inference of manipulation intent. In a third study, we evaluated the effects of the diffusion of an ambient scent in a tramway carriage on user experience. Our results suggest that (1) it is possible to take care of olfactory annoyances independently of hearing annoyances, (2) synthetic scents are perceived as dangerous to health, and (3) the diffusion of an ambient scent in a tramway carriage improves user comfort and decreases the perception of olfactory annoyances. Beyond theoretical and experimental contributions, this transdisciplinary work at the crossroads of psychology, marketing and transport, reveals that the study of the effects of the diffusion of an ambient scent in public transport on user experience is still in its infancy. New research is still needed to better understand the impact of this marketing technique and, ultimately, to exploit its full potential for the benefit of users.

REMERCIEMENTS

Il y a 9 ans de cela, je décidais de changer de vie en m'inscrivant en licence de psychologie, avec l'idée qu'un jour, peut-être, j'achèverai ce cursus universitaire par un doctorat.

Je tiens à remercier en premier lieu mon directeur de thèse Lionel Brunel, qui m'accompagne depuis le Master 1. Grâce à son soutien, son écoute, et sa patience, j'ai pu m'épanouir en tant qu'étudiant et jeune chercheur. Je le remercie d'avoir toujours été présent à mes côtés et de la confiance dont il m'a toujours témoignée. Je suis vraiment admiratif et reconnaissant de tous les efforts qu'il déploie et de la bienveillance dont il fait preuve au quotidien, que ce soit en tant que directeur de thèse, directeur de l'équipe DynaCSE, directeur du master PEFC, ou tout simplement, collègue.

Ce travail n'aurait bien évidemment pas été possible sans le soutien et la confiance de l'équipe ARTHUR DUPUY® qui m'a permis, tant humainement que financièrement, de réaliser cette thèse dans les meilleures conditions qu'il soit. Arthur, Isabelle, Élodie, Anne-Sophie, Élisabeth, Danaë, Caroline, David, Fanny, et les autres, un grand merci à vous tous. Une petite pensée également pour Michel, expert en huître et en pause-café.

J'adresse mes remerciements à Agnès Giboreau et à Rémy Versace, de l'honneur qu'ils me font en acceptant d'être rapporteurs de cette thèse. Je tiens aussi à remercier Caroline Ardelet, Pom Charras et André Tricot, qui ont accepté d'être examinateurs.

Je voudrais également remercier Nicolas Karasiewicz de la société Thyresias, Thierry Jammes de FAF-LR, ainsi que les membres de ces structures avec qui nous avons pu collaborer dans le cadre de la thèse.

Je souhaite également remercier Nathalie Blanc, pour son soutien au cours de cette thèse.

Je remercie Denis Brouillet pour ses précieux conseils, pour ses cours passionnés et passionnants, mais également pour son soutien lors de la rupture de fluence qu'a connue momentanément cette thèse. De même, je remercie Gérard Dray, pour son écoute et son soutien.

Un petit clin d'œil à l'équipe DynaCSE qui m'a accueilli pendant de nombreuses années. Je remercie donc les membres de l'équipe de l'avoir fait prospérer et grandir jusqu'au dernier moment.

Je souhaite remercier tout particulièrement Clara *Button Baballe* Gimenez, ma camarade de bureau, de psycho, de bons moments et de galères aussi ! Je te remercie d'avoir été là depuis le début de cette aventure qu'est la thèse, et pour longtemps je l'espère.

Une pensée particulière pour la team C. sans qui cette thèse n'aurait pas été la même. Un grand merci à Clara, Conchita, Draushika, Kévin, et Sibylle !

Je souhaite remercier Guillaume Thébault, mais aussi, Ismaël Barabara, Clémentine Gatto et Marie Sanna, pour nos échanges et m'avoir aidé à mener à bien les différentes études de cette thèse.

Je remercie tous les doctorants et collègues du laboratoire ou d'ailleurs que j'ai pu côtoyer et avec qui j'ai pu échanger durant toutes ces années : César Broche, Lorène Causse, Lola Crône, Kévin De Checchi, Amandine Decombe, Alexandre De Connor, Marie-Julie Demedardi, Edouard Giudicelli, Théo Héritier, Jean-Christophe Hurault, Satya Lancel, Vincent Murday, José Samaniego, Christine Sanchez, Guillaume Wallez et Justine Walter ; ainsi que les anciens : Johan Briglia, Thibaut Brouillet, Thomas Camus, Fabrice Da Silva, Romàn Josa, Anne-Claire Large, Sébastien Mas, Clémence Mazzocco, Arthur Michalland, Philippe Servajean, et Caroline Vagnet.

Au terme de ce parcours, je remercie également mes amis de toujours, étrangers au monde de la recherche, dont la présence est indispensable à ma vie et à ma santé mentale. Merci Paul et Claire, Romain et Lola, Tom et Marine C., Léo et Justine, Chris et Marine G., Marine M., et Eddy.

Turo, merci d'avoir rédigé tes remerciements à ma place, de ton aide précieuse pour les finitions de ce manuscrit, d'avoir appelé SOS Médecins pour moi à 3 jours du rendu, d'être ce rayon de soleil qui illumine ma vie et sans qui je ne serais que l'ombre de moi-même. Je rajouterai tout de même, un grand merci d'être là pour moi depuis près de trois ans, j'ai beaucoup de chance.

Je remercie également ma sœur, Stéphanie, sans qui je ne pourrais pas trouver et développer les arguments en faveur de la Science, la vraie ! Merci de ta ténacité.

Enfin, je remercie de tout mon cœur mes parents, Renée et Sylvain, d'avoir toujours été là pour moi, de m'avoir toujours soutenu quoiqu'il arrive, et de faire partie de ma vie. Je ne serai pas la personne que je suis sans vous à mes côtés.

CONTEXTE DE LA THÈSE CIFRE

Cette thèse a été réalisée dans le cadre d'une convention CIFRE n° 2017/0475 avec l'entreprise ARTHUR DUPUY®.

Présentation de l'entreprise ARTHUR DUPUY®

Cette société est spécialisée dans la conception de signatures olfactives et/ou aromatiques multi-supports. Le savoir-faire principal d'ARTHUR DUPUY® consiste à traduire une marque, un lieu, un objet, ou un logo visuel en langage olfactif par la création d'un parfum ou d'un arôme identitaire unique. Cette création est protégée en distribution et représentera les valeurs de la marque ainsi que le message qu'elle souhaite véhiculer. À l'heure actuelle, ARTHUR DUPUY® se positionne comme l'un des seuls acteurs à pouvoir proposer une fragrance sur-mesure adaptable sur de différents supports : parfums, cosmétiques, bougies, cartes de visite ou encore, papier. ARTHUR DUPUY® adopte un positionnement innovant par rapport aux acteurs classiques du marché (agences marketing, créateurs nez issus du monde du parfum corporel). En effet, hébergée à l'Université de Montpellier (IBMM-CNRS-ENSCM), l'entreprise au statut de jeune entreprise innovante revendique son positionnement scientifique dans son approche du marketing. Elle peut ainsi proposer des fragrances à partir d'extraits naturels confidentiels et encore non exploités grâce à des procédés éco-responsables et/ou assemblés de manière inédite, apportant une plus-value créative différenciante à leurs clients. De par la présente thèse ainsi que l'emploi de stagiaires en psychologie, ARTHUR DUPUY® investit dans la recherche en psychologie en vue de mieux comprendre les processus sous-tendant l'expérience olfactive des individus et ainsi, pouvoir les satisfaire au mieux.

Contexte initial de la thèse

Ce travail de thèse s'inscrit dans un projet initié et développé par la société ARTHUR DUPUY® en partenariat avec les Transports de l'agglomération de Montpellier (TaM) et Montpellier Méditerranée Métropole (3M). Le projet consistait à diffuser une signature olfactive dans chacune des quatre lignes de tramway de la ville. Chaque parfum a été créé par la société de telle sorte qu'il évoque la ligne dans laquelle il devait être diffusé. En effet, à Montpellier, chacune des lignes de tramway présente la particularité d'avoir été identifiées par l'un des quatre éléments représentant traditionnellement la nature. Chacune ligne possède également une identité visuelle extérieure représentant l'élément en question. Ainsi, la ligne 1, la ligne AIR, est couverte d'hirondelles blanches sur fond bleu, la ligne 2, la ligne TERRE, est couverte de fleurs jaunes ou

vertes sur fond rouge, la ligne 3, la ligne EAU, est couverte d'éléments marins sur fond noir et, la ligne 4, la ligne FEU, est couverte de motifs baroques sur un fond couleur or (voir Figure 12).

Les objectifs poursuivis par ce projet étaient multiples :

- Favoriser les expériences positives par la diffusion d'un parfum agréable (amélioration de l'ambiance olfactive, augmentation du confort ; voir chapitre 3).
- Éviter les expériences négatives grâce à la capacité des parfums composés de plusieurs molécules à atténuer les nuisances olfactives inhérentes aux transports en commun (e.g., parfums des usagers, odeurs de transpiration, odeurs de nourriture ; voir chapitre 3).
- Permettre aux personnes aveugles ou malvoyantes de mieux s'orienter sur le réseau en ayant la possibilité d'identifier olfactivement toute rame de tramway se présentant à quai.
- Réduire les incivilités.
- Favoriser la découverte pour le grand public des plantes aromatiques et des fleurs méditerranéennes qui composent les parfums.
- Contribuer à l'attraction touristique de la ville grâce à ce projet unique au monde.
- Favoriser l'utilisation des transports en commun en rendant l'expérience des usagers plus agréable.
- Faire renouer Montpellier avec son passé dans la parfumerie (Montpellier a été, avant Grasse, la capitale ancestrale du parfum).

Le projet se décomposait en trois phases successives. La première phase consistait en la diffusion d'un parfum d'ambiance dans une rame test en circulation. Elle avait pour objectif de permettre la finalisation du développement technique de la solution de diffusion, ainsi que de réaliser une première étude scientifique en vue d'évaluer l'impact de cette diffusion sur le confort olfactif des usagers (voir chapitre 3). La deuxième phase consistait à diffuser dans l'ensemble des rames de la ligne AIR sa signature olfactive. L'objectif, ici, était d'évaluer les effets de la présence du parfum sur les perceptions et les comportements des usagers, suite à une exposition répétée (confort, bien-être, incivilités). La troisième et dernière phase consistait à diffuser les signatures olfactives dans chacune des 4 lignes afin d'évaluer les effets à long terme de la diffusion de parfum sur tout un réseau. Néanmoins, pour des raisons probablement politiques et financières, seule la première phase du projet a pu être validée avant que celui-ci ne soit arrêté. En revanche, un projet similaire est en phase d'expérimentation à Grenoble au cours duquel les phases 2 et 3 seront mises en œuvre (voir présentation plus détaillée du projet grenoblois en discussion).

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	1
Chapitre 1 <i>Interactions crossmodales audio-olfactives et intégration multimodale</i>	4
1.1 Interactions crossmodales audio-olfactives.....	4
1.1.1 Nature et origine des correspondances crossmodales	5
1.1.2 Étude des correspondances crossmodales audio-olfactives	6
1.1.3 Effets de congruence crossmodale audio-olfactive.....	8
1.1.4 Effets d'interférence audio-olfactive	13
1.2 Intégration multimodale	14
1.2.1 De l'intégration multisensorielle.	14
1.2.2 ... À l'intégration multimodale.....	16
1.3 Synthèse du chapitre 1.....	20
1.4 Article 1.....	21
1.4.1 Résumé	21
1.4.2 The semantic nature of auditory-olfactory crossmodal correspondence.....	23
1.5 De la perception à la mémoire	34
Chapitre 2 <i>Croyances, parfums, et congruence.....</i>	36
2.1 Congruence bidimensionnelle	38
2.1.1 Congruence en tant que pertinence	38
2.1.2 Congruence en tant que conformité aux attentes.....	38
2.1.3 Exemple d'étude portant sur les effets de non-congruence des parfums.....	40
2.2 Mobilisation de ressources et résolution d'une non-congruence perçue.....	42
2.2.1 Motivation et capacité à traiter un message persuasif.....	42
2.2.2 Résolution de la non-congruence.....	42
2.3 Croyance, dangerosité perçue, et impact sur la santé	45
2.3.1 Toxicité réelle et toxicité perçue.....	45
2.3.2 Effet nocebo des odeurs sur la santé.....	46
2.4 Intentionnalité de manipulation et diffusion de parfum	50
2.5 Synthèse du chapitre 2	52
2.6 Article 2	54
2.6.1 Résumé.....	54
2.6.2 The (synthetic) nature of scents and the reasons for their use in retailing and public transport: A consumer-based approach.	56
Chapitre 3 <i>Parfum d'ambiance et transports en commun</i>	74

3.1	Transports en commun et (in)satisfaction des usagers.....	74
3.1.1	Facteurs favorisant l'adoption des transports en commun.....	74
3.2	Parfum d'ambiance et expérience de l'utilisateur.....	77
3.2.1	Éviter les expériences négatives dans les transports en commun.....	78
3.3	Synthèse du chapitre 3	81
3.4	Article 3	82
3.4.1	Résumé.....	82
3.4.2	The effects of ambient scent on olfactory comfort and attitude toward its use in a tramway: an on-board study.	83
	<i>Discussion et recommandations.....</i>	<i>99</i>
1.1	Rappel des enjeux	99
1.2	Contributions à l'étude des processus psychologiques qui sous-tendent l'expérience de l'utilisateur en lien avec la modalité sensorielle olfactive.....	100
1.2.1	Interactions crossmodales audio-olfactives et intégration multimodale	100
1.2.2	Croyances, parfums, et congruence	102
1.3	Contributions à l'étude des effets de la diffusion de parfum dans les transports en commun sur le confort des usagers.....	105
1.4	Expérimentations et projets de diffusion de parfum d'ambiance dans les transports en commun.....	109
1.4.1	En France	112
1.4.2	Dans le monde.....	114
1.5	Les transports en commun : un lieu hybride	116
1.5.1	Signature olfactive	119
1.5.2	Communication	120
1.6	Conclusion générale.....	122
	<i>Bibliographie.....</i>	<i>123</i>

INTRODUCTION

La mobilité urbaine est actuellement en pleine transformation économique et sociale. En effet, les zones urbaines, qui sont les poumons économiques des pays, n'ont cessé de se densifier. Par exemple en Europe en 2010, 73 % de la population vivait en zones urbaines et ce chiffre devrait augmenter à 80 % d'ici 2050 (European Commission, 2017). Les autorités doivent donc tout mettre en œuvre pour répondre aux nouveaux besoins de cette population grandissante et vieillissante. Ils doivent également faire face aux conséquences de ces changements comme la pollution atmosphérique, le bruit, les accidents ainsi que la hausse de la congestion du trafic routier. Cette idée s'inscrit dans une démarche de mobilité plus durable (Banister, 2008), plus respectueuse de l'environnement et favorisant l'accessibilité au plus grand nombre (European Commission, 2017).

Dans ce contexte, les villes cherchent de plus en plus à favoriser les modes de transports actifs (e.g., la marche, le vélo) et l'utilisation des transports en commun (TC ; Bojković et al., 2018 ; Nordfjærn et al., 2014). C'est en ce sens que les chercheurs s'attellent à mieux comprendre les critères psychologiques et situationnels qui influencent les individus dans le choix d'un mode de transport plutôt qu'un autre (Collins & Chambers, 2005). Parmi l'ensemble de ces critères, un certain nombre de recherches ont mis en évidence un lien fort entre satisfaction et confort perçu (e.g., Fellesson & Friman, 2012 ; Pedersen et al., 2011). Le fait de favoriser les expériences positives en manipulant les facteurs physiques (e.g., lumière, température, confort des sièges) ou psychologiques (e.g., préserver l'intimité des usagers, pouvoir rester maître de ses actions) qui contribuent au confort pourrait donc se traduire par une hausse de la satisfaction des usagers (STIF, 2014). En outre, la littérature scientifique a établi un lien entre satisfaction et affluence (e.g., Börjesson & Rubensson, 2019 ; Cantwell et al., 2009 ; Haywood et al., 2017) ou encore, entre affluence et bien-être (Tirachini et al., 2013).

Par conséquent, avec la hausse de la population et la mise en place des politiques publiques visant à favoriser les transports en commun¹ (TC), il apparaît donc nécessaire de mettre tout en œuvre pour proposer une expérience utilisateur des plus satisfaisantes, en améliorant notamment leur confort et leur bien-être. D'un autre côté, la hausse du nombre d'usagers peut constituer un véritable problème si la taille des infrastructures n'évolue pas proportionnellement au nombre de

¹ Dans la présente thèse, ce que nous nommerons transports en commun (TC) fera référence aux bus, aux rames de tramway, aux rames de métro, aux rames de trains régionaux et de banlieue (e.g., RER et TER), mais également aux gares ferroviaires, aux arrêts de bus ou de tramway, ainsi qu'aux couloirs et aux quais des stations de métro souterraines.

personnes transportées. Concernant ce dernier point, Mahudin et al. (2012) ont étudié l'impact de l'affluence sur le stress et le sentiment d'épuisement. Ils ont mis en évidence l'importance des facteurs psychologiques et environnementaux (i.e., la chaleur, la sensation d'oppression, le bruit et l'odeur) dans ces situations de forte affluence. Plus récemment, Wang et Zacharias (2020) suggèrent que le bruit et l'odeur jouent un rôle prépondérant sur la perception de la densité de passagers en situation de forte affluence. Les auteurs concluent qu'il est important d'envisager à long terme de prendre en charge la hausse du nombre d'utilisateurs, principalement lors des périodes de pointe, et à court terme, de contenir ces deux facteurs d'ambiance environnementaux afin d'en réduire les effets néfastes. Ce dernier point est d'autant plus vrai qu'il a été suggéré que les effets physiologiques et psychologiques, dus à la fois à des nuisances olfactives et à des nuisances sonores, se cumulaient (Oiamo et al., 2015).

La thèse que nous défendons aujourd'hui est que l'une des solutions envisageables pour, d'une part, favoriser les expériences positives, et d'autre part, éviter ou réduire les expériences négatives comme la perception des nuisances olfactives dans les TC, est la diffusion de parfum d'ambiance dans ces lieux. En effet, il a été montré que cette technique a la capacité d'influencer les comportements, les intentions, les évaluations, la mémorisation ou encore l'humeur des individus (pour revue, voir Rimkute et al., 2015 ; Teller & Dennis, 2012). De plus, les parfums ont, en autres, le potentiel de couvrir d'autres odeurs ambiantes (Cain & Drexler, 1974 ; Thomas-Danguin et al., 2017). Ce n'est donc peut-être pas un hasard si leur utilisation s'est grandement démocratisée et que l'on en retrouve à présent dans une multitude d'espaces commerciaux et publics (Biswas & Szocs, 2019).

L'objectif de ce travail de recherche sera donc double : (1) étudier les facteurs psychologiques (i.e., interactions crossmodales, croyances), susceptibles d'influencer la perception d'un parfum d'ambiance, mais également la pérennité d'un projet de diffusion et (2) évaluer l'impact de la diffusion d'un parfum d'ambiance sur l'expérience des usagers dans les TC.

Le présent document est organisé en trois parties.

Dans un premier chapitre, nous nous intéresserons à mieux comprendre les interactions crossmodales audio-olfactives. En effet, la perception de nuisances olfactives et auditives joue un rôle prépondérant dans la perception de l'affluence, sur le stress et le sentiment d'épuisement des usagers (Mahudin et al., 2012 ; Wang & Zacharias, 2020). Ainsi, nous souhaitons déterminer dans une approche plus fondamentale de la perception si les individus traitent les informations olfactives et auditives de manière indépendante les unes des autres, ou s'ils les traitent comme un tout indissociable. Dans le premier cas, cela se traduira par des effets cumulatifs ou additifs comme

suggéré par Oiamo et al. (2015). Dans le second, cela se traduira par des effets multiplicatifs (Holmes & Spence, 2005). Une première expérimentation sera alors consacrée à l'étude de l'intégration multimodale audio-olfactive entre des stimuli ne partageant aucune dimension ou attribut commun.

Dans le deuxième chapitre, nous étudierons l'influence potentielle de connaissances préalables (i.e., dans notre cas, des croyances) qui pourraient influencer la perception d'un parfum d'ambiance diffusé dans les TC et sur l'attitude des usagers à l'égard d'un tel dispositif. En effet, un certain nombre de recherches ont démontré l'impact physiologique et psychologique de la croyance en la nocivité d'une odeur (Dalton, 1996). De plus, les travaux de Herz (2000) suggèrent l'idée selon laquelle les individus percevraient les odeurs dites « synthétiques » comme étant plus dangereuses que les odeurs dites « naturelles ». En outre, l'utilisation d'un parfum d'ambiance dans un contexte paraissant inapproprié pourrait être perçue comme une tentative de manipulation de la part des gestionnaires (Lunardo & Mbengue, 2013). Ainsi, notre deuxième étude, réalisée grâce à un questionnaire en ligne, poursuit un double objectif : (1) étudier les représentations qu'ont les individus des parfums selon leur nature (naturelle vs. synthétique) (2) déterminer si, a priori, les individus estiment que l'utilisation d'un parfum d'ambiance constitue une tentative de manipulation à leur égard en fonction du lieu de diffusion (i.e., lieu de vente, infrastructure de transport, ou rame de transport).

Dans le troisième chapitre, nous nous intéresserons aux effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les TC. La littérature scientifique suggère que ce type de dispositif peut à la fois favoriser les expériences positives (e.g., améliorer le confort des usagers), mais également éviter les expériences négatives (e.g., masquer les mauvaises odeurs). C'est pourquoi une troisième expérimentation sera consacrée à l'étude des effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans une rame de tramway de la ville de Montpellier, grâce à l'utilisation d'un questionnaire administré *in situ*.

Nous concluons ce document en synthétisant l'ensemble des connaissances produites au cours de cette thèse. De plus, nous aborderons des pistes de réflexion quant aux futurs travaux à réaliser. Enfin, nous discuterons plus en détail des avantages que représente l'emploi de signatures olfactives et d'une communication transparente et ciblée auprès des usagers.

CHAPITRE 1 INTERACTIONS CROSSMODALES AUDIO-OLFACTIVES ET INTÉGRATION MULTIMODALE

Jusqu'à la fin du 20ème siècle, les chercheurs se sont principalement concentrés sur l'étude de la vision, car cette modalité sensorielle était considérée comme dominante, suivie par l'audition et la tacton (Hutmacher, 2019). Pourtant, comme la vision ou l'audition, la modalité olfactive est sollicitée lors de chacune de nos inspirations (Köster et al., 2014). Bien qu'il puisse nous arriver de sentir volontairement lorsque nous faisons la cuisine ou lorsque nous sentons des fleurs par exemple, nous ne faisons généralement que peu attention aux odeurs. Néanmoins, nous surveillons continuellement notre environnement olfactif et nous n'y prêterons attention que si l'odeur perçue ne correspond pas aux informations provenant de nos autres modalités sensorielles comme l'odeur du gaz (Sela & Sobel, 2010). Par conséquent, les informations olfactives contribuent significativement à notre perception du monde au même titre que les informations issues des autres modalités sensorielles. Mais est-ce que les informations olfactives interagissent avec les informations issues des autres sens et si oui, de quelle façon ? Comment sommes-nous en mesure de combiner toutes ces informations pour donner un sens au monde que nous percevons ? C'est ce que nous allons voir à présent, en nous bornant aux interactions audio-olfactives. Dans une première partie, nous présenterons l'ensemble des travaux ayant traité des interactions crossmodales audio-olfactives. Dans une deuxième partie, nous nous intéresserons à la combinaison ou intégration de ces informations en vue de donner du sens au monde qui nous entoure.

1.1 Interactions crossmodales audio-olfactives

Nous l'avons vu en introduction de la thèse, les nuisances sonores et olfactives sont inhérentes aux situations d'affluences comme dans les TC (Mahudin et al., 2012 ; Wang & Zacharias, 2020). Mais dans la vie de tous les jours, les situations dans lesquelles sons et odeurs sont présents simultanément sont relativement communes (Seo et al., 2011). Ces deux sens peuvent même avoir conjointement une grande importance comme en matière de cuisine (e.g., manger des chips, faire du café). La question sous-jacente à ces situations est de savoir si les stimuli auditifs et olfactifs interagissent au quotidien, signifiant alors qu'ils entretiendraient une relation privilégiée. Il faudra donc en connaître la nature et les effets afin de pouvoir les contrôler du mieux possible lorsqu'il s'agira de nuisances.

Toute interaction entre des stimuli issus de différentes modalités sensorielles sera un bon indicateur de l'existence, entre eux, d'un lien de correspondance crossmodale. Deroy (2014) définit cette dernière comme la « tendance à faire correspondre une caractéristique sensorielle, ou un attribut, dans une modalité - physiquement présente ou simplement imaginée - avec une caractéristique sensorielle dans une autre modalité ». Les correspondances crossmodales sont généralement partagées par de nombreux individus. Ainsi, une majorité d'entre eux auront par exemple tendance à faire correspondre un son aigu avec une position spatiale élevée (Rusconi et al., 2006). La définition de Spence (2011), orientée sur les effets de congruence dus à ces liens de correspondance, vient compléter celle de Deroy (2014). Pour l'auteur, les correspondances crossmodales sont des « effets de compatibilité entre les attributs ou les dimensions d'un stimulus (c'est-à-dire un objet ou un événement) selon différentes modalités sensorielles ». Il a été montré qu'une congruence crossmodale entre deux stimuli pourra faciliter l'identification d'un stimulus. Par exemple, une odeur sera plus rapidement identifiée si elle est présentée avec une couleur congruente (Zellner et al., 1991). Par ailleurs, cette congruence pourra également avoir pour conséquence d'influencer la perception d'un des deux stimuli, lorsqu'ils entretiennent un lien de correspondance crossmodale. De ce fait, une odeur jugée comme sucrée aura pour effet d'augmenter la perception du goût sucré d'une solution de sucrose. (Stevenson et al., 1999). Enfin, Parise (2015) souligne le fait que les correspondances crossmodales sont modulables, malléables, et que de nouvelles peuvent être induites chez les individus.

1.1.1 Nature et origine des correspondances crossmodales

Les correspondances crossmodales seraient dues à de multiples facteurs qui contribueraient conjointement à leur émergence (Deroy et al., 2013 ; Spence, 2011 ; Parise & Spence, 2013). Ainsi, diverses explications ont été avancées en termes sémantiques ou conceptuels (i.e., correspondance médiatisée par un mot ou un concept), ou en termes d'apprentissage perceptif statistique, par association entre des éléments perçus de manière récurrente dans l'environnement (e.g., une odeur dite « sucrée » due à l'association répétée entre l'odeur et le goût d'un aliment ingéré). Les correspondances d'origine statistique sont donc très sensibles à la concordance spatiale et à la synchronie temporelle des stimuli présentés de manière répétée. Une explication alternative a également été proposée en termes de processus fondés sur des déterminants structuraux. Certaines dimensions constitueraient un code commun neuronal ou cognitif pouvant faciliter ou engendrer la formation de correspondances crossmodales selon trois hypothèses (Deroy et al., 2013 ; Spence, 2011). La première est que certaines dimensions pourraient être amodales, c'est-à-dire être éprouvées dans chacune des modalités sensorielles comme le rythme (Frings & Spence, 2010) ou l'intensité (Marks, 1987). La deuxième hypothèse dite « indirecte » soutient l'idée que certaines

correspondances crossmodales seraient médiatisées par un facteur commun aux deux dimensions comme le caractère plaisant (Velasco et al., 2015 ; Wang et al., 2016). Enfin, la troisième hypothèse est que certaines dimensions seraient transitives. Cela signifie que s'il y a correspondance entre la dimension A d'une modalité et la dimension B d'une autre modalité, ainsi qu'entre la même dimension A et une dimension C d'une autre modalité, alors il devrait y avoir correspondance entre la dimension B et la dimension C (Velasco et al., 2019).

Il est possible de tester et de mettre à jour expérimentalement des liens de correspondances crossmodales, mais également d'observer les effets d'interaction ou d'interférence entre des stimuli présentés dans des modalités différentes et qui entretiennent un lien de correspondance. Nous allons ainsi voir dans la suite de cette section dédiée aux interactions crossmodales audio-olfactives, les différents liens de correspondance crossmodale mis en évidence entre ces deux modalités sensorielles.

1.1.2 Étude des correspondances crossmodales audio-olfactives

Belkin et al. (1997) ont été les premiers à montrer que des odeurs utilisées en parfumerie (e.g., bergamote, jasmin, lavande) pouvaient être organisées selon une dimension auditive : la hauteur tonale (en Hz). Pour ce faire, chaque sujet participait à deux sessions d'une heure. Au cours de chacune d'elles, il réalisait alors 20 essais organisés comme suit : dans un premier temps, le participant sentait une odeur. Dans un second temps, un son de 200 Hz ou 1000 Hz était diffusé suivant la session et le contrebalancement. Il servait de base afin d'évaluer si l'odeur lui correspondait. Par la suite, le sujet pouvait ajuster la fréquence s'il jugeait qu'elle était trop haute ou trop basse. Initialement, l'amplitude de chaque changement était d'une octave. Dès lors que le sujet revenait à une valeur précédente, l'amplitude du changement était divisée par deux, jusqu'à sélectionner la hauteur du son correspondant à l'odeur précédemment sentie. Les résultats sont présentés sur la Figure 1.

En utilisant un protocole expérimental différent, Crisinel et al. (2012 ; voir Crisinel et al., 2013, pour une expérience similaire) ont à la fois, reproduit le même résultat, et ont également démontré l'existence d'une autre correspondance crossmodale entre une odeur et un timbre sonore (i.e., type d'instrument). Dans cette expérience, quatre échelles étaient présentées sur un écran. Chacune représentant un des quatre instruments sélectionnés dans cette recherche (i.e., piano, instruments à cordes, instruments à vent, cuivres). Elles étaient toutes constituées de 13 échantillons musicaux variant en hauteur sonore. À chaque essai, le participant disposait d'un flacon contenant l'odeur à faire correspondre et qu'il pouvait sentir autant de fois qu'il le désirait. Il explorait alors librement les échantillons jusqu'à sélectionner celui qui correspondait le mieux en

termes de hauteur tonale et de timbre à l'odeur sentie. Outre le fait de montrer qu'il est possible de faire correspondre aux odeurs une hauteur tonale ou même un type d'instrument de musique, Crisinel et al. (2013) soutiennent l'idée que la correspondance entre odeur et hauteur tonale dépendrait de deux facteurs sous-jacents, le caractère hédonique (i.e., valence positive ou négative) et la complexité perçue de l'odeur. Au regard des hypothèses sur les origines de ces correspondances crossmodales (Deroy et al., 2013), il est possible que ces facteurs aient joué un rôle dit « indirect » dans leur établissement.

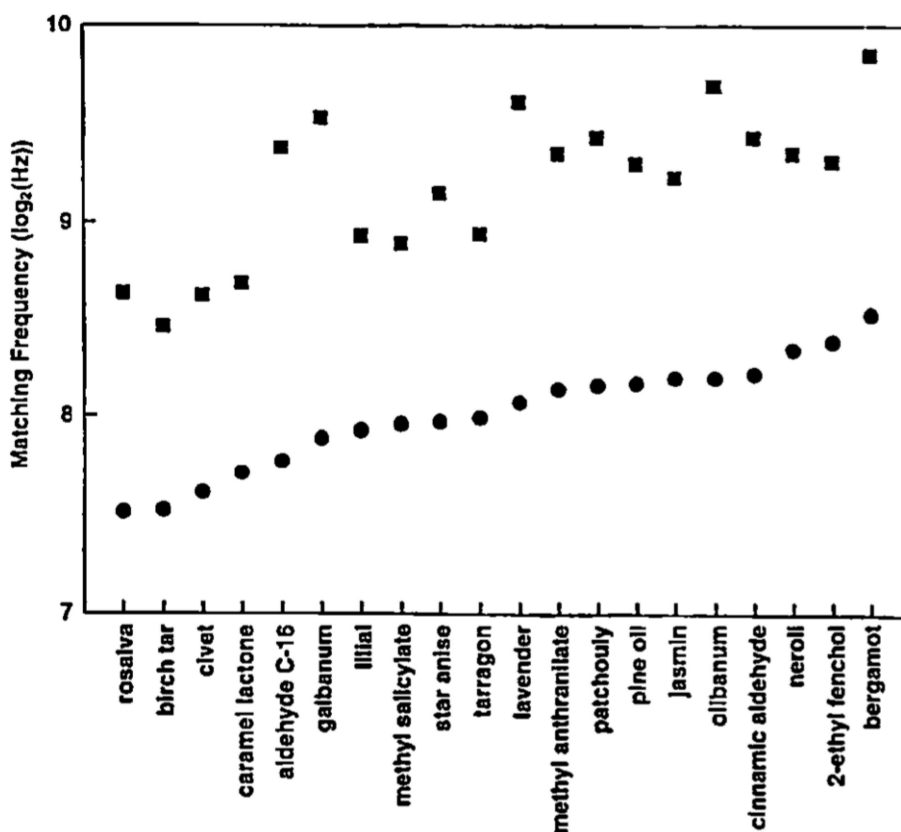


Figure 1. Résultats obtenus par Belkin et al. (1997). Les participants ont fait correspondre à chaque odeur utilisée dans l'expérience (en abscisse) une fréquence sonore spécifique (en ordonnée). Les résultats des deux conditions expérimentales sont représentés : soit le premier son à juger (i.e., estimer si sa fréquence correspondait à l'odeur sentie) avait une hauteur de 200 Hz (cercles), soit une hauteur de 1000 Hz (carrés).

Par ailleurs, Persson (2011) s'est intéressé à l'étude des correspondances crossmodales audio-visuelles, audio-olfactives et visio-olfactives. Le protocole général des quatre expériences réalisées consistait à choisir quel stimulus, parmi plusieurs possibilités et présenté dans une modalité sensorielle donnée, correspondait au mieux à un stimulus cible présenté dans une autre modalité. Par exemple, si la cible était une odeur présentée à une concentration donnée, alors le participant devait choisir un stimulus visuel parmi cinq et un stimulus auditif parmi cinq qui lui correspondaient

le mieux. Dans les quatre expériences, cinq niveaux de luminances différents étaient proposés comme stimuli visuels allant du noir au gris clair. Dans les expériences 1 et 2, cinq sons dont la fréquence pouvait aller de 500Hz à 1600Hz étaient utilisés. Dans les expériences 3 et 4, cinq sons de fréquences identiques (440Hz), mais de niveau sonore différent, allant de -24dB à 0dB, étaient utilisés. Enfin, s'agissant des stimuli olfactifs, 5 stimuli de concentration différente étaient utilisés. Dans les expériences 1 et 3, il s'agissait de whisky et dans les expériences 2 et 4, il s'agissait de N-butanol, une odeur proche de celle de l'alcool à brûler. Les résultats concernant les stimuli olfactifs suggèrent l'existence d'une correspondance crossmodale entre la concentration d'une odeur et le volume sonore, qu'il s'agisse de whisky ou de N-butanol.

Enfin, Levitan et al. (2015) se sont intéressés au potentiel effet médiateur des émotions dans la constitution de correspondances crossmodales audio-olfactives. L'expérimentation se déroulait sur deux jours. Au cours de la première journée, les participants devaient évaluer le degré de correspondance entre 15 odeurs et 15 extraits musicaux de différents styles, soit 225 paires. Le deuxième jour, les odeurs et les extraits musicaux étaient évalués un par un selon plusieurs dimensions émotionnelles (préférence, familiarité, intensité, colère, caractère romantique, énergie, joie). Les résultats de cette expérimentation laissent entendre que certaines correspondances audio-olfactives pourraient être médiatisées par les émotions (hypothèse indirecte ; Deroy et al., 2013).

En conclusion, ces expérimentations mettent en évidence différentes relations de correspondances entre des informations auditives et des informations olfactives. Il est notamment possible de faire correspondre une concentration olfactive à un volume sonore, une odeur à une hauteur tonale ou encore, une odeur à un instrument de musique. De plus, certaines de ces relations seraient médiatisées par la valence émotionnelle (hypothèse indirecte) des stimuli.

Nous allons voir à présent que lorsque l'on présente simultanément deux stimuli dans des modalités différentes, et entretenant un lien de correspondance crossmodale (i.e., stimuli congruents), cela se traduira généralement par une facilitation des traitements subséquents (i.e., perception, évaluation, comportement). A contrario, lorsqu'un lien de correspondance crossmodale n'est pas respecté (i.e., stimuli non congruents), cela se traduira alors par des effets d'interférence.

1.1.3 Effets de congruence crossmodale audio-olfactive

Les effets de congruence crossmodale audio-olfactifs ont majoritairement été étudiés en marketing, car la manipulation des facteurs environnementaux dans les lieux de services (e.g., magasins, centres commerciaux, salles d'attente) présente un potentiel commercial non négligeable.

1.1.3.1 Le marketing sensoriel et les effets de congruence crossmodale dans les lieux de services

Les parfums et la musique d'ambiance jouent un rôle prépondérant dans toute expérience client (pour revue, voir Turley & Milliman, 2000 ; pour méta-analyse, voir Roschk et al., 2017). L'un des modèles de référence pour comprendre les effets de ces facteurs environnementaux est le modèle Stimulus-Organisme-Réponse (S-O-R) de Mehrabian et Russell (1974). Celui-ci stipule que tout stimulus fera l'objet d'une évaluation affective interne par les individus selon trois dimensions : (1) le plaisir, (2) la dominance (i.e., degré de contrôle sur l'environnement), et (3) l'*arousal* (i.e., degré d'éveil ou de stimulation perçu). Cette évaluation engendrera alors une réponse comportementale d'approche ou d'évitement. Ce modèle a notamment été repris par Bitner (1992) dans un cadre conceptuel plus large appelé *servicescape* (littéralement « le paysage de services », voir Figure 2). Cette adaptation du modèle S-O-R décrit l'impact de l'environnement physique sur les comportements d'approche et d'évitement des clients et des employés, consécutifs à trois types de réponses internes. Ces dernières peuvent alors être cognitives, émotionnelles ou physiologiques. Des modèles plus adaptés à l'étude des parfums d'ambiance en magasin ont également été proposés (Girard et al., 2016 ; Gulas & Bloch, 1995) afin notamment, de prendre en compte les différences individuelles en lien avec l'olfaction (e.g., acuité, préférences), les facteurs modérateurs externes (e.g., température, autres facteurs d'ambiances) ou encore, les caractéristiques du parfum d'ambiance et de sa diffusion (e.g., concentration, complexité, durée de diffusion, etc.).

Un nombre conséquent de recherches a d'ores et déjà mis en évidence les effets de la diffusion de musique (pour revue, voir Michel et al., 2017) ou la diffusion d'odeur ambiante (pour revue, voir Rimkute et al., 2015 ; Teller & Dennis, 2012) sur les perceptions, les émotions et les comportements des clients. Malgré un certain engouement pour l'étude isolée de facteurs d'ambiance (Krishna, 2012), les chercheurs de terrain étudient de plus en plus les effets de congruence crossmodale dans les lieux de services (pour revue, voir Oakes & North, 2008 ; Schreuder et al., 2016). En effet, ces lieux sont par essence multisensoriels et sont perçus par les individus de manières holistiques (Spence et al., 2014).

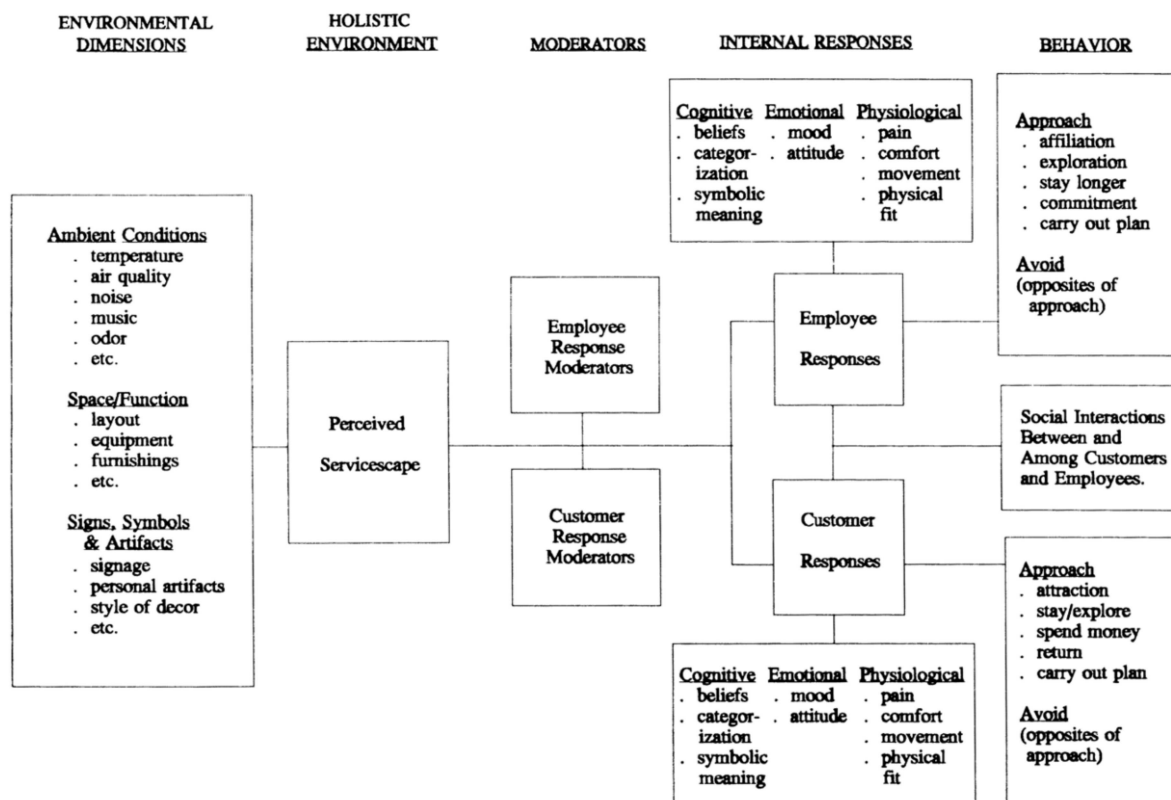


Figure 2. Cadre conceptuel du *servicescape* (Bitner, 1992). Celui-ci présente les dimensions environnementales considérées, regroupées en trois grandes catégories : (1) les conditions d’ambiances (e.g., bruit, odeur, température, qualité de l’air), (2) l’espace / la fonctionnalité (e.g., organisation du lieu, équipements), et (3) les signes, les symboles et les artefacts (e.g., signalétique, style de décor). Ces dimensions donneront lieu à une perception holistique du *servicescape*. Celle-ci sera modérée par les caractéristiques individuelles des employés et des clients. Elle donnera lieu à des réponses internes aux individus classés à nouveau en trois catégories : (1) réponses cognitives (e.g., croyances, catégorisation), (2) réponses émotionnelles (e.g., humeur, attitude), et (3) réponses physiologiques (e.g., douleur, confort, mouvement). Enfin, ces réponses internes favoriseront l’émergence de comportements d’approches (e.g., attraction, retour client, achat) ou d’évitement. Elles pourront également impacter les interactions sociales entre les personnes présentes.

Dans les sections suivantes, nous allons tout d’abord présenter l’ensemble des études consacrées aux effets de congruence crossmodale audio-olfactive sur les perceptions, les émotions, les cognitions, et/ou les comportements. Cette congruence pourra être d’ordre perceptif (e.g., *arousal*) lorsque les stimuli présentés dans différentes modalités sensorielles partagent une caractéristique ou un attribut perceptif commun. Elle pourra également être d’ordre sémantique (e.g., une source commune) lorsque les stimuli présentés dans différentes modalités sensorielles renseignent conjointement sur la nature ou l’identité d’un même objet (Spence, 2011).

1.1.3.2 Études des effets de congruence crossmodale audio-olfactive d'ordre perceptif

Mattila et Wirtz (2001) furent les premiers à étudier les effets de la diffusion simultanée d'un fond sonore et d'un parfum d'ambiance dans un magasin. Selon leur hypothèse, les effets des deux stimuli jugés comme plaisants devraient être modulés par leur degré de congruence en termes d'*arousal*. Ainsi, neuf conditions expérimentales ont été créées en croisant trois conditions musicales (i.e., pas de musique, musiques à faible *arousal* (i.e., tempo lent), musiques à fort *arousal* (i.e., tempo rapide)) et trois conditions olfactives (i.e., pas d'odeur, odeur à faible *arousal* (lavande), odeur à fort *arousal* (pamplemousse)). Les résultats confirment que la congruence en termes d'*arousal* de la musique et de l'odeur diffusée a eu un effet positif sur les évaluations des participants (plaisir, approche, satisfaction) et a favorisé les comportements d'achat impulsif. Michon et Chebat (2004) ont également étudié les effets de congruence audio-olfactive en termes d'*arousal* dans l'environnement d'un centre commercial. À la différence de Mattila et Wirtz (2001), ils n'avaient que deux conditions olfactives (pas d'odeur diffusée vs. odeur à fort *arousal* (citron)). En condition audio-olfactive, la congruence des deux stimuli à fort *arousal* s'est traduite par une hausse de l'appréciation du centre commercial. Morrin et Chebat (2005) ont quant à eux obtenu des résultats allant dans le sens contraire de ceux précédemment présentés. En effet, dans leur recherche ayant eu lieu dans un centre commercial, ils ont étudié l'interaction entre musique (i.e., pas de musique ou musique à tempo lent), odeur (i.e., pas d'odeur ou odeur d'agrumes) et style de clients (i.e., impulsif ou contemplatif). L'un des résultats obtenus le plus surprenant est que parmi les individus ayant participé à l'étude, ceux qui ont dépensé le moins d'argent sont ceux ayant été soumis à la diffusion simultanée des deux stimuli. Bien que les deux stimuli aient été jugés comme plaisants et appropriés au lieu de diffusion, il s'avère que le fond musical avait un tempo très bas induisant généralement un faible *arousal*. Au contraire, le parfum utilisé était composé d'un mélange d'odeurs d'agrumes dont les effets stimulants ont déjà été mis en évidence dans la littérature (e.g., Spangenberg et al., 1996). Ainsi, même si certaines dimensions sonores et olfactives correspondaient (ici de manière indirecte, via leur caractère plaisant et le caractère approprié), une non-congruence en termes d'*arousal* a pu être à l'origine de ces résultats, bien qu'aucune variation significative du niveau d'*arousal* ressenti n'ait été constatée chez les clients.

Plus récemment, Morrison et al. (2011) ont manipulé le volume de la musique diffusée (i.e., faible ou élevé) et la présence d'une odeur de vanille (i.e., présente ou absente) dans un magasin australien de prêt-à-porter pour femmes. Ils ont observé un effet d'interaction audio-olfactif significatif sur le plaisir et le temps passé dans le magasin, mais pas sur l'*arousal* perçu. Le choix des auteurs de sélectionner et d'utiliser l'odeur de vanille uniquement pour son caractère plaisant engendre des difficultés d'interprétation des résultats obtenus de cette expérimentation. En effet,

la musique et l'odeur utilisées n'ont pas été sélectionnées suivant une caractéristique commune comme l'*arousal* par exemple.

Enfin, Fenko et Loock (2014) ont, quant à eux, testé l'influence de la diffusion conjointe et séparée d'une odeur et d'une musique sur le niveau d'anxiété, dans une salle d'attente de chirurgie plastique. Pour ce faire, ils ont sélectionné deux stimuli perçus comme plaisants et relaxants (i.e., odeur de lavande et musiques instrumentales incluant des sons naturels de vent, d'eau ou d'animaux). Leur recherche révèle que les deux stimuli ont un effet positif significatif sur l'anxiété, mais seulement dans les conditions où ils sont diffusés séparément. L'utilisation conjointe n'a pas permis de diminuer le niveau d'anxiété des patients. Les auteurs avancent que l'augmentation du nombre de stimuli sensoriels a pu augmenter leur niveau d'*arousal*.

1.1.3.3 Études des effets de congruence crossmodale audio-olfactive d'ordre sémantique

Les effets de congruence crossmodale audio-olfactive d'ordre sémantique ont beaucoup moins été étudiés que les effets d'ordre perceptif. Seules trois études y ont été consacrées. Seo et Hummel (expérience 1, 2010) ont utilisé deux odeurs différentes (i.e., une odeur de chips et une odeur de café) et trois sons (i.e., une personne mangeant des chips, une personne buvant du café et un bruit blanc) qu'ils ont combinés pour obtenir six stimuli multisensoriels. Chacun d'entre eux était présenté aux participants 12 fois, soit 72 essais au total. L'expérimentation était assistée par ordinateur pour gérer avec précision la présentation du stimulus sonore et du stimulus olfactif. À chaque essai, un son était diffusé pendant 5 secondes. Quatre secondes après le début de l'extrait, le stimulus olfactif était délivré à l'aide d'un olfactomètre pour une durée de 250 ms. À la fin du stimulus sonore, les participants devaient évaluer l'intensité perçue et le caractère plaisant de l'odeur sur deux échelles de Likert affichées sur l'écran situé devant eux. De plus, en fin de session, les participants devaient notamment évaluer le niveau de congruence perçue pour chaque combinaison son – odeur. Les résultats obtenus montrent que lorsque le stimulus sonore et le stimulus olfactif sont congruents (e.g., diffusion du bruit d'une personne mangeant une chips et d'une odeur de chips), les participants évaluent plus positivement le caractère plaisant de l'odeur que lorsque les stimuli ne le sont pas. En outre, plus les participants jugent les stimuli comme congruents, plus l'évaluation du caractère plaisant moyen relatif à cette combinaison est élevée. Dans une deuxième expérience, Seo et al. (2014) ont retrouvé des résultats identiques en utilisant cette fois-ci, des stimuli plus abstraits (e.g., stimuli congruents : une musique traditionnelle de Noël et une odeur de cannelle).

Dans un contexte marketing et commercial, Spangenberg et al. (2005) ont manipulé la présence d'un parfum d'ambiance (i.e., absence de parfum ou parfum d'ambiance appelé « Noël

enchanté») ainsi que le type de musique d’ambiance qui était diffusée (i.e., deux albums de la chanteuse Amy Grant ont été utilisés, l’un était composé de musique de Noël et l’autre non). L’expérience avait lieu en laboratoire – et non dans un magasin – afin de pouvoir contrôler la diffusion des facteurs d’ambiance et l’exposition des participants à des images d’un lieu de vente. Ces derniers devaient évaluer l’environnement de vente (i.e., plaisir, arousal, dominance, qualité de l’environnement) ainsi que le lieu de vente et la marchandise vendue (e.g., attitude envers le magasin, attitude envers la marchandise, intention de visite). Les auteurs montrent qu’en condition de congruence (i.e., parfum d’ambiance et musique évoquant Noël), les évaluations sont plus positives qu’en condition de non-congruence (i.e., seul le parfum d’ambiance évoquait Noël) ou dans la condition où seule la musique de Noël est diffusée. Néanmoins, nous pouvons constater qu’il y a très peu voire aucune différence entre les évaluations en condition de congruence audio-olfactive et dans la condition où seule de la musique n’évoquant pas Noël était diffusée. De plus, aucune condition contrôle (i.e., absence de parfum et de musique) n’a été mise en œuvre, limitant, de ce fait, la portée des résultats.

Pour conclure ces deux sous-sections traitant des effets de congruence audio-olfactifs, les résultats expérimentaux sont mitigés. Certaines expérimentations parviennent à mettre en évidence des effets de congruence crossmodale (e.g., Mattila & Wirtz, 2001 ; Seo & Hummel, 2010), mais lorsque les effets vont dans le sens contraire à ce qui était attendu, il semble plus difficile d’expliquer pourquoi (Fenko & Loock, 2014 ; Morrin & Chebat, 2005). Ces résultats pourraient être dus, dans certains cas, à des problèmes liés au choix des stimuli (e.g., *arousals* différents) ou à des lieux d’expérimentation difficilement contrôlables (e.g., magasins).

Outre des effets de congruence crossmodale audio-olfactive, deux études ont mis en évidence des effets d’interférence entre ces deux modalités. Ainsi, un stimulus auditif peut impacter négativement le traitement d’un stimulus olfactif lorsqu’ils sont présentés conjointement.

1.1.4 Effets d’interférence audio-olfactive

Seo et al. (2011) ont étudié l’impact de fond sonore sur une tâche de discrimination olfactive. Pour ce faire, ils ont utilisé l’une des tâches d’un test d’évaluation clinique de l’olfaction appelé Sniffin’Stick Test. Celui-ci se compose de plusieurs marqueurs dont l’encre a été remplacée par un liquide odorant, facilitant ainsi sa présentation. Ce test consiste, à chacun des 16 essais, à présenter trois marqueurs les uns après les autres directement sous le nez des participants. Deux odeurs sont systématiquement identiques, la troisième est différente. La tâche consiste donc à dire quelle odeur est différente. Les participants prenaient part à deux sessions au cours desquelles la tâche était répétée une fois en l’absence de fond sonore, et une fois en présence d’un fond sonore. Ce dernier

pouvait être soit le son d'une foule d'individus en train de se parler (i.e., bruit de foule), soit un sketch humoristique (i.e., bruit verbal). Les résultats montrent que le fond sonore a un impact négatif et significatif sur les performances des participants. De plus, cet impact est plus important lorsqu'il s'agit du bruit verbal, comparé au bruit de foule. Par ailleurs, en utilisant un protocole similaire, Seo et al. (2012) ont montré qu'il existait un lien entre personnalité (i.e., niveau d'extraversion) et type de son (i.e., type de fond sonore (e.g., bruit de foule vs. bruit verbal) interférant avec une tâche olfactive.

Si on dresse un bilan intermédiaire des expérimentations ayant traité des interactions crossmodales audio-olfactives, il apparaît clairement que les modalités sensorielles et olfactives peuvent interagir, et ce, de différentes manières. Alors que certains chercheurs ont mis en évidence des liens de correspondances crossmodales audio-olfactives, d'autres ont montré les effets positifs en cas de congruence et des effets délétères en cas de non-congruence. Ainsi, si des individus sont soumis à des nuisances auditives et olfactives, il est fort probable que ces deux stimuli interagissent et maximisent l'inconfort des usagers. Cependant à ce stade de réflexion, les expérimentations présentées ne nous permettent pas de savoir si les effets observés des interactions audio-olfactives équivalent à une simple addition des effets engendrés par les stimuli pris séparément (Oiamo et al., 2015), ou bien s'il s'agit plutôt d'effets multiplicatifs. Concernant les processus sous-jacents aux comportements et aux évaluations des participants, l'addition des effets sera plutôt l'aboutissement de traitements séparés des informations sensorielles. En revanche, la multiplication des effets signifiera que les informations audio-olfactives ont été intégrées en une trace mnésique ou une représentation unique. Les effets observés seront donc qualitativement différents des effets produits par les informations sensorielles prises séparément (Holmes & Spence, 2005).

Dans la prochaine section de ce chapitre, nous allons présenter plus en détail ce processus d'intégration de composantes sensorielles – et motrices – issues de différentes modalités en une représentation ou trace mnésique unique.

1.2 Intégration multimodale

1.2.1 De l'intégration multisensorielle...

1.2.1.1 Origine d'un concept

Depuis plusieurs décennies, les chercheurs se sont intéressés à mieux comprendre ce que Stein et al. (2010) ont appelé l'intégration multisensorielle et qu'ils définissent comme étant « le processus neuronal par lequel les signaux unisensoriels sont combinés pour former un nouveau

produit. Il est défini opérationnellement comme une réponse multisensorielle (neurale ou comportementale) qui est significativement différente des réponses évoquées par les stimuli des composantes spécifiques à la modalité ». Ainsi, ce serait grâce à ces opérations neurophysiologiques que nous sommes en mesure de donner du sens à notre environnement, de ne pas le percevoir comme un simple ensemble de sensations isolées les unes des autres, mais comme un tout cohérent, décomposable en unités, en objets ou en événements. Originellement, l'intégration multisensorielle de signaux – visuels, auditifs, et tactiles – a été mise en évidence chez les mammifères à l'échelle du neurone, dans une structure sous-corticale appelée le colliculus supérieur (Meredith & Stein, 1983 ; Wallace et al., 1992). Certains neurones dits « multisensoriels » de cette structure sont en mesure d'intégrer ou de fusionner des signaux unisensoriels en un signal multisensoriel unique, qualitativement différent des signaux dont il est issu. Ceci se traduira par une réponse neuronale supérieure (ou inférieure) à la somme des réponses engendrées par chacun des signaux pris séparément (i.e., multiplicativité) et par une facilitation des réponses comportementales subséquentes (Holmes & Spence, 2005). Il a été montré que l'intégration multisensorielle était régie par trois grands principes : la synchronisation temporelle des signaux (Meredith et al., 1987), leur concordance spatiale (Meredith & Stein, 1986), et l'efficacité inverse (Meredith & Stein, 1983). Alors que les deux premiers principes portent sur des propriétés de la situation, le dernier porte plutôt sur la relation inverse entre la réponse neuronale unisensorielle lorsque les stimuli sont présentés séparément et la réponse neuronale multisensorielle (Holmes, 2009). En d'autres termes, plus les signaux unisensoriels engendreront une réponse faible lorsqu'ils sont traités séparément, plus la réponse multisensorielle sera inversement élevée. Bien que l'étude de l'intégration multisensorielle se soit fondée sur les travaux ayant porté sur les neurones multisensoriels du colliculus supérieur, Stein et al. (2020) précisent qu'à présent, « les bases physiologiques de l'intégration multisensorielle peuvent être mesurées de différentes manières et se manifester différemment dans différentes régions du cerveau », allant de l'intégration de signaux au niveau des neurones multisensoriels présents dans différentes structures sous-corticales et corticales, à la synchronisation entre des régions du cerveau.

1.2.1.2 Les facteurs favorisant l'intégration multisensorielle

Expérimentalement, l'étude du processus d'intégration est un champ très prolifique (pour synthèse, voir Spence & Frings, 2019) qui a donné lieu à des protocoles très diversifiés. C'est ainsi que Brunel et al. (expérience 1a, 2009) ont développé un protocole expérimental rendant compte de l'intégration d'informations auditives et visuelles. Dans une première phase d'apprentissage, un stimulus visuel (i.e., rond ou carré) était systématiquement présenté avec un stimulus auditif (i.e., bruit blanc) durant 500 ms. L'objectif pour les participants était de catégoriser les formes visuelles

à chaque essai (e.g., si carré appuyez sur le bouton de gauche, si rond appuyez sur le bouton de droite). Dans une deuxième phase, de nouveaux stimuli audiovisuels étaient présentés aux participants. À chaque essai, une forme visuelle (i.e., rond ou carré) était affichée durant 500 ms et elle était accompagnée soit d'un son grave soit d'un son aigu. De plus, soit le son était présenté 100 ms ou 500 ms après l'affichage de la forme visuelle suivant le groupe auquel les participants étaient affectés. L'objectif pour les participants était cette fois-ci de catégoriser le son entendu à chaque essai (grave vs. aigu). Les résultats ont montré que lorsque le son est présenté 500 ms après le début de l'affichage de la forme, les temps de catégorisation du son sont plus rapides si la forme a été associée préalablement au bruit blanc en phase 1. En revanche, les résultats sont complètement inversés lorsque le son est joué 100 ms après le début de l'affichage de la forme. En d'autres termes, on observe un effet de facilitation si le son est joué après l'affichage de la forme (i.e., SOA = 500 ms) et un effet d'interférence si le son aigu ou grave est joué au cours de l'affichage de la forme (i.e., SOA = 100 ms). Les auteurs interprètent ceci comme une preuve de l'intégration de composantes sensorielles auditives et visuelles au cours de la première phase. En effet, dès lors que le bruit blanc et une forme visuelle ont été intégrés en un événement unique au sein d'une trace mnésique, le fait de présenter en phase 2 cette forme visuelle réactivait automatiquement la composante auditive de la trace. Ainsi, le recouvrement des traitements nécessaires pour traiter le son nouveau à catégoriser et pour traiter le bruit blanc réactivé se traduisait par un effet d'interférence.

Ce protocole constitue un parfait exemple d'application des principes situationnels sous-tendant le processus d'intégration (i.e., synchronisation temporelle et concordance spatiale) qui ont été découverts dans les années 80. Néanmoins, une multitude d'autres facteurs peuvent favoriser l'intégration multisensorielle (Talsma, 2015). Brunel et al. (2015) ont par exemple pu mettre en évidence l'impact d'un lien de correspondance crossmodale entre une dimension visuelle (i.e., luminance) et la dimension auditive (i.e., hauteur tonale) sur l'intégration de stimuli.

1.2.2 ... À l'intégration multimodale

Parallèlement aux recherches ayant porté sur l'intégration multisensorielle, une conception élargie de l'intégration a vu le jour. En effet, il a été suggéré que le processus d'intégration ne se limitait pas à la sensorialité, mais pouvait s'étendre à l'action motrice. Les travaux des membres de notre équipe de recherche (e.g., Camus et al., 2016) ou encore ceux de Corveleyn (e.g., Corveleyn et al., 2012) en sont de parfaits exemples. Ainsi, on ne parlera plus dans la suite de cette thèse d'intégration multisensorielle, mais d'intégration multimodale, afin que l'action puisse être considérée comme une modalité à part entière, au même titre que les modalités sensorielles.

Hommel, qui a repris et modernisé les théories idéomotrices (voir Thébault, 2019, pour une présentation détaillée), a proposé que la perception et la motricité entretenaient des relations très étroites, au point de partager un code commun (Hommel et al., 2001). L'idée qu'il défend est la suivante :

« Je propose que chaque rencontre avec un événement perçu, tel qu'un stimulus brièvement présenté, ou un événement à produire, tel qu'une action intentionnelle, conduise à la création d'un "fichier d'événement" transitoire et épisodique - un réseau de liens qui relie temporellement les codes des caractéristiques pertinentes ou saillantes de l'événement perceptuel, d'une action associée et du contexte de la tâche. »²

(Hommel, 2004, p494)

Ainsi selon lui, les caractéristiques perceptives d'un stimulus et celle de l'action qui y est liée doivent être intégrées – quel que soit le mécanisme neuronal sous-jacent – temporairement au sein d'une même et unique représentation qu'il nomme « fichier d'événement » (i.e., *event-file* en anglais). Il est à noter que ce dernier est une extension de la notion de « fichier d'objet » (i.e., *object-file* en anglais) – une représentation temporaire et épisodique d'un objet du monde réel basé sur l'intégration de ses caractéristiques perceptives (Kahneman et al., 1992) – incluant les caractéristiques de l'action associée à l'objet.

Pour tester son idée, Hommel (1998, 2004) a développé un paradigme expérimental en vue de mettre en évidence le processus d'intégration multimodale, c'est-à-dire l'intégration de caractéristiques sensorielles et motrices au sein d'une représentation unique. Il s'agit d'une tâche d'amorçage dont chaque essai est décomposable en trois temps (voir Figure 3). Dans un premier temps, un indice visuel (i.e., une flèche pointant à droite ou à gauche) indique au participant la réponse motrice qu'il devra effectuer dès l'affichage du premier stimulus (i.e., l'amorce ; e.g., un son aigu et fort), c'est-à-dire sur quelle touche de réponse il devra appuyer. Dans un deuxième temps, l'amorce est présentée et le participant produit la réponse motrice qui lui a été indiquée précédemment. À ce moment-là, les caractéristiques du stimulus et de la réponse motrice sont intégrées au sein d'un fichier d'événement, les rendant alors temporairement indisponibles pour tout traitement subséquent. Dans un troisième temps, le participant doit catégoriser un second stimulus qu'on lui présente (i.e., la sonde ; e.g., un son aigu et faible) suivant les consignes qu'il a reçues en début d'expérience (e.g., « appuyez sur la touche de gauche si le son est aigu, appuyez sur

² Citation originale : "I propose that each encounter with a perceived event, such as a briefly presented stimulus, or a to-be-produced event, such as an intentional action, leads to the creation of a transient, episodic 'event file' – a network of bindings that temporarily link codes of the relevant or salient features of the perceptual event, an accompanying action, and the task context" (Hommel, 2004, p494).

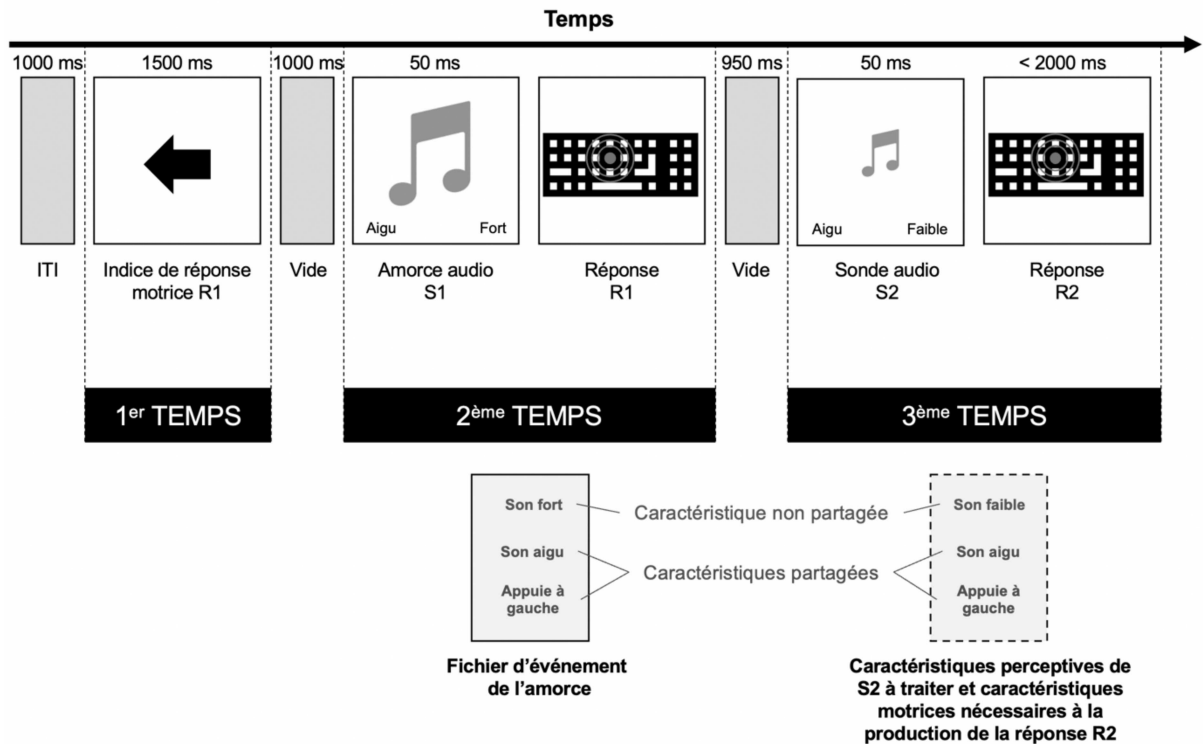


Figure 3. Explication du paradigme expérimental développé par Hommel (1998, 2004). L'exemple présenté ici (i.e., les durées des différentes séquences composant un essai et les stimuli utilisés) illustre le déroulement des essais de l'expérience de Zmigrod et al. (2009). Dans un premier temps, il est indiqué par une flèche au participant qu'il devra appuyer sur la touche de gauche dès qu'il entendra un son. Dans un deuxième temps, un son aigu et fort est présenté (S1), suivi par l'appui de la touche de gauche (R1). Les deux caractéristiques sonores et celles de l'action motrice planifiée sont alors intégrées ensemble, dans le fichier d'événement de l'amorce. Dans un troisième temps, un second stimulus sonore (i.e., son aigu et faible) est présenté (S2). Le participant doit alors produire une deuxième réponse motrice (R2) selon les consignes qu'il a reçues en début d'expérience (i.e., dans notre l'exemple, « appuyez sur le bouton de gauche si le son est aigu et sur le bouton de droite si le son est grave »). Le temps de réponse en R2 sera ici impacté (i.e., ralenti), car une partie des caractéristiques nécessaires pour traiter le stimulus et y répondre est temporairement indisponible, car intégrée au fichier d'événement de l'amorce.

la touche de droite si le son est grave »). Alors, si la sonde ne partage qu'une ou deux caractéristiques sur les trois avec l'amorce (e.g., la hauteur du son et la réponse motrice), le temps nécessaire pour la traiter sera allongé, car la ou les caractéristiques qui ont été répétées sont temporairement indisponibles, elles sont déjà intégrées dans le fichier d'événement de l'amorce. De la même manière, si lors du troisième temps, la sonde partage les caractéristiques perceptives de l'amorce, mais pas sa caractéristique motrice, alors le temps de réponse sera également plus important. A contrario, la catégorisation de la sonde sera facilitée (i.e., temps de réponse plus court) si celle-ci est identique à l'amorce et si le participant doit appuyer deux fois sur la même touche au cours de

l'essai. De même, les temps de réponse seront plus courts si l'amorce et la sonde sont complètement différentes et que le participant doit appuyer sur deux touches différentes au cours de l'essai. Ce paradigme a notamment été mis en œuvre pour mettre en évidence l'intégration unisensorielle de caractéristiques auditives (voir Figure 3 ; Zmigrod & Hommel, 2009), mais également l'intégration multisensorielle de caractéristiques auditives et visuelles ou auditives et tactiles (Zmigrod et al., 2008). En résumé, ce protocole présente trois avantages majeurs : (1) sa simplicité de mise en œuvre, (2) la possibilité d'observer directement les effets des manipulations sur les comportements des individus, et (3) la possibilité d'observer les interactions entre caractéristiques sensorielles et motrices.

Alors que le processus d'intégration a principalement été étudié en utilisant des stimuli visuels et auditifs (Spence & Frings, 2019), nous pouvons nous demander à présent si celui-ci s'applique également aux stimuli chimiques et plus précisément, aux stimuli olfactifs.

1.2.2.1 Processus d'intégration multimodale entre des informations chimiques et non chimiques

À notre connaissance, seules deux études ont porté sur l'étude du processus d'intégration de signaux chimiques et non chimiques. Dans la première étude, Ohla et al. (2017) ont étudié l'influence de l'olfaction sur le traitement d'objet audiovisuel à l'aide de méthodes d'électroencéphalographies (EEG). Les participants étaient amenés à réaliser une simple tâche de catégorisation de stimuli (i.e., l'objet « café », l'objet « poisson » ou un mélange des deux) présentés sous forme auditive, visuelle, audio-olfactive, visio-olfactive ou visio-audio-olfactive. Bien que les traitements n'aient pas directement porté sur les interactions bimodales visio-olfactives et audio-olfactives, les auteurs concluent, d'après leurs mesures, que la congruence entre les informations olfactives et les informations issues des autres modalités contribuerait davantage à un processus évaluatif (i.e., congruence sémantique), plutôt qu'à un processus d'intégration multisensorielle basé sur une congruence spatiotemporelle.

Dans une autre expérience, Amsellem et al. (2018) se sont focalisés sur les interactions bimodales visio-olfactives. Pour ce faire, ils ont mis en œuvre un paradigme expérimental assez proche du précédent. Ils ont ainsi manipulé deux objets : (1) orange (i.e., le fruit) et (2) poulet. Ces objets étaient soit unimodaux, soit bimodaux. Les stimuli bimodaux étaient présentés selon différents niveaux de congruence (i.e., 100% orange, 100% poulet, mélange des deux à dominance orange, mélange des deux à dominance poulet, mélange équilibré des deux). Les participants devaient réaliser une simple tâche de détection, c'est-à-dire appuyer le plus vite possible sur un bouton dès qu'ils percevaient le stimulus à la suite de sa présentation. Il leur était également

demandé d'évaluer l'intensité perçue, le caractère plaisant, ainsi que le niveau de congruence perçue des stimuli bimodaux. Les temps de réponse ont été analysés grâce à la méthode de falsification de l'inégalité (i.e., *race models* ; Miller, 1982). Les résultats principaux de cette recherche montrent que les informations olfactives et visuelles ne semblent pas s'intégrer en un signal unique. En revanche, ils mettent en évidence un effet de congruence sémantique. Lorsque les informations provenant des deux modalités (e.g., odeur d'orange et image d'une orange) sont congruentes, le caractère plaisant des stimuli bimodaux présentés est supérieur à celui des stimuli unimodaux pris séparément.

1.3 Synthèse du chapitre 1

Nous avons vu au cours de ce chapitre que les informations auditives et olfactives pouvaient interagir grâce aux nombreux travaux ayant porté sur l'établissement de correspondances crossmodales ou sur la démonstration d'effets de congruence ou d'interférence crossmodale audio-olfactive. Néanmoins, ces expérimentations ne nous permettent pas de savoir si les effets observés sont dus à la co-activation et au traitement des informations sensorielles prises séparément (i.e., effets additifs), ou à leur intégration au sein d'une représentation multimodale unique (i.e., effets multiplicatifs). Les deux dernières études (Amsellem et al., 2018 ; Ohla et al., 2017) que nous avons décrites aboutissent à la conclusion que les informations sensorielles olfactives ne semblent pas pouvoir s'intégrer avec des informations sensorielles issues de sens non chimiques. Néanmoins, compte tenu de la disparité des protocoles utilisés et du fait que les stimuli auditifs et olfactifs des deux études entretenaient un lien de correspondance crossmodale d'ordre sémantique, les résultats sont difficiles à interpréter. Enfin, il est à noter que l'intégration éventuelle d'informations sensorielles auditives et olfactives n'a jamais été testée.

Question de recherche n°1 : Est-ce que des informations sensorielles auditives et olfactives – ne partageant aucune dimension ou attribut commun – peuvent s'intégrer en une représentation multimodale ?

1.4 Article 1

1.4.1 Résumé

Nous avons consacré ce premier chapitre aux interactions crossmodales audio-olfactives et à l'intégration multimodale. Nous avons pu constater que la littérature scientifique actuelle ne permet pas de déterminer si des informations auditives et olfactives peuvent s'intégrer au sein d'une même représentation multimodale (i.e., fichier d'événement). En d'autres termes, cela revient à se demander si la nature des correspondances crossmodales audio-olfactives que nous avons mises en évidence dans ce chapitre serait d'ordre perceptif ou sémantique.

Pour répondre à cette question, nous avons adapté le protocole de Hommel (1998, 2004) que nous avons présenté, à l'étude des interactions crossmodales audio-olfactives. Afin de pouvoir synchroniser la présentation de stimuli auditifs et olfactifs, nous avons choisi de ne pas utiliser un olfactomètre, car ce dispositif ne garantit pas à 100% que les participants sentiront l'odeur au moment précis où elle est diffusée. Nous avons donc développé un protocole qui nous assure que, du début à la fin de l'expérience, les participants ont bien perçu les stimuli auditifs et olfactifs simultanément. Le protocole était le suivant : lorsque le bruit émis par l'inspiration effectuée par les participants dépassait un seuil préalablement fixé et adapté à chaque participant, un bip sonore était déclenché. Cette procédure permettait de garantir la congruence temporelle des stimuli. En outre, afin de maximiser la congruence spatiale, l'odeur était présentée directement devant le nez des participants et les stimuli auditifs étaient présentés en monophonie. Ainsi, les deux stimuli étaient approximativement situés au niveau de la tête des participants. Compte tenu des contraintes imposées par l'utilisation de stimuli olfactifs et notamment, la prise en compte du temps nécessaire pour inspirer, expirer et éviter une saturation du système olfactif, nous avons également adapté la temporalité des différentes séquences constitutives d'un essai par rapport au protocole original (voir Figure 5). Enfin, nous avons également modifié le dispositif de réponse. En effet, celui-ci devait nous servir à la fois de dispositif de réponse, mais également pour indiquer au participant quelle réponse effectuer après la présentation du premier stimulus audio-olfactif. Ceci a été rendu possible grâce à l'emploi d'une manette de jeu qui pouvait vibrer indépendamment ou conjointement à gauche et/ou à droite, grâce aux moteurs qu'elle contenait.

L'hypothèse sous-jacente à notre question de recherche était que si des informations olfactives et auditives sont présentées de manière synchrone et spatialement congruente, alors elles devraient s'intégrer temporairement en un événement unique. De plus, les caractéristiques motrices activées lors de la présentation du premier stimulus audio-olfactif devraient également être intégrées au sein de la même représentation.

Contrairement à notre hypothèse, les résultats suggèrent que les informations auditives et olfactives ne s'intègrent pas au sein d'une même représentation temporaire multimodale. En revanche, les caractéristiques sensorielles qui sont la cible des processus perceptifs (i.e., catégorisation en S2 du stimulus olfactif ou du stimulus auditif, suivant les conditions) s'intègrent aux caractéristiques motrices associées à la réponse première motrice (R1). Ces résultats sont notamment discutés au regard des précédents travaux consacrés à l'étude de l'intégration multimodale (Amsellem et al., 2018 ; Ohla et al., 2017) impliquant l'olfaction, ainsi qu'au regard du rôle fonctionnel de l'olfaction (Köster et al., 2014 ; Stevenson, 2010).

1.4.2 The semantic nature of auditory-olfactory crossmodal correspondence.

Auteurs : Frédéric Collin, Arthur Dupuy, Isabelle Parrot, Ismaël Barbara, Guillaume Thébault, Lionel Brunel.

État d'avancement : Article soumis dans une revue scientifique (*under review*).

ABSTRACT

Over the last twenty years, many crossmodal correspondences between olfaction and audition have been uncovered, from olfactory concentration and auditory loudness, to olfactory quality and auditory pitch. Such effects could be interpreted at a semantic level, for instance, a loud sound could be referred as “strong” such as a concentrated odour. Nonetheless, they could also be interpreted at a perceptual level. It means that multisensory integration should occur during the processing of auditory and olfactory stimuli presented simultaneously from the same location. Consequently, the aim of this article is to assess directly and for the first time if there is any evidence of multisensory integration during the processing of bimodal audio-olfactory stimuli. To do so, we used an experimental paradigm designed to demonstrate spontaneous features integration. Contrary to our main hypothesis, our experiment provides no evidence for spontaneous integration across auditory and olfactory features. However, our results demonstrate that relevant perceptual features for the task are integrated with motor features activated during action planning. The results are discussed regarding previous attempts of multimodal integration involving olfactory features, and regarding the functional role of olfaction in humans’ daily life. Be that as it may, crossmodal correspondences between olfactory and auditory stimuli seem to occur at a semantic level, rather than at a perceptual level.

Keywords: Crossmodal correspondence, olfaction and audition, multimodal integration, perception and action, feature integration

INTRODUCTION

We perceive our world thanks to all our senses. Each one of them plays a particular role and, by combining all sensory information, we are able to perceive and make sense to our environment. Until the 21st century researchers focused mainly on studying sensory modalities separately from each other. However, they can also be described in terms of their plasticity and interactivity (for a review, see Shimojo & Shams, 2001). The perception of a multisensory environment requires not only multiple activation in sensory areas but also the synchronisation and integration of these activations (e.g., King, 2005). In that context, it has been established that our cognitive system is able to establish cross-modal correspondences between different sensory dimensions experienced through different senses, and that they tend to covariate (Parise & Spence, 2013; Spence, 2011). For instance, size dimension variations are often associated with sound frequency variations (e.g., Evans & Treisman, 2010). A small object, such as a bird, has a higher probability to produce a high-pitched sound than a low-pitched sound. Such multisensory interaction had a functional role during perceptual processes and are supposed to lead to a better integration of a cross-modal stimulus (Parise & Spence, 2009). While multisensory interaction between vision and audition has been widely studied (Parise & Spence, 2013 ; see Spence, 2007, 2011, for review), less is known about multisensory processing between olfaction and audition.

Few studies highlighted crossmodal correspondences between olfaction and audition across different sensory features. For instance, the study of Persson (2011), could be considered as a direct evidence of cross-modal correspondence between auditory loudness and olfactory concentration. In his experiment, Persson showed that participants tend to spontaneously match a high volume of odours (i.e., whiskey or N-Butanol) to a high-volume sound and a low concentration of odours to a low volume sound. The same kind of association was also observed between olfactory quality (i.e., label) and auditory pitch (see Belkin et al., 1997; Crisinel & Spence, 2012; Crisinel et al., 2013), olfactory quality and auditory timbre (see Crisinel & Spence, 2012; Crisinel et al., 2013). Such effects could be either interpreted either at a semantic level or at a perceptual level. At a perceptual level, we could observe crossmodal correspondence between olfaction and audition because for instance, odour concentration and auditory loudness are polar dimensions and should frequently covariate together. Thus, it would be easier to associate a high volume of odours with a high-volume sound. At a semantic level, both odour and sound could refer to a common semantic unit for instance a loud sound could be referred as “strong” such as high odorous whiskey. Thus, participants could have paired both odour and sound according to this common label. If crossmodal correspondence between olfaction and audition are perceptually based, we could expect that processing bimodal stimuli (i.e., auditory and olfactory stimuli) would involve multisensory processes similar to those

used for other sensory modalities for which, a perceptually based relation was clearly established (i.e., audiovisual stimuli; see Parise & Spence, 2013). The multisensory integration is supposed to be the signature of multisensory processing and it is associated with the emergence of a “new product” during the processing of a stimulus combining information coming from two or more sensory modalities (Stein et al., 2010). The McGurk effect (McGurk & MacDonald, 1976) is without doubt the best-known example of multisensory integration. This effect reveals that participants tend to perceive /da/ when they see the syllable /ga/ and hear the sound /ba/. Thus, processing a bimodal audiovisual stimulus is qualitatively distinct from processing separately both audio and visual stimuli. To summarise, if crossmodal correspondence between audition and olfaction occurs at a perceptual level, we can expect that multisensory integration occurs during the processing of bimodal audio-olfactory stimuli as it occurs during the processing of bimodal audio-visual stimuli (Seo et al., 2011; Seo & Hummel, 2010). However, if crossmodal correspondence between audition and olfaction occurs at a semantic level, we would not observe such multisensory integration. Our paper aimed at assessing directly and for the first time if there is any evidence of multisensory integration during the processing of bimodal audio-olfactory stimuli.

To do so, we used an experimental paradigm developed by Hommel (1998, 2004) aimed at exploring and demonstrating spontaneous integration between perceptual and motor features that temporally overlap, either using unimodal or bimodal perceptual stimuli (Zmigrod & Hommel, 2013). For example, Zmigrod et al. (experience 1, 2008) studied multisensory integration across vision, audition and action. Each trial was constituted in two parts. A bimodal stimulus (S1) was first presented to the participants. A circle appeared on the screen, either coloured in red or blue (i.e., the visual feature) while a high or low tone sound (i.e., the sound feature) was played simultaneously. Only a simple action (R1) was carried out by the participants at that point. It consisted in pressing the left or right button of a computer mouse, according to the direction of the arrow that appeared just before the onset of S1. Shortly after, a second multimodal stimulus (S2) was presented with three possible outcomes. S1 and S2 was identical, S1 and S2 was completely different (e.g., a red circle and a low tone constituted S1 while a blue circle and a high tone constituted S2), or only one feature between S1 and S2 was changed (e.g., a red circle was presented twice while a low tone was used for S1 and a high tone was used for S2). Depending on the relevant modality for the task, participants had to categorise either the visual or auditory feature of S2 (e.g., if the relevant feature was visual, then the task for the participant could have been to press left if the circle was coloured in blue and right if it was coloured in red) as a second motor response (R2). Results showed that participants were the fastest when S1 and S2 were different or identical. In

contrast, they were slower when only one feature alternated between S1 and S2. Furthermore, performance was impaired when participants had to carry out two different actions (i.e., press the left button after S1 and the right button after S2) while perceptual features were repeated or when the perceptual feature relevant for the task changed while performing the same response after the presentations of S1 and S2. Thus, this experimental paradigm seems to be an appropriate behavioural task to study the interaction between olfactory and auditory features. Furthermore, it will allow us to study potential integration between olfactory and motor response feature. It is particularly interesting knowing that olfaction is deeply linked to survival and social behaviours (Aglioti & Pazzaglia, 2011).

Regarding our experiment, we expected that we would observe the same response pattern as Zmigrod et al. (2008). Thus, the partial repetitions would impair performance relative to complete repetitions or alternations. Furthermore, motor features involved in the action planning of R1 and perceptual features would be bound. Consequently, we would observe facilitation or interference effects, depending on whether R1 and R2 are identical or different.

METHOD

Participants

29 students from Paul Valéry University Montpellier 3 (20 women; $M = 23.7$ years; $SD = 6.8$) took part in the experiment. First-year psychology students received a bonus point. The participants were all native French speakers and they all signed a consent form. In addition, all participants were informed of the inclusion criteria imposed by the experiment: have no olfactory problems, wear no perfume or perfumed deodorant, avoid sweat smell, and avoid smoking 30 minutes before the beginning of the experiment. Participants were not aware of the purpose of the experiment. One participant was excluded from the analysis because of a high percentage of errors (PE) and very long RT.

Stimuli and Design

The sound stimuli used were two pure tones with a frequency of 1000 Hz and 3000 Hz, and a duration of 700 ms. The olfactory stimuli used were two synthetic molecules whose particularity was to report a very low habituation rate (Sinding et al., 2017). One smells like lemon (Lemonile®, Givaudan), the second smells like cut grass (CIS-3-Hexenol, Givaudan). The former was diluted at a ratio of 1:100 and the latter at a ratio of 5:100 with Propylene Glycol (Sigma Aldrich, Inc.) to limit evaporation of the solution. Pieces of sponge measuring 30 mm x 30 mm x 10 mm were soaked in solution and then, they were placed in laying cups (see Figure 4). A perforated lid closed

each cup to prevent the pieces of sponge from falling out. The cups were fixed to a rotating monitor base so that they could be individually placed in front of the participants' nose by a simple rotation of the plate (see Figure 4). Two cups were used for each odour so that the base would be systematically rotated between each use, even if the same odour was presented twice during a trial. Furthermore, the experimenter rotated the base during inter-trial intervals so that the participant's head was situated between two cups (see Figure 4 A).

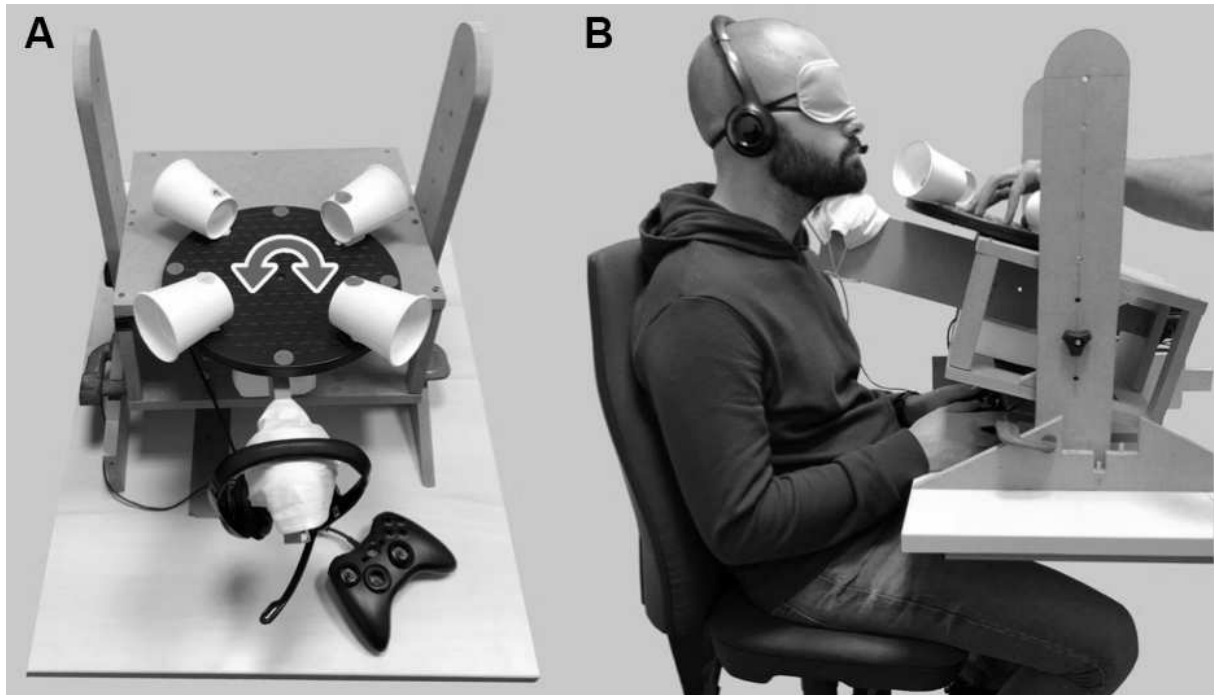


Figure 4. Experimental apparatus. The green arrow illustrates the possible movements of the rotating monitor base. During a trial interval of 10,000 ms or a waiting time of 1500 ms after R1 (see Figure 5), the experimenter set the rotating base so that the participant's head was situated between two cups and that the participant could not smell any odours (the red dot on the base corresponds to the waiting positions). The presence of two cups per odour (yellow and blue cups) allowed the experimenter to systematically rotate the base when presenting a new stimulus, even if the same odour was presented twice during a trial. (B) A participant waits for a new trial to begin. The experimenter is about to rotate the base with a hand gesture.

Participants were seated in a chair during the entire experiment. They rested their heads on a wooden frame (see Figure 4) covered with foam for comfort and with a single-use surgical mask for hygienic reasons. Furthermore, a night mask covered their eyes. The experiment was entirely computer-assisted. Participants were equipped with a headset and held a Microsoft XBOX 360 game pad in their hand, both pieces of equipment were connected to the computer. This type of joystick usually features two motors. The one situated on the left side of the game pad can produce a “slow” vibration, and the one situated on the right side can produce a “fast” vibration. In order

to use the game pad vibration feature as a cue, we replaced the slow vibrating motor with a fast one that we took from another joystick. Thus, the left and right side of the joystick could vibrate in the same way.

Procedure

Participants were divided into two groups. For those in the first group, only the auditory dimension was relevant to perform the task. Participants had to determine whether the second sound they heard during a trial was high or low-pitched. For those in the second group, only the olfactory dimension was relevant to perform the task. Participants were asked to determine whether the second odour they smelled during the trial was lemon or grass.

Each session consisted of a block of 15 training trials and a block of 128 experimental trials. Halfway through the experimental block, participants took a 60-second break during which they could relax and remove their helmets and masks. The trial order was randomised. Each trial always followed the same sequence (see Figure 5) and was always broken down as follows: (1) a 10,000 ms between-trial interval (2), the left or right side of the joystick vibrated, (3) participants sniffed until they heard a high or low frequency tone, (4) participants pressed the left or right button (buttons were located on the back of the joystick) according to the side of the pad that vibrated before sniffing, (5) participants waited for 1500 ms after their first answer (R1), (6) a second vibration was emitted from both sides of the joystick indicating to participants that they could sniff again, (7) participants sniffed until they heard a second high or low tone, and (8) the participants produced a second response (R2) by pressing the left or right button according to the type of stimulus that was relevant to them.

Features' assignment was counterbalanced between the participants (e.g., press left if the tone was low-pitched and right if the sound was high-pitched, or press left if the odour reminded them lemon or right if the odour reminded them grass).

During a trial, participants were therefore required to sniff twice and respond with the controller after each sniff. For a trial to be considered correct, the first button-press on the joystick had to indicate which side of the joystick vibrated. The second button-press had to indicate the relevant stimulus for the task that they perceived after the second sniff. Participants were instructed to respond as accurately and fast as possible, but also to sniff as soon as they felt a vibration.

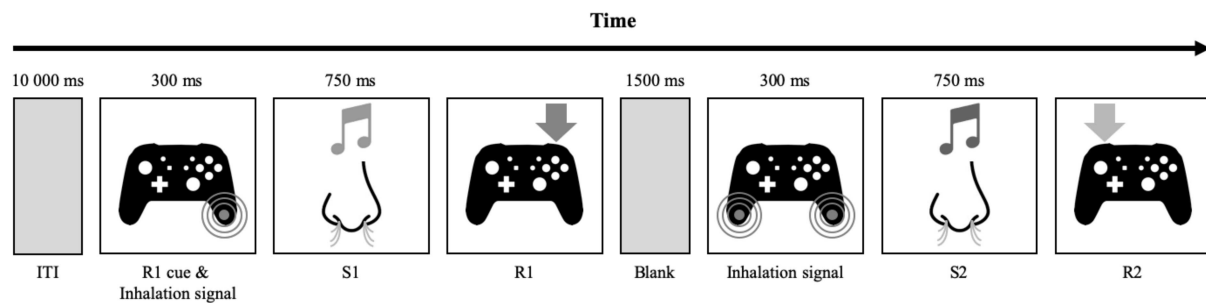


Figure 5. Example of a sequence of events for a participant whose task is to categorise the odour. Each new trial was preceded by an ITI of 10,000 ms, followed by a lateral vibration of the joystick (here on the right), indicating to the participant that he can inhale strongly until he hears a tone. Thus, the odour and the tone (S1) are simultaneously perceived by the participant (here the odour is represented in orange and the first tone in blue). In this example, the odour perceived by the participant is repeated between S1 and S2 while the sound is alternated (symbolised by the change of colour of the tone from blue to red). For the first response (R1) to be considered correct, the participant had to press the button situated on the side that was cued by the first vibration (symbolised in green) before the onset of the first stimulus (S1). For the second response (R2) to be considered correct, the participant had to press the button (left in the example) that was assigned to the second odour (S2).

If participants did not sniff after a vibration or did not respond after sniffing and hearing a tone, the experimenter would then orally tell the participant what action to perform. The fact that the participant was sniffing to trigger a tone allows us to ensure that the odour and the tone were simultaneously perceived.

RESULTS

Firstly, we discarded incorrect R1 responses (2.86% of trials) and incorrect R2 responses (5.6% of trials). Secondly, we excluded missing ($RT > 2000$ ms) or anticipated ($RT < 200$ ms) R2 responses (0.47% of the remaining trials). We performed a mixed ANOVA with one between-subject (Task: Pitch vs. Odour) and three within-subject factors (Odour: Repeated vs. Alternated; Pitch: Repeated vs. Alternated, Response: Repeated vs. Alternated) to assess R2 responses Reaction Times and Percent errors. Mean RTs and PEs for R2 responses are provided in Table 1.

Table 1. Means and Standard Errors of Mean Reaction Times (TR, in milliseconds) and Percent Errors (PE) for Responses to S2 as a function of the expected dimension, the relationship between the stimuli (Repetition vs. Alternation), and the relationship between the Responses (Repetition vs. Alternation)

Attended dimension	Stimulus characteristic repeated	Response							
		Repeated				Alternated			
		RT		PE		RT		PE	
		<i>M</i>	<i>ES</i>	<i>M</i>	<i>ES</i>	<i>M</i>	<i>ES</i>	<i>M</i>	<i>ES</i>
Pitch	Neither	794	52	5.0	1.4	845	49	4.6	1.3
	Pitch	821	52	7.2	1.6	791	53	0.9	0.6
	Odour	796	39	6.6	1.7	804	50	6.9	1.3
	Both	831	43	5.4	1.3	771	50	1.2	1.2
Odour	Neither	903	86	8.0	1.5	919	81	2.8	0.9
	Pitch	896	80	7.8	1.7	931	82	7.5	1.5
	Odour	881	86	7.0	2.1	846	77	3.6	1.6
	Both	936	84	6.5	1.7	883	85	3.7	1.3

Reaction times

The ANOVA (see Table 2) revealed significant interactions between response, pitch and task ($F(1,27) = 7.799, p = .009, \eta_p^2 = 0.224$), response and pitch ($F(1,27) = 7.450, p = .011, \eta_p^2 = 0.216$), response and odour ($F(1,27) = 6.047, p = .021, \eta_p^2 = 0.183$), but no significant interaction between odour and pitch as well as no significant main effects of task, response, odour or pitch.

Table 2. Results of analysis of variance on means reaction time (RT) of correct responses and percentage of errors (PE) of R2. $df = (1,27)$ for all effects.

Effect	RT		PE	
	MSE	<i>F</i>	MSE	<i>F</i>
Task	495142	1.04	76	1.27
Response	3999	0.63	450	20.40 ***
Response x Task	29	0.01	1	0.05
Odour	20719	3.57	7	0.14
Odour x Task	2619	0.45	54	1.12
Pitch	4856	1.10	17	0.75
Pitch x Task	13704	3.12	144	6.36 *
Response x Odour	41592	6.05 *	4	0.24
Response x Odour x Task	3970	0.58	10	0.59
Response x Pitch	19449	7.45 *	24	0.99
Response x Pitch x Task	20358	7.80 **	228	9.21 **
Odour x Pitch	12295	1.80	93	3.83
Odour x Pitch x Task	2973	0.44	0	0.01
Response x Odour x Pitch	559	0.10	8	0.38
Response x Odour x Pitch x Task	2198	0.39	30	1.41

In order to investigate the significant interactions, we performed two separate ANOVAs split by task (see Figure 6). Regarding the pitch task, results revealed only a significant interaction between response and pitch, ($F(1,14) = 18.946, p < .001, \eta_p^2 = 0.575$). Regarding the odour task, results showed a significant interaction between response and odour, ($F(1,13) = 5.124, p = .041, \eta_p^2 = 0.283$), as well as a significant main effect of pitch ($F(1,13) = 4.913, p = .045, \eta_p^2 = 0.274$).

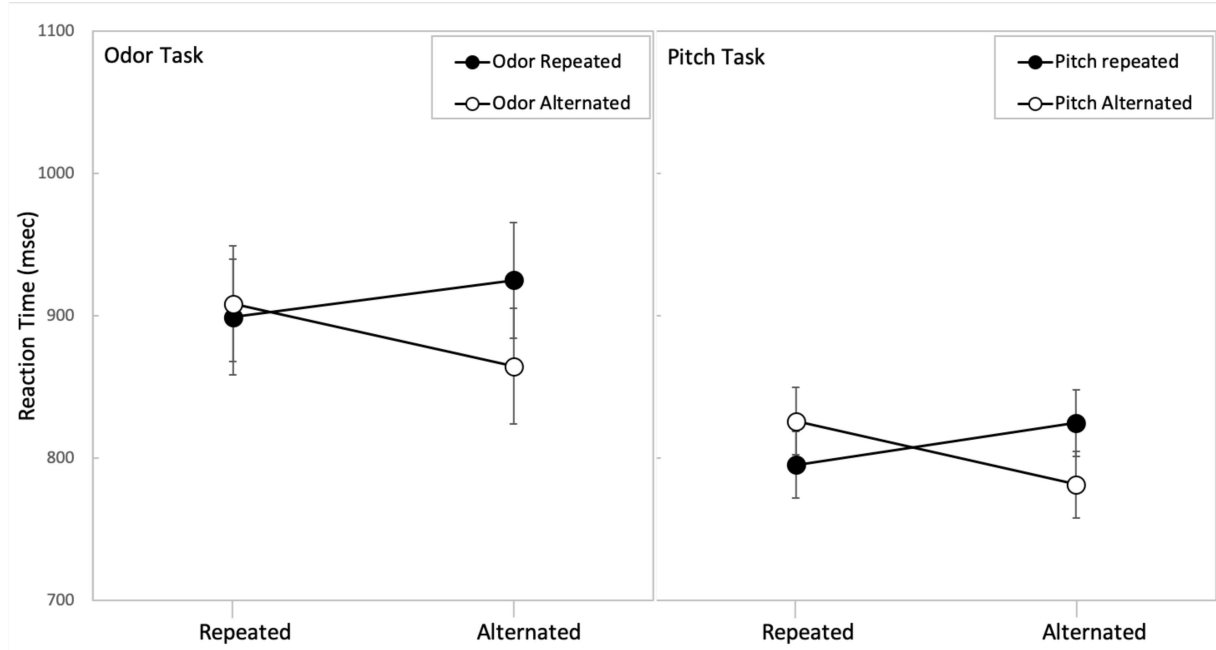


Figure 6. Reaction times of R2 for repetition versus alternation of the stimuli in the auditory feature pitch and the olfactory feature odour, as a function of response repetition (vs. alternation) and task.

Percent Errors

The ANOVA showed significant interactions between response, pitch and task ($F(1,27) = 9.208, p = .005, \eta_p^2 = 0.254$), pitch and task ($F(1,27) = 6.356, p < .018, \eta_p^2 = 0.191$), as well as a significant main effect of response ($F(1,27) = 20.404, p < .001, \eta_p^2 = 0.430$). Split ANOVAs revealed for the pitch task a significant interaction between response and pitch ($F(1,14) = 7.785, p = .014, \eta_p^2 = 0.357$), as well as significant main effects of pitch ($F(1,14) = 7.999, p = .013, \eta_p^2 = 0.364$) and response ($F(1,14) = 8.635, p = .011, \eta_p^2 = 0.381$). Regarding the odour task, results only showed a significant main effect of response ($F(1,13) = 12.252, p = .004, \eta_p^2 = 0.485$).

DISCUSSION

The aim of our study was to investigate whether crossmodal correspondence between audition and olfaction occurs at a perceptual or semantic level. If it occurs at a perceptual level, multisensory integration would be observed during the processing of bimodal audio-olfactory stimuli. To do so, we used a protocol developed by Hommel (1998, 2004) that would allow us to demonstrate perceptual – and motor – features integration. Contrary to our main hypothesis, our experiment provides no evidence for spontaneous integration across auditory and olfactory features. The alternation vs. repetition of perceptual features between S1 and S2 had no impact on RT's. However, our results demonstrate that relevant perceptual features for the task are integrated with motor features activated before the execution of R1.

Perceptual features integration involving olfaction

Our results are in line with the studies that addressed multisensory features integration involving the olfactory modality. Ohla et al. (2017) that used a simple identification task and EEG recordings did not find evidence for olfactory and visual features integration. Similarly, Amsellem et al. (2018) obtained the same results using race models (Miller, 1982). They failed at demonstrating olfactory and visual features integration. By contrast, they did unveil multimodal interaction. Semantic congruency between features from the two modalities (e.g., orange odour and a picture of an orange) increased perceived pleasantness of the bimodal stimuli. This last result supports the idea that olfactory and auditory features interact at a semantic level.

Ohla et al. (2017) justify the absence of evidence for integration involving olfactory features by observing that olfactory stimuli are temporally and spatially ambiguous in nature. Consequently, the cognitive system seems to be unable to integrate olfactory features with auditory or visual features based on spatiotemporal congruency. However, the absence of evidence for feature integration involving olfaction can be quite surprising since Wesson & Wilson (2010) found that the rat's olfactory tubercle responds to tones. Single units in the brain structure demonstrate superadditive or suppressive responses when auditory and olfactory stimuli are presented simultaneously. Nonetheless, it appears that it is difficult to identify the olfactory tubercle in humans (Wesson & Wilson, 2011). Even if olfaction is a very important sensory modality for animals, humans are thought to rely more on visual and auditory modalities (Hutmacher, 2019). Consequently, the use of olfaction in daily life might be qualitatively different in animals and humans. The latter could have evolved in a way that the multisensory integration of olfactory features is not as relevant for their survival any more.

Olfactory and motor features integration

In line with previous research involving Hommel's protocol (for review, see Zmigrod & Hommel, 2013), our results demonstrated that motor features necessary to perform R1 after the perception of S2 are integrated with relevant perceptual features for the task (i.e., auditory or olfactory features ; see Figure 6). From an adaptive point of view, the main function of olfaction is to detect changes in our environment and potential threats for our lives (Köster et al., 2014; Stevenson, 2010). In that case, we need to be able to react immediately in order to be safe. Thus, olfaction and action seem to be working as a pair and integration of olfactory and motor features might be a consequence of their close relationship.

In conclusion, the present research brings new evidence that olfactory stimuli cannot be integrated with non-chemical stimuli based on spatial and temporal principles (Holmes & Spence, 2005). Consequently, crossmodal correspondences between olfactory and auditory stimuli seem to occur at a semantic level, rather than at a perceptual level. Nonetheless, both olfactory and auditory stimuli provide useful information allowing us to be more efficient and reactive in social and possibly threatening situations (Aglioti & Pazzaglia, 2011). Furthermore, enhancement of responses such as pleasantness evaluation when olfactory and auditory stimuli are presented simultaneously (e.g., Amsellem et al., 2018) demonstrate how auditory-olfactory interactions impact the way we perceive the world.

1.5 De la perception à la mémoire

Dans ce premier chapitre, nous avons étudié l'interaction entre des informations auditives et olfactives en nous concentrant principalement sur les aspects perceptifs et moteurs. Or, la perception, qui est un traitement continu et réalisé au présent n'est cependant pas indépendante de l'histoire des interactions entre l'individu et son environnement. Ainsi, la perception est totalement tributaire des interactions sensori-motrices passées entre l'individu et son environnement. Dans la lignée de modèles à traces multiples (Briglia et al., 2018 ; Hintzman, 1984), le modèle mnésique Act-In (Versace et al., 2014) permet de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents à la construction de traces mnésiques qui sont le reflet de nos interactions sensorimotrices passées et liées à l'émergence de connaissances. Ces dernières sont à comprendre ici comme étant à la fois la cause et la conséquence du couplage entre la situation présente et nos expériences sensori-motrices passées. Elles émergent grâce aux mécanismes d'(ré)activation des traces en mémoire et aux mécanismes d'intégration des composants activés et perçus (sensoriels, moteurs, émotionnels, motivationnels) en une trace épisodique unique. Néanmoins, les auteurs précisent que le caractère épisodique ou sémantique dépend entièrement du mécanisme d'activation. Plus précisément, plus une trace sera unique, plus la connaissance qui émergera sera d'ordre épisodique (i.e., un souvenir précis). Inversement, plus il y aura de traces similaires activées, plus la connaissance qui émergera sera d'ordre sémantique (i.e., un concept plus général).

Dans le deuxième chapitre de cette thèse, nous allons justement nous intéresser à l'influence de certaines croyances (i.e., connaissances générales) à propos des parfums et de leur diffusion. Ces dernières pourraient alors avoir un impact négatif sur la santé des usagers, mais elles pourraient également se traduire par une attitude négative vis-à-vis de la mise en place d'un dispositif de diffusion de parfum d'ambiance dans les TC.

CHAPITRE 2 CROYANCES, PARFUMS, ET CONGRUENCE

A priori, les TC peuvent être vus comme des lieux de services classiques tels que les magasins ou les centres commerciaux. Ainsi, de nombreuses études (pour revue, voir Rimkute et al., 2015) supportent l'idée que l'emploi du marketing olfactif peut présenter un intérêt non négligeable afin d'améliorer l'expérience de ses clients. Néanmoins, les TC peuvent également être assimilés à des lieux partagés ou des espaces publics. Dans ce contexte, il a été montré que les croyances envers les effets des odeurs perçues comme déplaisantes ou dangereuses avaient un réel impact sur la santé des individus, que ce soit dans des lieux clos comme les lieux de travail (pour revue, voir Dalton et al., 2020) ou les quartiers résidentiels (e.g., Claeson et al., 2013). Ainsi, l'introduction d'un parfum d'ambiance dans les TC – aussi plaisant soit-il – pourrait être perçue comme une source de nuisance, de risque et d'inquiétude (Shusterman, 2001 ; Shusterman et al., 1991). Par ailleurs, si cette source odorante n'est pas perçue comme un avantage (e.g., sentiment de manipulation) pour l'observateur, alors, cela renforcerait la perception d'un risque (Paustenbach & Gaffney, 2005).

Par conséquent, ce deuxième chapitre sera consacré à l'étude des croyances en lien avec la perception des parfums et les raisons motivant les gestionnaires à les utiliser dans les TC. En effet, comprendre ces facteurs et leur impact pourrait être déterminant pour l'avenir d'un projet de diffusion dans les TC. Avant de présenter les travaux ayant porté sur la dangerosité perçue des odeurs et sur l'inférence de manipulation à l'égard des individus (i.e., la diffusion ne bénéficierait pas en premier lieu aux individus), nous présenterons plusieurs modèles et conceptualisations nous permettant de mieux comprendre à quel stade du traitement d'un parfum d'ambiance ces croyances pourraient jouer un rôle (Figure 7). Le premier stade sera relatif à la perception du parfum comme non congruent avec le lieu ou avec d'autres facteurs d'ambiance. Le deuxième stade concernera la mobilisation de ressources cognitives en vue d'un traitement de cette non-congruence. Enfin, le troisième stade aura trait à la résolution de cette dernière.

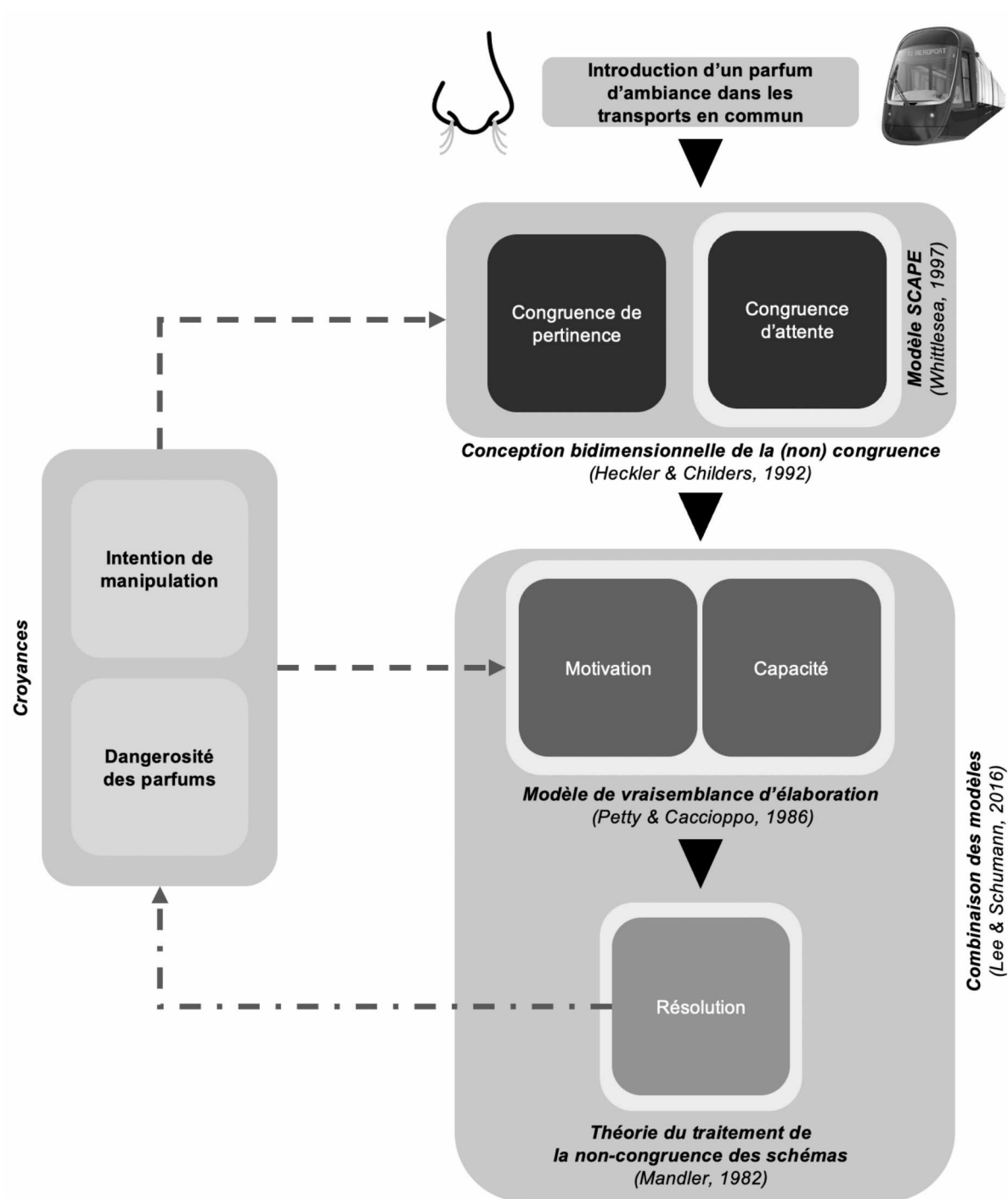


Figure 7. Cadre conceptuel utilisé dans le chapitre 2. La dangerosité perçue des parfums et l'inférence d'intention de manipulation peuvent (1) être à l'origine de la perception du parfum comme non congruent, (2) être une source de motivation pour traiter la non-congruence perçue, et (3) être la conséquence du processus de résolution de la non-congruence perçue.

2.1 Congruence bidimensionnelle

Pour bien comprendre la première étape de notre cadre conceptuel, nous devons définir ce que nous entendons par congruence. Nous pourrions alors déterminer quand un élément ou un facteur d'ambiance sera perçu comme non congruent dans une situation donnée. La littérature scientifique suggère que la congruence peut être comprise comme un construit bidimensionnel : (1) la pertinence et (2) la conformité aux attentes (pour revue, voir Maille & Fleck, 2011).

2.1.1 Congruence en tant que pertinence

La première dimension sous-jacente à la congruence est la pertinence. Dans ce contexte, la congruence est à comprendre comme le résultat d'un appariement entre les différentes informations en présence, au regard des expériences passées. Heckler et Childers (1992) définissent la congruence en tant que caractère pertinent, comme « la mesure dans laquelle l'information contenue dans le stimulus contribue à une identification claire du thème ou du message central communiqué ou au contraire, l'empêche ». Cette dimension est alors plutôt relative au lien sémantique (Maille & Fleck, 2011) ou perceptif qu'entretiennent les caractéristiques ou les stimuli entre eux. Nous avons d'ores et déjà vu dans le premier chapitre des exemples d'études portant sur la congruence en tant que caractère pertinent entre un parfum et une musique d'ambiance diffusés dans un magasin (e.g., Mattila & Wirtz, 2001). Le lien unissant ces deux stimuli était soit d'ordre perceptif (e.g., *arousal*, caractère plaisant), soit d'ordre sémantique (e.g., esprit de Noël).

2.1.2 Congruence en tant que conformité aux attentes

La deuxième dimension sous-jacente à la congruence est l'attente. Dans ce contexte, la congruence est à comprendre comme le résultat d'un appariement entre les informations sensorielles issues de la situation présente et les connaissances préalables sur le monde. Cette congruence en tant que caractère attendu est définie par Heckler et Childers (1992) comme « le fait qu'un item ou une information tombe dans un schéma prédéterminé ou une structure évoquée par ce thème ». Cette congruence serait alors issue d'un apprentissage lié à l'ensemble des expériences préalables (Maille & Fleck, 2011).

D'un point de vue plus théorique, le concept même d'attente est au cœur du modèle SCAPE de Whittlesea (1997 ; voir également Whittlesea, 2002, 2004). Selon lui, à chaque instant, les individus renouvellent leur modèle mental (i.e., leur schéma) de la situation et procèdent à son évaluation en termes de « *fit* » (à comprendre ici comme le degré de congruence) entre le modèle produit et les modèles mentaux de leurs précédentes expériences (i.e., traces en mémoire ou

connaissances préalables). Il distingue alors quatre évaluations suivant deux critères : le caractère implicite ou explicite de l'attente, et le fait que l'attente soit validée ou non (voir Table 3).

Table 3. Les différents types d'évaluation basée sur la nature des attentes et leur validation (d'après Higham & Leboe, 2010).

	Attentes implicites ou indéfinies	Attentes explicites ou définies
Attentes validées	Cohérence Sentiment métacognitif de fluence faible ou de justesse	Intégralité Sentiment conscient d'achèvement
Attentes non validées (i.e., violées)	Discrepancy (i.e., écart / nuance / décalage) Sentiment métacognitif de haute fluence ou de haute non-fluence	Non-congruence Sentiment conscient que "quelque chose ne va pas"

2.1.2.1 Attentes implicites ou explicites

Une attente implicite, automatique ou indéfinie, n'est pas une attente formulée consciemment par les individus. Elle rend compte du fait qu'à partir de ses expériences passées, tout individu va émettre des hypothèses (i.e., attentes) sur ce qu'il peut s'attendre à percevoir ou à ressentir, ici et maintenant. Lorsque cette attente implicite est validée, elle aboutira à un sentiment de cohérence. Dans ce cas, l'individu fait l'expérience de ce qu'il avait implicitement prévu. Par exemple, si vous allez régulièrement dans un magasin Nature & Découvertes, vous vous attendez, de manière non consciente, à y sentir l'odeur caractéristique du lieu, que vous avez sentie toutes les fois où vous vous y êtes rendu, sans pour autant vous dire explicitement à l'entrée que vous allez sentir cette odeur. A contrario, une attente implicite peut également être invalidée. Elle aboutira à de la surprise accompagnée soit d'un sentiment de fluence, soit d'un sentiment de non-fluence. Une attente implicite non validée et accompagnée par un sentiment de non-fluence correspondrait au fait qu'une nouvelle odeur soit diffusée dans les magasins Nature & Découvertes sans que vous en ayez été averti. Vous serez alors surpris par le fait que quelque chose n'était pas attendu et en rechercherez la cause. Concernant les attentes implicites non validées et accompagnées d'un sentiment de fluence, il s'agit généralement d'une situation où quelque chose paraît familier, mais non congruent avec la situation. Ce pourrait être le fait de sentir le parfum de Nature & Découvertes dans un autre magasin. Dans ce cas présent, il est généralement difficile d'identifier la source de cette non-congruence.

A contrario, une attente explicite, contrôlée, ou définie correspondra au fait de formuler consciemment une attente. C'est ce qu'il se passe lorsque, par exemple, vous sentez un melon qui vous semble mûr pour savoir s'il l'est vraiment. Comme précédemment, cette attente peut être soit validée soit invalidée. Lorsqu'une attente explicite est validée, elle sera accompagnée d'un sentiment

d'intégralité, d'appartenance, d'unité : « ce melon est effectivement mûr, comme je m'y attendais ». Enfin, une attente explicite peut également être non validée. Elle sera alors accompagnée d'une surprise et d'un sentiment de non-congruence : « quelque chose ne va pas ». Dans ce cas, la source du problème est facilement identifiée par l'individu : « en fait, ce melon n'est pas mûr ».

2.1.2.2 Attentes et diffusion de parfum d'ambiance dans les transports en commun

Si l'on applique ce modèle à la diffusion d'un parfum dans les TC, nous pouvons analyser le niveau de congruence en termes de conformité aux attentes, suivant la nature des attentes formulées (implicite ou explicite) et leur validation (validées ou non validées). Des exemples pour chaque type d'évaluation sont résumés dans la Table 4.

Table 4. Application du modèle SCAPE (Whittlesea, 1997) à la perception d'un parfum dans le tramway.

	Attentes implicites		Attentes explicites
Attentes validées	Cas peu probable lors du lancement d'un projet de diffusion de parfum dans les transports en commun. En revanche, à force de sentir le parfum dans le lieu, les usagers ne seront plus surpris de sa présence, sans pour autant attendre explicitement de le sentir à chaque fois qu'ils fréquenteront le lieu.		Cas d'un usager prévenu (presse, bouche-à-oreille) de la présence de l'odeur et cette dernière est conforme à ses attentes.
Attentes non validées	Sentiment de fluence	Sentiment de non-fluence	Cas d'un usager prévenu (presse, bouche-à-oreille) de la présence d'un parfum et ce dernier est différent de ce qu'il imaginait ou bien celui-ci est absent.
	Cas d'un usager (surpris) non prévenu de la présence du parfum, mais ce dernier lui est très familier (cas où un parfum ou une odeur connue est diffusé), ou bien la situation lui paraît familière (probable s'il associe l'endroit à un lieu de services habituellement parfumé)	Cas d'un usager (surpris) non prévenu de la présence du parfum et ce dernier lui est totalement inconnu.	

2.1.3 Exemple d'étude portant sur les effets de non-congruence des parfums

Alors que la plupart des études se sont intéressées à mieux comprendre et mettre en évidence l'effet d'une congruence entre le parfum et le lieu ou d'autres facteurs d'ambiance comme la musique (voir chapitre 1), seules quelques études ont porté explicitement sur les effets de non-congruence d'un parfum (e.g., Bosmans, 2006 ; Ludden & Schifferstein, 2009 ; Schifferstein & Michaut, 2002). On peut citer les travaux de Bone et Jantrania (1992) qui ont étudié les effets du caractère plaisant et du caractère approprié (congruence de pertinence) d'un parfum sur l'évaluation globale de produits usuellement parfumés. Pour ce faire, les auteurs ont demandé aux participants d'évaluer de façon globale, à l'aide de deux échelles en sept points, des produits. La première échelle allait de « terrible » à « excellent » et la deuxième échelle allant de « pire » au « meilleur ». Parmi les produits présentés (e.g., assiette de papier, stylo), deux produits contenaient usuellement du parfum : une crème solaire et un produit ménager. Lors de leur présentation, soit ces deux produits ne contenaient pas de parfum, soit ils contenaient un parfum approprié (i.e., noix de coco pour la crème solaire et citron pour le produit ménager), soit ils contenaient un parfum inapproprié (i.e.,

citron pour la crème solaire et noix de coco pour le produit ménager). Après avoir évalué l'ensemble des produits, les participants devaient alors évaluer cinq parfums (i.e., réglisse, amande, menthe poivrée, citron, noix de coco) sur trois échelles en neuf points (i.e., familier/non familier, plaisant/déplaisant, bon/mauvais). Enfin, ils devaient évaluer sur une échelle en neuf points le caractère approprié de huit parfums associés à l'un des trois produits utilisés (i.e., produit ménager, crème solaire, assiette en papier). Les résultats obtenus vont dans le sens d'un effet du caractère approprié sur l'évaluation globale des produits et non du caractère plaisant. En effet, aucune différence significative entre les caractères plaisants des parfums noix de coco et citron n'a pu être observée. En revanche, les deux produits parfumés étaient significativement mieux évalués lorsqu'ils contenaient un parfum approprié, comparé aux situations où ils contenaient un parfum inapproprié ou aucun parfum. Cette expérience est intéressante à double titre : elle met à la fois en évidence les effets de non-congruence en termes d'attente (i.e., condition où les deux produits normalement parfumés ne contiennent pas de parfum) et en termes de pertinence (i.e., condition où les produits parfumés sont présentés avec un parfum inapproprié).

En résumé, grâce à la conception bidimensionnelle de la congruence (Heckler & Childers, 1992), il est possible de comprendre avec finesse quand un facteur d'ambiance, une caractéristique, ou un objet sera perçu ou jugé comme non congruent. D'un côté, la congruence en tant que pertinence renverra plutôt au caractère approprié entre des caractéristiques ou des stimuli dans la situation présente, au regard de connaissances préalables. D'un autre côté, la congruence en tant qu'attente renverra plutôt à la présence ou à l'absence d'un stimulus ou d'une caractéristique. Elle rend compte du degré d'appariement entre les caractéristiques de la situation ou de l'objet avec les connaissances préalables de l'individu à son sujet. Au-delà du fait que ces deux dimensions de la congruence peuvent être combinées en vue de mieux comprendre une situation, une interaction est également envisageable entre elles. Par exemple, Ardelet (2014) souligne l'idée que la congruence en tant que pertinence peut renforcer les attentes des individus dans une situation donnée. L'auteure prend l'exemple des vestiaires de piscine dans lesquels les individus s'attendent à sentir le propre. Ainsi, si l'on diffuse un parfum évoquant la propreté, sa présence sera alors pertinente dans ce lieu et renforcera les attentes des individus en termes de propreté.

Nous pouvons, dès lors, nous poser les questions suivantes : que se passera-t-il en cas de perception d'une non-congruence ? Dans quelles conditions les individus la traiteront-ils et de quelle façon ? Enfin, quelles en seront les conséquences ?

2.2 Mobilisation de ressources et résolution d'une non-congruence perçue

Lee et Schumann (2016) ont proposé un modèle hybride permettant de rendre compte des conditions et de la manière dont les individus traiteront, et potentiellement résoudront, une non-congruence perçue. En effet, ce modèle combine à la fois un modèle marketing du traitement des messages persuasifs (Petty & Cacioppo, 1986) prenant en considération la motivation et les capacités d'un individu à traiter ce message, avec un modèle traitant des processus mis en œuvre pour résoudre une non-congruence perçue entre une situation et des schémas préexistants (connaissances préalables) et des états affectifs subséquents (Mandler, 1982).

2.2.1 Motivation et capacité à traiter un message persuasif

Petty et Caccioppo (1986) ont élaboré dans les années 80 un modèle appelé « modèle de vraisemblance d'élaboration ». L'objectif de ce modèle est de décrire dans quelles conditions et de quelle façon un individu soumis à un message persuasif va s'engager dans une réflexion plus ou moins approfondie de celui-ci, qui aboutira ou non à un changement d'attitude de sa part. Le modèle suggère donc que si un individu est fortement motivé et en capacité d'élaboration, alors il s'engagera dans un traitement approfondi du message, qui aura alors plus de chance de le persuader de manière durable et en profondeur, selon notamment la qualité de l'argumentaire et le nombre de pensées positives évoquées (i.e., traitement central de l'information). Autrement, l'individu ne traitera le message que superficiellement (i.e., traitement périphérique) en mettant en place des mécanismes peu coûteux en énergie comme l'association simple ou l'argumentation heuristique (Petty & Briñol, 2007). Tout changement d'attitude survenu par ce type de traitement sera efficace à court terme, mais facilement influençable par des contre-arguments. Les auteurs précisent également que les processus mis en œuvre par un individu faisant l'expérience d'une non-congruence seront influencés par une multitude de variables relatives au récepteur (e.g., besoin de cognition), à la situation (e.g., humeur, perception des risques), à la source (e.g., crédibilité, messages aidant à la résolution de la non-congruence) ou au message. Bien qu'originellement développé pour rendre compte des processus engagés dans le traitement de messages publicitaires, ce modèle s'avère particulièrement adapté pour traiter toute situation visant à renforcer ou à favoriser un positionnement attitudinal.

2.2.2 Résolution de la non-congruence

Si un individu est motivé et en capacité, il va généralement tenter de résoudre la non-congruence perçue. C'est le postulat de départ de Mandler (1982) – connu pour ses travaux sur la

mémoire et notamment pour sa théorie du « dual-process » (Mandler, 1980) – qui a théorisé dans un contexte plus marketing les différents processus de résolution d’une non-congruence perçue et les états affectifs subséquents. Sa théorie appelée « théorie du traitement de la non-congruence des schémas » prédit que, suivant le degré de non-congruence perçue entre un schéma préexistant (i.e., connaissances préalables) et la situation présente, un individu va s’engager dans un processus de résolution qui aboutira à un état affectif spécifique. En cas de légère non-congruence entre la situation et le schéma correspondant en mémoire, un individu mettra alors généralement en œuvre un processus d’assimilation consistant à l’incorporer dans un schéma existant. Par exemple, un individu dans le tramway pourra alors se dire à propos de la présence du parfum : « c’est comme d’habitude sauf que cette fois-ci, cela sent bon ». Cette résolution se traduira par un affect légèrement positif. En cas de non-congruence sévère, plusieurs processus pourront être mis en œuvre. Tout d’abord, un individu pourra utiliser d’autres schémas préexistants (i.e., schémas alternatifs) afin de résoudre la non-congruence perçue. Dans le cas du tramway, un individu pourra alors se dire que « c’est comme tous les lieux de services qui diffusent du parfum ». Ce type de résolution aboutira à un affect positif. En outre, pour résoudre une non-congruence sévère, un individu pourra procéder à un processus d’accommodation, c’est-à-dire à la création d’un nouveau schéma à partir de schémas existants : « c’est un tramway, parfumé ». La résolution d’une telle non-congruence sévère se traduira chez l’individu par un état affectif très positif. Enfin, le dernier cas correspond à la situation dans laquelle l’individu n’est pas en mesure de résoudre la non-congruence sévère : « je ne parviens pas à comprendre pourquoi il y a un parfum dans le tramway ». Cela se traduira alors par un état affectif très négatif.

La combinaison de ces deux modèles proposée Lee et Schumann (2016) permet ainsi de rendre compte à la fois des conditions dans lesquelles un individu s’engagera dans un processus de résolution d’une non-congruence perçue, des différentes heuristiques de résolution qu’il pourra mettre en œuvre, ainsi que des états affectifs postérieurs à la (non)résolution de la non-congruence.

L’expérimentation de Bosmans (2006) illustre bien l’intérêt de conjuguer les deux modèles présentés précédemment afin de comprendre l’influence du marketing olfactif. En effet, l’auteure a étudié le potentiel effet modérateur de la congruence d’une odeur avec un produit, de la saillance de cette odeur, et de la motivation des consommateurs à corriger ou résister à l’influence extérieure que constitue cette odeur. Dans la première expérience, l’auteure a utilisé comme stimulus olfactif un morceau de papier imbibé de trois gouttes d’huile essentielle (agrumes vs. « forêt ») qui était dissimulé sous le bureau où étaient reçus les participants. Ces derniers devaient évaluer une nouvelle marque de jus d’orange sous la forme d’une publicité imprimée sur une feuille, à l’aide de deux échelles en neuf points (i.e., négative/positive et « je ne l’apprécie pas »/« je l’apprécie »). Soit les

participants évaluaient la marque en présence de l'odeur congruente (i.e., agrumes) avec le produit, soit en présence de l'odeur non congruente (i.e., forêt), soit en l'absence d'odeur (i.e., condition contrôle). De plus, pour chaque condition, les participants pouvaient être avertis (i.e., condition saillante) ou non de la présence de l'odeur (i.e., condition non saillante). Les résultats ont mis en évidence un effet d'interaction entre saillance et congruence de l'odeur. Ainsi, alors que la congruence n'a aucun impact sur les évaluations lorsque l'odeur n'est pas rendue saillante (i.e., participants non avertis), les participants jugent plus négativement l'odeur non congruente lorsqu'elle est rendue saillante (i.e., participants avertis). De plus, les évaluations en condition non saillante sont supérieures à la condition contrôle. Il en est de même pour la condition saillante, lorsque l'odeur est congruente. En revanche, l'auteure n'a pas constaté de différence entre les évaluations en situation contrôle et celles en condition saillante avec une odeur non congruente. L'auteure a réalisé une deuxième expérience assez similaire à la première en vue d'évaluer l'impact de la motivation à traiter activement un stimulus. Pour cela, elle a utilisé une nouvelle publicité à propos d'une fausse nouvelle marque de jus de pamplemousse ainsi que deux nouvelles odeurs (i.e., odeur congruente : citron, odeur non congruente : lavande). Les résultats obtenus sont assez similaires à ceux obtenus lors de la première expérience. Néanmoins, ils mettent en évidence que la motivation des participants, mesurée préalablement par questionnaire, a un impact sur l'effet de congruence de l'odeur avec le produit. Lorsque leur motivation est faible, l'évaluation globale du produit en présence d'une odeur est supérieure à la condition où l'odeur est absente, que l'odeur présentée soit congruente ou non. De plus, en demandant aux participants d'évaluer leur réaction affective et cognitive, les résultats suggèrent que la réaction affective est médiatrice des effets de congruence sur l'évaluation globale de la publicité. Cette expérimentation démontre l'intérêt de prendre compte la motivation des individus à traiter activement les stimuli, ainsi que l'impact de la saillance (i.e., perception active d'une non-congruence) du stimulus sur les évaluations, lorsque l'odeur est perçue comme étant non congruente avec le produit.

Dans le cadre de ce chapitre, nous avons choisi de prendre en compte deux croyances pouvant influencer les individus à tous les stades de notre cadre conceptuel (i.e., perception d'une non-congruence, motivation, capacité d'élaboration, résolution de la non-congruence) ou en être simplement le résultat (voir Figure 7). La première croyance est d'ores et déjà citée en tant que variable d'influence dans le modèle hybride de Lee et Schumann (2016). Il s'agit de la dangerosité perçue, et plus précisément dans notre cas, la dangerosité perçue des parfums et leur impact potentiel sur la santé (Köster et al., 2014). La deuxième croyance que nous avons souhaité étudier est l'intention des gestionnaires ou des spécialistes du marketing de manipuler les comportements des individus par l'emploi de parfums d'ambiance (Lunardo & Mbengue, 2013).

2.3 Croyance, dangerosité perçue, et impact sur la santé

2.3.1 Toxicité réelle et toxicité perçue

Selon Stevenson (2010), il est possible de distinguer trois grandes catégories de fonctions remplies par l'olfaction. La première catégorie concerne toutes les fonctions en lien avec l'ingestion de nourriture comme la détection ou l'identification avant l'ingestion, la détection d'attentes non satisfaites, la régulation de l'appétit ou orientation et alimentation du nourrisson. L'auteur souligne à ce propos que les odeurs sont un élément clé de la flaveur (i.e., ensemble des sensations olfactives, gustatives et tactiles ressenties lors de la dégustation d'un produit alimentaire). La seconde catégorie regroupe les fonctions concernant la communication entre les individus et notamment les fonctions jouant un rôle dans la reproduction sexuée (e.g., recherche d'un partenaire, évitement de l'inceste) et dans la contagion émotionnelle (e.g., signaux chimiques émis par un autre individu en lien avec la peur ou le stress). La troisième catégorie est celle qui va tout particulièrement nous intéresser ici, puisqu'elle concerne l'ensemble des fonctions olfactives concernant l'évitement des risques et des dangers environnementaux liés à la peur et au dégoût. L'auteur précise que les êtres humains ont développé la capacité à reconnaître un danger à éviter pour leur santé grâce à leur odorat, que les odeurs émanent d'une source microbienne (e.g., excrément, vomi, organisme en décomposition) ou non microbienne (e.g., poison, pollution, incendie, prédateur), ce qui se traduira par un comportement d'évitement. Les êtres humains sont, a contrario, également en mesure d'associer une odeur à une source présentant un intérêt particulier (i.e., sans danger), se traduisant alors par un comportement d'approche.

Lorsqu'une odeur potentiellement toxique dépasse une certaine concentration dans l'air, elle aura un impact négatif sur la santé des individus. Selon Schiffman et al. (2000), des nuisances olfactives émanant de lieux comme des installations pour animaux ou des stations d'épuration peuvent provoquer de réels problèmes de santé. Les symptômes les plus fréquemment rapportés sont les suivants : irritation des yeux, du nez et de la gorge, maux de tête, nausées, diarrhée, enrouement, mal de gorge, toux, oppression thoracique, congestion nasale, palpitations, essoufflement, stress, somnolence et changements d'humeur. Les mêmes auteurs décrivent huit niveaux d'exposition à une odeur potentiellement dangereuse suivant sa concentration dans l'air ainsi que les potentielles réactions physiologiques, émotionnelles et comportementales subséquentes. Au premier niveau, l'odeur ne présente aucun danger, mais elle peut être détectée par les individus. Au dernier niveau, l'odeur présente une toxicité aiguë provoquant instantanément des symptômes pouvant affecter durablement la santé. Le fait intéressant dans ce classement est que jusqu'au niveau 4 dit « intolérance à l'odeur », la concentration de cette dernière est trop faible

pour être physiologiquement néfaste pour les individus. Néanmoins, différents facteurs comme le caractère déplaisant de l'odeur, les expériences passées avec une odeur, les croyances concernant la sécurité de l'odeur ou encore l'état émotionnel des individus peuvent induire des symptômes somatiques malgré une concentration non toxique.

2.3.2 Effet nocebo des odeurs sur la santé

Si l'on vous disait que la télévision peut transmettre des odeurs grâce aux sons qu'elle émet, vous trouveriez cela absurde ? C'est pourtant ce que l'on a raconté aux téléspectateurs d'une chaîne locale anglaise en 1978 dans le cadre d'une expérience réalisée par O'Mahony (1978). Les téléspectateurs pouvaient voir à l'écran une machine composée notamment d'un immense cône, de fils et d'un oscilloscope réagissant aux sons du studio d'enregistrement. Le fonctionnement de la machine était détaillé pas à pas en employant des mots complexes en vue de lui donner un certain crédit scientifique aux yeux des téléspectateurs. Ces derniers étaient informés qu'ils devraient pouvoir percevoir une odeur agréable de campagne grâce à cette machine pouvant transformer les odeurs en ondes sonores. Suite à cette introduction, un simple son d'une durée de 10 secondes était diffusé tout en affichant à l'image l'écran de l'oscilloscope de la machine. Il était ensuite demandé aux téléspectateurs d'appeler la chaîne ou d'écrire afin de dire s'ils avaient senti une odeur ou non. Le lendemain, la même expérience eut lieu à la radio. La différence majeure était que les auditeurs ont cette fois-ci entendu trois sons différents diffusés l'un après l'autre (i.e., le son utilisé à la TV, un supposé son à haute fréquence inaudible par les humains, le son utilisé à la télévision joué 4 fois moins vite) et seuls les appels reçus avant la fin du programme radio ont été considérés pour l'étude. Parmi les 130 réponses des téléspectateurs uniques considérées pour l'expérience comme valides : près de 48 % ont rapporté avoir senti une odeur d'herbe et/ou de foin et près de 14 % une odeur en lien avec les fleurs. Seuls 12 % d'entre eux ont déclaré ne rien avoir senti. Parmi les 43 auditeurs uniques, beaucoup moins de réponses ont été données et parmi elles, les réponses « pas d'odeurs » étaient significativement plus nombreuses que les autres. Au-delà du fait que cette expérience constitue l'une des premières démonstrations d'illusion olfactive, un certain nombre de sujets ont rapporté, en plus de leur réponse, différents symptômes physiologiques. Parmi eux, deux téléspectateurs ont notamment indiqué que le son avait provoqué chez eux une crise de rhume des foins, deux autres qui n'avaient pourtant pas senti d'odeur ont déclaré avoir eu une crise d'éternuement, ou encore, un sujet a fait état de vertiges et d'étourdissement. Ainsi, ces participants ont été victimes de ce que l'on appelle communément l'effet nocebo, c'est-à-dire faire « l'expérience de symptômes négatifs à la suite d'une exposition à une substance inerte, qui sont déclenchés ou exacerbés par des mécanismes psychologiques tels que les attentes » (Kennedy, 1961, cité par Webster et al., 2016). Webster et al. (2016) identifient trois mécanismes contributifs de l'effet

nocebo pour lesquels nous allons présenter des résultats expérimentaux en lien avec l'olfaction : (1) l'erreur d'attribution, (2) les attentes, et (3) l'apprentissage.

2.3.2.1 Erreur d'attribution

Ce premier mécanisme revient à attribuer à une source des symptômes qui étaient présents avant d'y avoir été exposé, ou qui se produisent de manière fortuite au cours de celle-ci. À notre connaissance, ce mécanisme n'a cependant pas été étudié scientifiquement en ce qui concerne les odeurs. Schiffman et al. (2000) donne tout de même un exemple dans son article. L'erreur d'attribution peut se produire lorsqu'un individu est exposé simultanément à une odeur provenant, par exemple, d'une exploitation animale et à de la poussière. Cette dernière peut alors provoquer divers symptômes réels comme de l'irritation qui seront attribués à l'odeur. Par la suite, l'association entre ces symptômes et l'odeur pourtant sans danger peut être apprise. Ainsi, même en l'absence de poussière, la simple perception de l'odeur pourra provoquer les symptômes qui y ont été associés de manière erronée.

2.3.2.2 Attentes

Les attentes constituent un deuxième mécanisme contribuant à l'effet placebo. Les attentes que formera un individu en réponse à une suggestion de dangerosité, à certains traits ou à des particularités tels que le pessimisme, pourront alors provoquer chez un individu divers symptômes.

Dalton et collaborateurs (Dalton, 1996, 1999a ; Dalton et al., 1997) ont ainsi montré que l'induction d'un biais (i.e., positif : être exposé à un extrait naturel présentant des bienfaits pour la santé, neutre : être exposé à une odeur approuvée pour la recherche, ou négatif : être exposé à un solvant industriel ayant des effets négatifs sur la santé en cas d'exposition prolongée) influençait significativement l'intensité et l'irritation perçues au cours d'une exposition prolongée d'une durée de 20 minutes. En plus d'avoir rapporté l'intensité et l'irritation perçues les plus importantes, les sujets du groupe « biais négatif » sont ceux qui ont rapporté le plus de symptômes physiologiques négatifs après exposition, comparé aux autres groupes. Une autre recherche confirme la robustesse de l'effet placebo dû à la formation d'attentes (Jaén & Dalton, 2014). Dans cette étude, deux groupes de patients asthmatiques ont été exposés à une molécule évoquant l'odeur de rose (i.e., 2-Phényléthanol). Celle-ci est généralement considérée comme plaisante et présente la particularité d'être complètement non irritante puisqu'elle n'active pas le nerf trigéminal. L'exposition à l'odeur durait 15 minutes. Au cours de cette exposition, les participants évaluaient l'intensité perçue de leurs symptômes (e.g., hyperventilation). De plus, ils évaluaient l'intensité perçue du stimulus olfactif, l'irritation perçue et la gêne subjective provoquée. Enfin, différents paramètres physiologiques étaient enregistrés comme le taux de monoxyde d'azote qui est l'un des indicateurs

d'une inflammation des bronches. Concernant la manipulation expérimentale, il était suggéré au premier groupe (i.e., groupe asthmogénique) que l'odeur déclenchait les symptômes de l'asthme. À l'inverse, il était suggéré au second groupe (i.e., groupe thérapeutique) que l'odeur calmait les symptômes de l'asthme. Les résultats obtenus sont sans appel. Les participants du groupe asthmogénique ont rapporté plus de symptômes subjectifs et ont jugé l'odeur comme plus irritante et plus gênante que ceux du groupe thérapeutique. De plus, la dangerosité perçue de l'odeur dans le premier groupe s'est traduite par une réponse inflammatoire des voies respiratoires.

Par ailleurs, l'effet nocebo n'est pas qu'une chimère de laboratoire mis en évidence grâce à un environnement bien contrôlé et une participation active des expérimentateurs. Il peut être observé dans des conditions beaucoup plus écologiques (pour revue, voir Dalton, 2002). Par exemple, Claeson et al. (2013) ont étudié les effets de la perception de la pollution de l'air sur la santé. Les auteurs ont mené une étude par questionnaire en Suède, auprès de 765 riverains d'une usine de biocarburants émettant des odeurs non toxiques. Les participants ont été divisés en trois groupes selon leur niveau d'exposition aux odeurs (i.e., faible, modérée, forte), en prenant en compte différents facteurs comme la distance par rapport à l'usine, la météorologie ou encore la typologie du terrain. Les résultats ont montré que le niveau d'exposition n'a pas d'effet direct sur la gêne et la santé des individus. Il serait médiatisé par la perception de la pollution et la perception du risque sur la santé due à cette exposition.

2.3.2.3 Apprentissage

Le troisième mécanisme qui contribue à l'effet nocebo est l'apprentissage par observation sociale (i.e., observer quelqu'un qui fait l'expérience de symptômes suite à l'exposition à un stimulus inerte) ou par association (i.e., précédente association entre un stimulus et des symptômes).

2.3.2.3.1 Par observation sociale

À notre connaissance, seule une expérimentation effectuée par Dalton (1999b) et rapportée dans l'un de ses articles (Dalton, 2002) met en évidence un effet nocebo dû à l'observation d'un individu exprimant divers symptômes, lors de l'exposition à une odeur. Dans cette étude, un compère se présentait en tant qu'assistant de recherche à trois groupes de sujets manipulés. En présence d'une odeur de solvant, il va alors faire différents commentaires à propos de celle-ci et produire différents comportements, en fonction de trois conditions : (1) condition positive, (2) condition neutre, ou (3) condition négative. Alors que 70 % des individus de la condition négative rapportent des symptômes d'irritation ou en lien avec leur santé, seuls 34% des individus de la condition neutre et seuls 12 % des individus de la condition positive font de même.

2.3.2.3.2 Par association

Knasko (1992) a été la première à mettre en évidence expérimentalement que des attentes dues à de précédentes associations entre valence émotionnelle des odeurs et dangerosité pouvaient impacter significativement la santé des individus. Dans cette expérience, l'auteure a fait croire aux participants qu'une odeur ambiante était diffusée dans l'air en utilisant en leur présence un spray d'eau. Elle leur suggérait que l'odeur diffusée était (1) soit une odeur plaisante, (2) soit une odeur neutre, ou (3) soit une odeur déplaisante. Les participants ont rapporté plus de symptômes physiologiques négatifs (e.g., mal de tête, irritation des yeux) lorsqu'ils pensaient être en présence d'une odeur déplaisante. Contrairement aux expérimentations mettant en évidence un effet nocebo en lien avec une suggestion directe de la dangerosité d'une odeur, cette expérience met clairement en évidence qu'un précédent apprentissage perceptif (i.e., valence négative = danger) peut avoir un impact réel sur la santé des individus.

Plus récemment, Herz (2000) s'est intéressée à l'impact de la nature des odeurs (naturelle vs. synthétique) sur la perception des individus. Lors de deux sessions, les participants devaient évaluer quatre odeurs plaisantes et quatre odeurs déplaisantes sur cinq échelles : caractère plaisant, familiarité, intensité, sécurité et *arousal* (i.e., degré d'éveil ou de stimulation). Deux versions des odeurs étaient utilisées dans cette expérience, l'une synthétique et l'autre naturelle. Les participants recevaient aléatoirement un mélange d'odeurs naturelles et synthétiques dans une version plaisante ou déplaisante. Au cours d'une première session, les participants devaient évaluer, à l'aveugle, les odeurs et les classer en trois catégories : naturelles, synthétiques ou un mélange des deux. Au cours de la seconde session, ils devaient évaluer à nouveau les odeurs reçues lors de la première session (sans savoir que c'était le cas) après que l'expérimentateur ait induit un biais vis-à-vis de la nature de celles-ci. Soit il indiquait aux participants que toutes les odeurs étaient naturelles, soit il leur indiquait qu'elles étaient toutes synthétiques. Les résultats principaux montrent qu'au cours de la première session, les participants n'ont pas pu distinguer les odeurs naturelles des odeurs synthétiques. De plus, si les participants jugeaient les odeurs comme naturelles ou partiellement naturelles, les odeurs étaient évaluées comme étant plus plaisantes, plus familières et plus sûres. En réponse à l'induction du biais de l'expérimentateur à propos de la nature des odeurs lors de la deuxième session, les participants ont évalué comme plus sûres les odeurs catégorisées comme « naturelles » comparées aux odeurs catégorisées comme « synthétiques ». Enfin, les odeurs positives ont été évaluées comme significativement plus agréables au cours de la deuxième session, dans la condition où l'expérimentateur leur suggérait qu'elles étaient naturelles. Cette expérimentation ne met pas à proprement parler en évidence un effet nocebo, car l'auteur ne mentionne pas si les participants ont rapporté des symptômes lors de l'exposition aux odeurs

synthétiques. Néanmoins, les odeurs dites « synthétiques » sont évaluées comme moins agréables et plus dangereuses que les odeurs dites « naturelles ». Les évaluations en présence suggèrent donc l'existence d'un lien appris entre odeur synthétique et danger d'un côté, et odeur naturelle et sécurité de l'autre.

Suite aux différents points abordés dans cette partie, nous pouvons conclure que, si les individus pensent qu'une odeur est potentiellement dangereuse pour leur santé, alors celle-ci pourra produire un effet nocebo et affecter (réellement) la santé des individus. En outre, l'expérience de Herz (2000) suggère que la nature perçue d'une odeur pourrait avoir une incidence sur la perception de sa dangerosité et consécutivement, induire potentiellement un effet nocebo.

Nous allons dans la section suivante, présenter la deuxième croyance qui nous intéresse dans le cadre de cette thèse.

2.4 Intentionnalité de manipulation et diffusion de parfum

Dans un contexte de communication, les publicitaires utilisent une multitude de techniques afin d'attirer l'attention des individus et de les engager dans des processus d'analyse de l'information plus profonds. En retour, ces techniques induisent chez les individus une attitude plus positive et plus durable à l'égard d'un produit ou d'une marque (i.e., traitement central ; Petty & Cacioppo, 1986). Néanmoins, même si ces techniques comme l'emploi d'une non-congruence modérée (pour revue, voir Fleck & Maille, 2010) sont généralement très efficaces, il se peut que dans certains cas, ces techniques génèrent une réponse négative de la part des consommateurs/spectateurs. C'est ce que montrent Friestad et Wright (1994) grâce au « modèle de connaissances de persuasion » qu'ils ont développé. À force d'être soumis à des communications ou plus généralement, à des tentatives de persuasion de la part des annonceurs et des enseignes, les individus consommateurs construisent des connaissances sur la persuasion et les tactiques de persuasion comme les concepts de congruence (i.e., pertinence) ou d'équité. Consécutivement, les consommateurs peuvent remettre en question le message et l'annonceur, en réfléchissant aux raisons qui l'ont poussé à communiquer de la sorte. Dans ce contexte, Campbell (1995) a mis en évidence que, s'il est difficile d'identifier la marque qui est promue dans une publicité (dans le cas où celle-ci n'est révélée qu'à la fin du spot publicitaire), ou lorsqu'un élément apparaît comme trop incongru avec le reste de la publicité, alors les individus peuvent inférer une tentative de manipulation de la part des publicitaires.

Les chercheurs s'étant intéressés à la non-congruence des parfums (e.g., Bosmans, 2006 ; Ludden & Schifferstein, 2009 ; Schifferstein & Michaut, 2002) circonscrivent généralement leurs travaux à l'étude de ses effets sur les évaluations produites. Néanmoins, comme pour la publicité,

il est envisageable que l'emploi du marketing olfactif puisse, dans certains cas, conduire les individus à inférer une tentative de manipulation à leur égard dans le sens où la diffusion d'un parfum ne serait pas perçue comme un avantage pour eux (Paustenbach & Gaffney, 2005).

Lunardo (2009, 2012) est à notre connaissance le seul chercheur à s'être interrogé à ce sujet. Dans une expérience, il a proposé aux participants un scénario parmi deux, décrivant en quelques lignes un environnement de vente et une situation impliquant le lecteur. Dans le premier scénario, les éléments étaient mentionnés de telle sorte qu'ils paraissaient congruents les uns avec les autres (i.e., condition de congruence), alors que dans le deuxième scénario, des éléments paraissaient non congruents avec le reste de la description (i.e., condition de non-congruence). Les scénarios étaient les suivants :

« Il est quatre heures de l'après-midi un samedi et vous entrez dans une boulangerie que vous ne fréquentez pas d'habitude. Cette boulangerie est une authentique boulangerie de quartier, avec le boulanger qui cuit son pain lui-même. Vous remarquez l'odeur de pain en train de cuire qui se dégage » (scénario 1).

« Il est quatre heures de l'après-midi un samedi et vous entrez dans une boulangerie que vous ne fréquentez pas d'habitude. Dans cette boulangerie, vous remarquez qu'il n'y a aucun four ni aucun boulanger, mais curieusement une bonne odeur de pain en train de cuire qui se dégage » (scénario 2).

Il était demandé aux participants d'imaginer la scène et de s'en imprégner avant de répondre à un questionnaire. Ce dernier était constitué de quatre échelles. La première échelle permettait de mesurer les inférences de manipulation grâce à quatre items comme « le fait de chercher à persuader les gens à travers cette atmosphère ne me semble pas acceptable ». La deuxième échelle permettait de mesurer l'intégrité perçue en trois items (i.e., sincérité, honnêteté, intérêt pour le consommateur). Enfin, la troisième et la quatrième échelle mesuraient respectivement l'attitude envers l'atmosphère et l'attitude envers l'enseigne grâce à trois items identiques pour chacune (i.e., bonne/mauvaise, favorable/défavorable, positive/négative). Un item supplémentaire permettait de mesurer le caractère approprié/inapproprié de l'atmosphère de la boulangerie. Comme attendu, les participants dans la condition de non-congruence (i.e., scénario 2) jugent l'atmosphère comme significativement moins appropriée qu'en condition de congruence (i.e., scénario 1). Un modèle d'équations structurelles révèle que l'inférence d'une tentative de manipulation a une influence négative et significative sur l'intégrité perçue, qui elle-même a une influence positive et significative sur l'attitude envers l'atmosphère et l'attitude envers l'enseigne. En outre, l'inférence de manipulation a une influence directe et significative sur les deux échelles d'attitudes. Enfin,

l'attitude envers l'atmosphère a une influence positive et significative sur l'attitude envers l'enseigne.

L'intérêt de cette étude est de montrer que lorsqu'un des éléments constitutifs d'un lieu de services comme une boulangerie est perçu comme non congruent, cela peut amener les individus à inférer une intention manipulatoire. En retour, ceci impactera négativement l'intégrité perçue de l'enseigne ainsi que toute attitude subséquente envers l'atmosphère ou l'enseigne. Néanmoins, cette recherche présente certains biais qu'il faut considérer à la lecture des résultats. Le protocole utilisé était tel que l'attention des individus était portée sur les éléments en présence et notamment, les éléments non congruents dans le deuxième scénario. De plus, il est possible que le questionnaire ait rendu explicite l'idée que l'enseigne tentait de manipuler ses clients. Pour ces raisons, il n'est pas possible d'en déduire si l'intention de manipulation est une variable mesurable consécutivement au traitement de l'information et à la tentative de résolution de la non-congruence, ou bien si celle-ci est une croyance a priori des individus. L'auteur souligne que certains individus dits « consommateurs rebelles » perçoivent leur environnement comme un outil de contrôle au service de l'enseigne et que tout en magasin est fait pour manipuler les consommateurs. Ainsi, ce positionnement les conduirait à analyser systématiquement leur environnement en vue de résister à toute tentative de manipulation ou d'influence.

En conclusion, à l'image d'une croyance en la nocivité des parfums, les connaissances acquises en termes de persuasion (Friestad & Wright, 1994) pourraient avoir un impact à tous les niveaux de notre cadre conceptuel. Le fait que certains usagers puissent activement chercher à éviter d'être l'objet d'une persuasion (i.e., « consommateurs rebelles ») pourrait les amener à percevoir la présence d'un parfum comme non congruent, mais également à mobiliser plus de ressources pour traiter activement cette modification apportée à leur environnement. Concernant les autres usagers, la perception du parfum comme non congruent pourrait aboutir à inférer qu'il constitue une tentative de manipulation de la part des gestionnaires (i.e., résultat du processus de résolution de la non-congruence).

2.5 Synthèse du chapitre 2

À partir de différents modèles et conceptualisations issues de la psychologie et du marketing, nous avons proposé un cadre conceptuel afin de mieux comprendre quand un parfum d'ambiance sera perçu comme non congruent par un usager, et de quelle façon ce dernier traitera cette non-congruence. Nous avons également suggéré que certaines croyances envers les parfums d'ambiance pouvaient être la cause ou la conséquence du traitement d'une non-congruence perçue. Par conséquent, l'objectif du deuxième chapitre de cette thèse sera d'approfondir les travaux que nous

avons présentés traitant de la dangerosité perçue des parfums et de l'inférence d'intention de manipulation.

Questions de recherche n°2 : Est-ce que la perception des parfums est influencée par la nature de ces derniers ? Comment les usagers justifient-ils de l'utilisation d'un parfum d'ambiance suivant son lieu de diffusion ?

2.6 Article 2

2.6.1 Résumé

L'étude présentée dans le cadre de ce deuxième chapitre avait deux objectifs principaux. Le premier était d'approfondir les travaux de Herz (2000) suggérant que les parfums synthétiques étaient perçus comme étant plus dangereux que les parfums naturels. Le deuxième objectif était de déterminer si les individus justifieraient différemment l'emploi d'un parfum d'ambiance selon son lieu de diffusion. L'idée sous-jacente à ce second objectif est que si l'utilisation d'un tel dispositif est perçue comme bénéficiant avant tout, au gestionnaire ou à l'enseigne (e.g., augmenter les ventes) avant de bénéficier aux consommateurs ou aux usagers (e.g., améliorer le bien-être, masquer les mauvaises odeurs), ces derniers seraient plus susceptibles d'inférer que le dispositif représente une tentative de manipulation à leur égard.

Afin de mener à bien cette étude, nous avons repris et adapté une méthodologie d'ordinaire utilisée pour étudier les comportements alimentaires des consommateurs (e.g., Ares et al., 2014). Ainsi, nous avons réalisé une étude par questionnaire, diffusée en ligne. Il était demandé aux participants ce qu'évoquaient pour eux les termes « parfum naturel » et « parfum synthétique » en produisant pour chacun cinq mots, et en évaluant l'intensité affective de ces derniers sur une échelle en cinq points allant de 1 (négatif) à 5 (positif). En outre, les participants devaient fournir cinq raisons (au maximum) pouvant motiver l'utilisation d'un parfum d'ambiance dans chacun des trois lieux de services que nous souhaitions comparer (i.e., lieu de vente, infrastructures de transport, moyens de transport).

Concernant la nature des odeurs, les résultats confirment le fait qu'un parfum naturel est perçu comme plus positif, plus agréable, moins intense, ou encore meilleur pour l'environnement et la santé qu'un parfum synthétique. De plus, ce dernier est majoritairement associé aux termes en lien avec la chimie, le caractère artificiel, le manque d'authenticité ou encore, tout ce qui a trait au processus de développement et de fabrication industriel.

S'agissant des raisons pouvant justifier la diffusion d'un parfum d'ambiance, il s'avère que les infrastructures et les moyens de transport présentent un profil de réponses similaires, différent en revanche de celui des lieux de vente. Concernant ces derniers, les raisons les plus saillantes invoquées par les participants ont trait principalement aux dimensions « Commerce », « Perception », « Émotion », et « Cognition ». A contrario, les dimensions les plus saillantes concernant les infrastructures et moyens de transports sont très nettement la « Perception » et l'« Émotion ». Ainsi, les individus seraient potentiellement plus susceptibles d'inférer une tentative

de manipulation de la part d'une enseigne de magasin qui diffuserait un parfum d'ambiance que de la part d'un gestionnaire de TC. En effet, les raisons justifiant l'utilisation d'un parfum dans les TC seraient qu'elle bénéficierait avant tout aux usagers alors que dans les lieux de services, elle bénéficierait tout autant aux consommateurs qu'à l'enseigne.

2.6.2 The (synthetic) nature of scents and the reasons for their use in retailing and public transport: A consumer-based approach.

Auteurs : Frédéric Collin, Arthur Dupuy, Isabelle Parrot, Clémentine Gatto, Lionel Brunel.

État d'avancement : Article en préparation.

ABSTRACT

The first objective of the present study was to investigate consumers' perception of scent according to their nature (i.e., natural scent vs. synthetic scent). The second objective was to determine whether consumers would justify the use of ambient scents differently, according to the location of diffusion (i.e., points of sale, transport infrastructures, and transportation). To do so, we carried out a study based on exploratory qualitative approach with 280 French participants using to technique: word-association and open-ended questions. Firstly, our results confirm previous research on perception of scent. Natural scents are perceived as more positive, more pleasant, less intense, or even better for the environment and health than synthetic scents. Moreover, the latter are mainly associated with terms related to chemistry, artificiality, lack of authenticity or anything related to the industrial development and manufacturing process. Secondly, it appears that consumers justify the use of ambient scent differently, according to the location of diffusion. Infrastructures and means of transport present a similar response profile. The most salience justifications given by the participants were very clearly related to the dimensions "Perception" and "Emotion". In contrast, the most salient dimensions regarding the points of sale were "Trade", "Perception", "Emotion" and "Cognition". These findings might be very important regarding the use of ambient scent in retailing and public transport.

Keywords: ambient scent, retailing, public transport, consumer study, odour nature, inferences of manipulative intent, beliefs, attitudes

INTRODUCTION

Since the early 1990s, researchers have demonstrated the effects of ambient scent on consumers (for a review see Rimkute et al., 2015; Teller & Dennis, 2012). In particular, a scent can influence behaviour, intentions, evaluations, memory and mood (Roschk & Hosseinpour, 2019). In a commercial context, it can strengthen brand identity or increase sales (Krishna, 2012; Spangenberg et al., 1996). In addition, because of its ability to attract attention and cover up other odours (Henshaw, 2013), diffusing a scent on public infrastructure or transportation could be a way to improve the wellbeing of users, which is put to the test in increasingly saturated facilities (Haywood et al., 2017; Tirachini et al., 2013). Wang & Zacharias (2020) demonstrated, among other things, that the perception of passenger density is a function of the perceived noise level and perceived odour.

Nevertheless, the use of ambient scent on public transport is not without problems. Henshaw et al. (2015) suggest that how a scent is received by individuals in a given context is a function of three factors: (1) the degree of liking, (2) the nature of the association (i.e., what the scent evokes for the individual in relation to their past experiences), and (3) potential contestation. The first factor can be controlled when designing the scent. On the other hand, few studies have examined the impact of the perception of scents by individuals in relation to their past experience, and potential reasons for objections to the use of a scent and a diffusion system in public transport networks. Thus, this study explores two representations that could negatively impact the implementation and sustainability of an ambient scent system on public transport infrastructures: the perceived nature of the scent (synthetic versus natural), and perceived justifications for its diffusion.

The impact of odours as a function of their nature

Various studies, most dating from the 2000s, have studied the effects of the perceived dangerousness of odours. It has been demonstrated that an odour that is perceived as hazardous leads to more negative physiological symptoms (e.g., headache, eye irritation) than if it is perceived as safe, or neutral, for health, whether in the laboratory or under more ecological conditions (for a review, see Dalton, 2002). Furthermore, an odour that is perceived as ‘natural’ is evaluated more positively, and is considered safer than one that is perceived as ‘synthetic’ (Herz, 2000). The present research builds on these earlier studies and explores, in detail, how individuals represent odours depending on whether they are perceived as natural or synthetic.

The use of scent

Despite an apparent mistrust of odours that are considered to be hazardous or synthetic, individuals regularly, even daily, use products to scent or deodorise their homes. According to a European Commission survey of 4335 individuals, and 10 nationalities (Dimitroulopoulou et al., 2015), 72% reported using hairspray at least once a week, 85% a body scent, and 89% a spray deodorant. Concerning ambient scents (i.e., products that emit a scent in order to perfume a room or mask odours), 64% of respondents said they used scented candles, incense or passive scent diffusers at least once a week, 76% used electric scent diffusers, and 81% used scented sprays.

Although individuals regularly use scents in their daily lives, we do not know what they think about their use in public spaces. Specifically, our research question was whether the perceived reasons for using an ambient scent could be a function of where it is used.

Projective methods

To investigate this question, we used two, projective techniques: (1) word association ; and (2) open-ended questions that are typically used to explore consumer perceptions of food (Ares & Deliza, 2010; Ares et al., 2014) or cosmetic products (Gámbaro et al., 2014, 2019). These techniques are based on the idea that presenting an individual with a given theme or object, and asking him/her to freely associate words/ ideas that come to mind, gives unrestricted access to the mental representations associated with the stimulus.

Word association is a useful way to identify beliefs and attitudes towards natural and synthetic scents. In addition to word association, other researchers have asked participants to emotionally evaluate products (Benthin et al., 1995; Roininen et al., 2006; Slovic et al., 1991). Thus, in addition to a qualitative evaluation, the method makes it possible to quantitatively estimate the value of each product idea and, thus, to understand the direction (favourable/ unfavourable) and the amplitude (weak/ strong) of the subject's attitude.

Open-ended questions are an appropriate way to explore the reasons – as perceived by participants – why an ambient scent would be diffused in certain public spaces (i.e., points of sale, transport infrastructures, transportation). The technique is similar to word association. The major difference is that, instead of focusing on an idea or an object, open-ended questions focus on a more specific aspect of the stimulus or its use.

The objectives of our study were as follows: (1) to look again at consumer beliefs and attitudes to scent as a function of its nature (natural versus synthetic) based on word association; and (2) to explore the justifications given by individuals for the use of ambient scent in public

spaces. More generally, the aim was to examine potential obstacles to the implementation and maintenance of an ambient scent diffusion system on public transport, i.e., the perceived or assumed nature of the diffused odour, and the reasons for the implementation of such a system.

MATERIALS AND METHODS

Participants

The sample of 280 French individuals were randomly selected to participate in the study (19% male, 81% female). Participants were aged between 18 and 80 (mean 38 years, standard deviation 18 years). Three participants were excluded due to missing data. Socio-demographic data are summarised in Table 5.

Table 5. Socio-demographic characteristics and questions related to participants' sense of smell (n=280).

		N	%
Gender	Woman	227	81%
	Man	52	19%
	Other	1	0.4%
Education	Vocational training	6	2%
	High school	48	17%
	Vocational bachelor's degree	38	14%
	Batchelor' degree	66	24%
	Master's degree	104	37%
	Doctoral degree	18	6%
Age group	18–29	146	52%
	30–54	60	21%
	55–80	74	26%
Profession	Craftsman, trader or business manager	9	3%
	Manager or professional	60	21%
	Employee or blue-collar worker	32	11%
	Student	103	37%
	Intern	22	8%
	Retired	44	16%
	No professional activity	11	4%
Smoker	No	54	19%
	Yes	226	81%

Data collection

This online study was run on a secure platform hosted by the University Paul Valéry Montpellier 3 (France). Efforts were made to contact as many people as possible, and information about the study was disseminated via different communication channels (word-of-mouth, social networks, emails, etc.).

The online questionnaire consisted of five tasks: two word association tasks (questions 1a and 2a); and three open-ended questions (3, 4, and 5). In addition, for the first two questions, participants were asked to rate each of their answers (questions 1b and 2b) on a 5-point Likert scale, ranging from 1 (negative) to 5 (positive). The question wording is summarised in Table 6.

Table 6. Wording of the five tasks undertaken by participants. The first two questions are word association tasks, and the last three are open-ended questions. The final column indicates where the results for that question are presented.

Question	Wording	Results
1a	What does the term ‘natural scent’ mean to you? Give 5 words, from the most to the least obvious.	Table 7, Figure 8, Figure 9
1b	To what extent do you consider this word to be positive or negative? <i>This question followed each of the 5 words given by the participant.</i>	
2a	What does the term ‘synthetic scent’ mean to you? Give 5 words, from the most to the least obvious.	
2b	To what extent do you consider this word to be positive or negative? <i>This question followed each of the 5 words given by the participant.</i>	
3	In your opinion, why would an ambient scent be diffused at points of sale (shops, boutiques, supermarkets)? <i>(up to 5 answers)</i>	Table 8, Figure 10
4	In your opinion, why would an ambient scent be diffused at public transport facilities (train stations, bus stops)? <i>(up to 5 answers)</i>	
5	In your opinion, why would an ambient scent be diffused on public transport (trains, trams, buses)? <i>(up to 5 answers)</i>	

Data analyses

Data classification and filtering

The study was distributed between April and July 2020. Once all of the data had been collected, we organised and categorised the words given by participants. Next, we grouped these categories into dimensions. Finally, we filtered the data for statistical analysis.

Word associations for ‘natural’ and ‘synthetic’ scent

Data from the first two questions (natural and synthetic scents) were grouped. This grouping was necessary in order to be able to highlight the principal categories and common dimensions and, thus, compare answers to the two questions. Our procedure followed that reported in Libertino et al. (2012), as follows:

- (a) Data cleaning (e.g., spelling mistakes, typos).
- (b) Where possible, words were grouped into categories by applying one of the four rules we defined (see below), or by combining them. If a word could not be grouped within the category, it became its own category. The four rules for grouping were as follows:

- a. Unique (non-compound) words with the same root (e.g., scent, to smell) were grouped within the same category,
 - b. Synonyms (e.g., gasoline, diesel) were grouped together in the same category,
 - c. Words that referred to the same concrete or abstract object (e.g., human odour, body, sweat) were grouped in the same category,
 - d. Words that referred to the same idea (e.g., pleasant, bad smell, good smell) were grouped in the same category.
- (c) Next, we created dimensions from categories. There were three possible cases:
- a. A category was directly transformed into a dimension, if its independent analysis was of interest in relation to the objectives of the study (e.g., ‘chemical’, ‘artificial’, ‘biological’),
 - b. A category was directly transformed into a dimension if it was not possible to combine it with another category,
 - c. Categories were combined into dimensions where there was a semantic link between them, from the most concrete (e.g., the ‘odour source’ dimension consisted of the categories ‘flower’, ‘fruit’, ‘paint’, etc.) to the most abstract (e.g., the ‘evocation’ dimension consisted of the categories ‘human relationship’ (e.g., carnal, seductive, flirtatious) and ‘luxury’ (e.g., luxury, chic, elegance).
- (d) Once the dimensions had been determined, we only analysed the first word of a given dimension if a participant referred to it several times. For example, one participant gave the following words, in this order, in response to the question about natural scent: (1) *flowery*, (2) *spicy*, (3) *peppery*, (4) *fresh*, and (5) *sweet*. *Flowery* was classified as floral, *peppery* and *spicy* were classified as spice, *fresh* was classified as freshness, and *sweet* was classified as sweet. As ‘floral’ and ‘spice’ categories were grouped together under the dimension ‘odour source’, only *flowery* was taken into account in the analysis. With respect to the last two words, the categories ‘fresh’ and ‘sweet’ were grouped under the dimension ‘sensory perception’. Thus, only *fresh* was taken into account. On the other hand, words retained their rank, i.e., their position among the participant’s answers (i.e., rank 1 for *flowery* and rank 4 for *fresh*). This step was essential in order to calculate the Cognitive Salience Index (CSI, see below) for each dimension. Following this procedure, 16.5% of words were discarded.

- (e) Finally, dimensions constituting less than 1% of participants' responses (after the application of the filter in the previous stage) were also removed. Following this procedure, 2.7% of the remaining words were discarded.

1.1.1.1 *Open questions on 'points of sale', 'transport infrastructures' and 'transportation'*

Responses to open-ended questions were classified and filtered following the same procedure used for word association tasks. Here again, we grouped all responses to the three questions in order to highlight categories, and then common dimensions. The major difference between these answers and word association tasks was that participants very rarely used a single word to answer these questions, but rather combinations of at least two main words. We therefore chose the word that seemed to encapsulate the key idea (e.g., the proposal 'pleasant atmosphere' was classified as 'perception of the ambience' within the dimension 'perception', and the proposal 'encourages buying' was classified as 'selling' within the 'commerce' dimension). If a proposal contained two main ideas, only the first was processed (e.g., for the proposal 'so that visitors have good memories and come back', only the main idea 'have good memories' was retained and processed). Once data had been classified, we applied the same filter used in word association tasks (d), which resulted in 19.5% of responses being discarded. Finally, we applied the second filter used previously (e), which led to the removal of 3.9% of the remaining proposals.

Descriptive statistics and the Cognitive Salience Index

Once categories and dimensions had been established, we were able to determine, in each case: (1) the total number of times they were mentioned by participants, (2) the percentage of participants that mentioned them (frequency), (3) the mean valence associated with each of them (i.e., the mean of the valences of each word classified in a dimension or a category, only for word association tasks), and (4) the cognitive salience index.

1.1.1.2 *The Cognitive Salience Index*

The CSI was developed by Sutrop (2001) to analyse participants' responses in more detail. Rather than simply reporting and comparing how frequently each dimension was cited, the CSI makes it possible to determine the salience of each dimension, i.e., its prevalence relative to other dimensions. In other words, it helps to determine which dimensions people think of first in relation to a given theme, object or question. It is calculated as follows:

$$CSI_j = \frac{F_j}{(N \times Rm_j)}$$

where F_j = the number of participants who mentioned a word classified in dimension j ; N = the total number of participants; and Rm_j = the mean rank of words classified in dimension j . The latter is calculated as follows:

$$Rm_j = \frac{\sum R_j}{F_j}$$

where $\sum R_j$ = the sum of the ranks of each word classified in dimension j ; and R_j = the rank or position of a word in the list of a participant that was classified in dimension j .

A word could be given a rank ranging from 1 to 5 (1 if it was mentioned first by the participant, and 5 if it was mentioned last). This rank is essential for the calculation of the index, which is why we did not retain all of the words produced by participants (see the data filtering step (d) described above). A dimension that was systematically mentioned first (i.e., ranked 1 out of 5) by participants, was considered very salient, and had a strong link with the initial theme as it was the one that participants thought of first. Dimensions that were mentioned several times by certain participants were of less interest, as they were more reflective of the person's semantic verbal fluency (Cardebat et al., 1990). Nevertheless, they were useful in the process of classifying words into categories, and grouping categories into dimensions. The more words that are available, the easier it is to identify mutually exclusive categories and dimensions.

Quantitative analyses

A Student's paired samples t -test was run to compare mean valences of words associated with natural and synthetic scents. Furthermore, all statistics were produced using open source statistical software JASP (Love et al., 2019).

RESULTS

Word association tasks: natural vs. synthetic scent

Number of words, frequency and mean emotional valence

Participants produced 2037 words (mean 7.4), to which they attributed a mean valence of 3.1. More specifically, they produced 998 words with a mean valence of 4.18 (SD = 0.69) for natural scents, and 1039 words with a mean valence of 2.02 (SD = 0.89) for synthetic scents (see Table 7). The difference in mean valences for the two types was significant ($t(279) = 30.251, p < .001$).

The analysis led to the creation of 18 dimensions, each made up of more than 1% of participants' answers. The most frequently-mentioned were 'Odour Source' ($n = 275$), 'Perception' ($n = 266$), 'Chemistry' ($n = 203$), 'Health' ($n = 180$), and 'Judgement' ($n = 166$) (see Table 7).

Table 7. Number of words (N), Mean valence (Mean Val.), percentage of individuals (% Ind.) that mentioned a classified word for each dimension and category, and the Cognitive Salience Index (CSI) for each dimension, as a function of the type of scent (Natural vs. Synthetic). A maximum of 4 categories are given for each dimension.

Dimension Category	Natural scent				Synthetic scent				Total	
	N words	Mean val.	% Ind.	CSI	N words	Mean val.	% Ind.	CSI	N words	Mean val.
Total	998	4.3			1039	2.0			2037	3.1
Odour Source	200	4.3	71%	0.313	75	2.7	27%	0.103	275	3.9
Flower	78	4.7	28%		2	3.5	1%		80	4.7
Body	36	3.2	13%		3	2.7	1%		39	3.2
Plant	26	4.7	9%				0%		26	4.7
Scent	7	3.7	3%		14	4.0	5%		21	3.9
Perception	153	4.4	55%	0.200	113	2.1	40%	0.145	266	3.4
Intensity	13	3.2	5%		58	1.9	21%		71	2.2
Pleasant	41	4.5	15%		30	1.9	11%		71	3.4
Weight (Light / Heavy)	25	4.4	9%		4	2.3	1%		29	4.1
Freshness	26	4.7	9%				0%		26	4.7
Chemistry	40	3.5	14%	0.058	163	1.7	58%	0.355	203	2.0
Chemical	9	1.0	3%		134	1.6	48%		143	1.5
Non-Chemical	30	4.3	11%				0%		30	4.3
Chemistry	1	1.0	0%		29	2.2	10%		30	2.2
Health	67	4.5	24%	0.082	113	1.4	40%	0.148	180	2.5
Hazardous	48	4.6	17%		47	1.4	17%		95	3.0
Allergy	6	3.7	2%		19	1.7	7%		25	2.2
Aggressive	3	4.3	1%		14	1.5	5%		17	2.0
Toxic			0%		11	1.0	4%		11	1.0
Judgement	67	4.0	24%	0.075	99	2.2	35%	0.118	166	2.9
Authenticity	14	4.0	5%		46	1.7	16%		60	2.2
Discretion	16	4.5	6%				0%		16	4.5
Longevity	6	3.3	2%		9	3.5	3%		15	3.4
Quality	4	5.0	1%		8	1.6	3%		12	2.8
Natural	122	4.8	44%	0.232	25	1.8	9%	0.034	147	4.3
Nature	87	4.7	31%		1	5.0	0%		88	4.7
Natural	35	4.8	13%				0%		35	4.8
Non-Natural			0%		24	1.7	9%		24	1.7
Marketing / Commerce	33	2.6	12%	0.032	95	2.2	34%	0.102	128	2.3
Price	19	2.4	7%		32	2.4	11%		51	2.4
Distrust	3	2.3	1%		25	1.6	9%		28	1.6
Aim			0%		15	1.8	5%		15	1.8
Choice	2	4.0	1%		8	4.5	3%		10	4.4
R&D / Manufacturing	29	4.4	10%	0.036	84	2.2	30%	0.122	113	2.8
Industry	1	2.0	0%		25	1.9	9%		26	1.9
Modification	7	4.3	3%		10	2.0	4%		17	2.9
Extract	12	4.7	4%				0%		12	4.7
Mixture	1	4.0	0%		10	2.4	4%		11	2.5
Environment	50	4.6	18%	0.055	36	1.1	13%	0.036	86	3.2
Respect for the Environment	32	4.8	11%		34	1.1	12%		66	2.9
The word 'Environment'	13	4.2	5%		2	1.5	1%		15	3.9
Environmental Sciences	5	4.8	2%				0%		5	4.8
Composition	41	3.9	15%	0.051	35	1.9	13%	0.047	76	3.0
Constituent	17	3.6	6%		12	1.2	4%		29	2.5
Simple/Complex	18	4.0	6%		8	2.3	3%		26	3.5
Composition	5	4.2	2%		8	2.4	3%		13	3.1
Unknown			0%		6	2.5	2%		6	2.5

Table 7. (Continued)

Dimension Category	Natural scent				Synthetic scent				Total	
	N words	Mean val.	% Ind.	CSI	N words	Mean val.	% Ind.	CSI	N words	Mean val.
Well-being	28	4.3	10%	0.026	46	1.5	16%	0.059	74	2.5
Physiological Reaction	8	3.0	3%		43	1.3	15%		51	1.6
Beneficial	14	4.9	6%		2	4.0	1%		16	4.8
Comfort	3	5.0	1%		1	2.0	0%		4	4.3
Physiological state	3	4.0							3	4.0
Artificial	8	3.0	3%	0.008	56	1.9	20%	0.093	64	2.0
Artificial	3	1.3	1%		56	1.9	20%		59	1.8
Non-Artificial	5	4.0	2%				0%		5	4.0
Time/Place	23	4.5	8%	0.023	38	2.2	14%	0.045	61	3.0
Place of Production			0%		26	2.1	9%		26	2.1
House	8	4.3	3%		2	1.0	1%		10	3.6
Memory	7	4.6	3%		1	3.0	0%		8	4.4
Point of Sale			0%		6	2.7	2%		6	2.7
Odour	37	3.8	13%	0.051	22	3.2	8%	0.030	59	3.5
Odour	31	3.6	11%		15	2.9	5%		46	3.4
Scent	4	5.0	1%		5	3.6	2%		9	4.2
Scented	1	5.0	0%		1	3.0	0%		2	4.0
Smell	1	3.0	0%				0%		1	3.0
Organic	54	4.8	19%	0.088	2	1.5	1%	0.005	56	4.7
'Bio' (a short for organic in French)	36	4.8	13%				0%		36	4.8
Organic	18	4.9	6%				0%		18	4.9
Non-Organic			0%		2	1.5	1%		2	1.5
Evocation	23	4.2	8%	0.027	10	2.4	4%	0.010	33	3.7
Human Relation	7	4.1	3%		4	2.3	1%		11	3.5
Self	8	4.4	3%		1	2.0	0%		9	4.1
Luxury	3	3.7	1%		2	1.5	1%		5	2.8
Original	2	4.5	1%				0%		2	4.5
Synthetic	11	4.0	4%	0.022	17	1.8	6%	0.029	28	2.6
Synthetic	3	1.3	1%		17	1.8	6%		20	1.7
Non-Synthetic	8	5.0	3%				0%		8	5.0
Identity	12	4.3	4%	0.015	10	3.0	4%	0.012	22	3.7
Personal	8	4.1	3%		2	4.0	1%		10	4.1
Identity	2	4.5	1%		1	5.0	0%		3	4.7
Recognition	2	5.0	1%				0%		2	5.0
Appearance			0%		1	2.0	0%		1	2.0

In order to compare the results, we divided dimensions associated with natural and synthetic scents into three groups, according to their emotional valence (see Figure 8). These groups were associated with 'negative valence' (from 1 to 2.33 on the valence scale from 1 to 5), which included 14 of the 18 dimensions for synthetic scent, a 'neutral valence' group (from 2.33 to 3.67), which included 4 of the 18 synthetic scent dimensions and three of the 18 natural scent dimensions, and finally, a 'positive valence' group (from 2.33 to 5), which included 15 of the 18 natural scent dimensions. These results clearly show that the majority of dimensions associated with natural scent are classified positively, and none are classified negatively. Conversely, the majority of synthetic scent dimensions are classified negatively, and none are classified positively.

Turning to how frequently dimensions were cited by participants, Figure 8 shows that a third of dimensions for the two types of scent had a frequency between [0 ; 10%], a third had a frequency between]10% ; 20%], and a third had a frequency above 20%. The three, most-frequently-cited dimensions associated with natural scent were ‘Odour Source’ (F = 71%), ‘Perception’ (F = 55%), and ‘Natural’ (F = 44%). Concerning synthetic scent, the three most-frequently-cited dimensions were ‘Chemistry’ (58%), ‘Perception’ (F = 40%) and ‘Health’ (F = 40%).

It should also be noted that 96% of references to the ‘Organic’ dimension concern natural scent. Conversely, 87.5% of words referring to the ‘Artificial’ dimension concern synthetic scent (see Table 7).

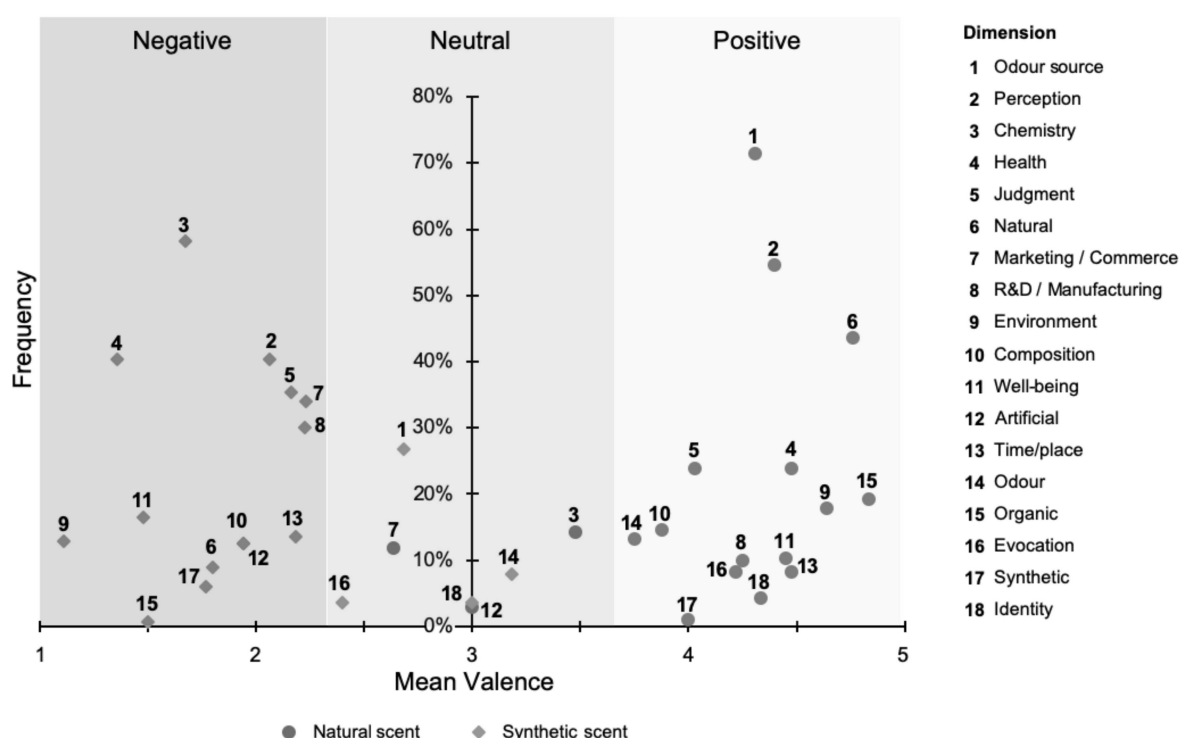


Figure 8. Distribution of the dimensions of natural (blue) and synthetic (orange) scents as a function of mean valence (x-axis) and frequency of citation (y-axis). Three groups were created to facilitate understanding of the data, based on the mean valence of dimensions associated with each type of scent. Dimensions with negative mean valence are shown in dark grey, dimensions with neutral mean valence are shown in light grey, and dimensions with positive mean valence are shown in white. Finally, the two horizontal dotted lines indicate frequencies F = 10% and F = 20%.

Cognitive Salience Indexes

A CSI was calculated for each dimension, and the results are shown in Figure 9. Unlike frequencies, the CSI takes into account the rank of words. Nevertheless, it is clear that the CSI and

the frequency associated with each dimension are correlated ($r = 0.97$ for natural scent, and $r = 0.92$ for synthetic scent). This indicates that during word association tasks, participants generally mentioned the most-frequently-cited dimensions first.

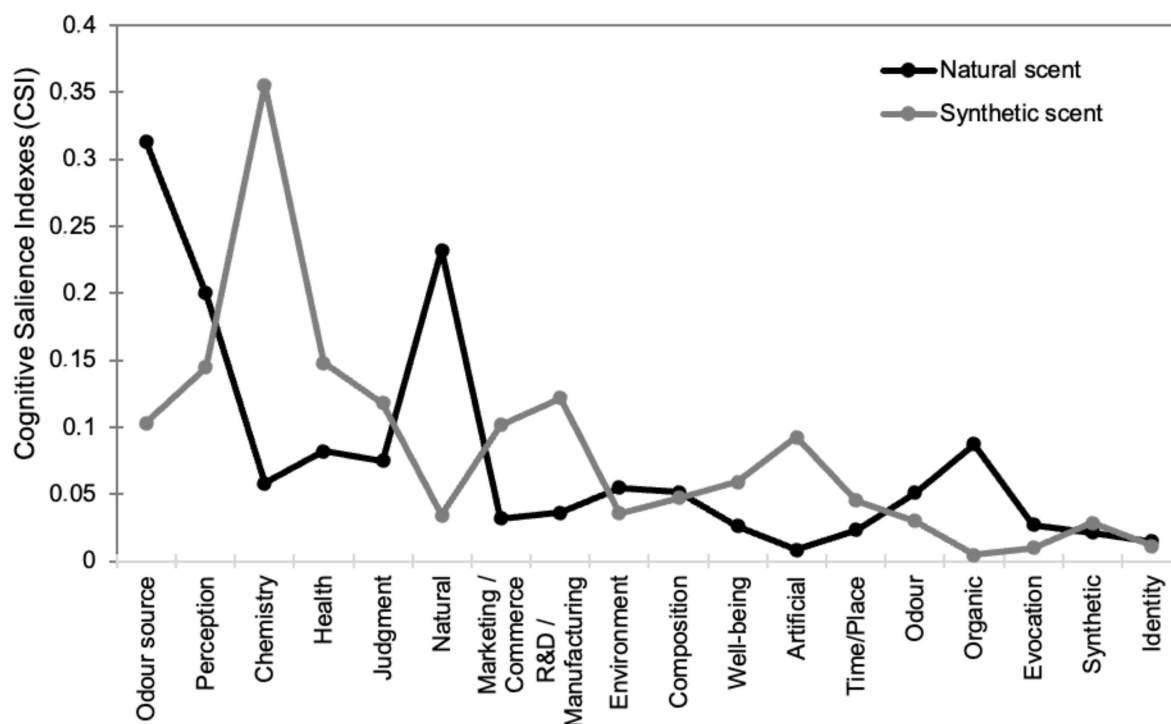


Figure 9. Cognitive saliency indexes for dimensions associated with natural scents (in black) and synthetic scents (in grey).

Open-ended questions: points of sale vs. transport infrastructure vs. transportation

Number of words and frequencies

Participants produced 2330 responses to the three open-ended questions (mean 8.3 words). More specifically, 749 proposals concerned transport infrastructure, 717 concerned transportation and, finally, 864 concerned points of sale (see Table 8).

Nine dimensions, each made up of more than 1% of participants' answers, were created. The most frequently mentioned were 'Perception' ($n = 671$), 'Emotion' ($n = 554$), 'Cognition' ($n = 287$), 'Marketing / Communication' ($n = 191$), 'Commerce' ($n = 188$) and 'Experience' ($n = 131$).

The 'Perception' dimension was cited most often for the three places. It should be noted that it is made up of the 'Masking' category (cited by 63.2% of participants), which includes all of the words and ideas related to the masking of smells in places. The second most cited dimension

was ‘Emotion’. This includes the ‘Well-being’ category, which was mentioned by 63.5% of participants.

Table 8. Number of words (N), percentage of individuals (% Ind.) who mentioned a word classified by dimension and category, and the Cognitive Salience Index (CSI) for each dimension, as a function of the place (transport infrastructure, transportation and point of sale).

Dimension Category	Transport infrastructures			Transportation			Point of sale			Total
	N words	% Ind.	CSI	N words	% Ind.	CSI	N words	% Ind.	CSI	N words
Total	749			717			864			2330
Perception	233	83%	0.463	253	90%	0.558	185	66%	0.276	671
Odour masking	158	56%		187	67%		79	28%		424
Perception of the ambience	21	8%		22	8%		53	19%		96
Perception of the place	38	14%		25	9%		28	10%		91
Perception of the smell	16	6%		19	7%		25	9%		60
Emotion	198	71%	0.366	200	71%	0.340	156	56%	0.230	554
Wellbeing	135	48%		136	49%		81	29%		352
Affect	22	8%		24	9%		42	15%		88
Comfort	26	9%		31	11%		17	6%		74
Mood	15	5%		9	3%		16	6%		40
Cognition	85	30%	0.122	54	19%	0.073	148	53%	0.252	287
Attraction	14	5%		14	5%		99	35%		127
Memory	17	6%		12	4%		14	5%		43
Escape	27	10%		10	4%		3	1%		40
Reassurance / Safety	13	5%		9	3%		6	2%		28
Marketing / Communication	51	18%	0.066	47	17%	0.058	93	33%	0.119	191
Building loyalty	17	6%		27	10%		20	7%		64
Olfactory signature / identity	12	4%		7	3%		31	11%		50
Image	10	4%		5	2%		17	6%		32
Commerce	23	8%	0.030	11	4%	0.014	154	55%	0.269	188
Sales	22	8%		9	3%		150	54%		181
Commerce	1	0%		2	1%		4	1%		7
Experience	68	24%	0.114	53	19%	0.082	10	4%	0.020	131
Waiting	59	21%		17	6%		-	-		76
Experience	8	3%		31	11%		10	4%		49
Reduction of discomfort	1	0%		5	2%		-	-		6
Behaviour	27	10%	0.041	28	10%	0.039	33	12%	0.039	88
Time spent at the location	4	1%		1	0%		29	10%		34
Orientation	12	4%		13	5%		3	1%		28
Incivility	8	3%		9	3%		1	0%		18
Social Interactions	3	1%		5	2%		-	-		8
Health	29	10%	0.042	29	10%	0.043	13	5%	0.016	71
Manipulation	9	3%	0.012	18	6%	0.024	37	13%	0.052	64

As for points of sale, the dimensions that were most often associated were, in order, ‘Commerce’, ‘Cognition’ and ‘Marketing / Communication’. The main categories were ‘Sales’ (cited by 54% of participants), ‘Attraction’ (cited by 35% of participants), ‘Well-being’ (cited by 29% of participants), ‘Masking’ (cited by 28% of participants), ‘Affect’ (cited by 15% of participants), ‘Olfactory Signature/ Identity’ (11%) and ‘Time spent at the location’ (10%).

With respect to infrastructure and transportation, the main dimensions (other than ‘Perception’ and ‘Emotion’) were the same for both types – in order, ‘Cognition’, ‘Experience’ and ‘Marketing/ Communication’. On the other hand, the two types had different categorical characteristics. For infrastructures, the main categories were ‘Masking’ (cited by 56% of participants), ‘Well-being’ (48%), ‘Waiting’ (21%), ‘Perception of the place’ (14%) and ‘Escape’ (10%). For transportation, the main categories were ‘Masking’ (67%), ‘Well-being’ (49%), ‘Comfort’ (11%), ‘Experience’ (11%) and ‘Building loyalty’ (10%).

Cognitive Salience Indexes

CSIs were calculated for each dimension, and are shown in Figure 10, which highlights the key differences between them. The main reasons given for diffusion in infrastructures or transportation are more or less the same in the two places. Dimensions relating to perception, emotion, experience and cognition predominate, although CSIs for the latter two are much lower than for the first two. On the other hand, the profile for points of sale is very different. Here, the dimensions ‘Perception’, ‘Commerce’, ‘Emotion’ and ‘Cognition’ dominate, with relatively similar CSIs.

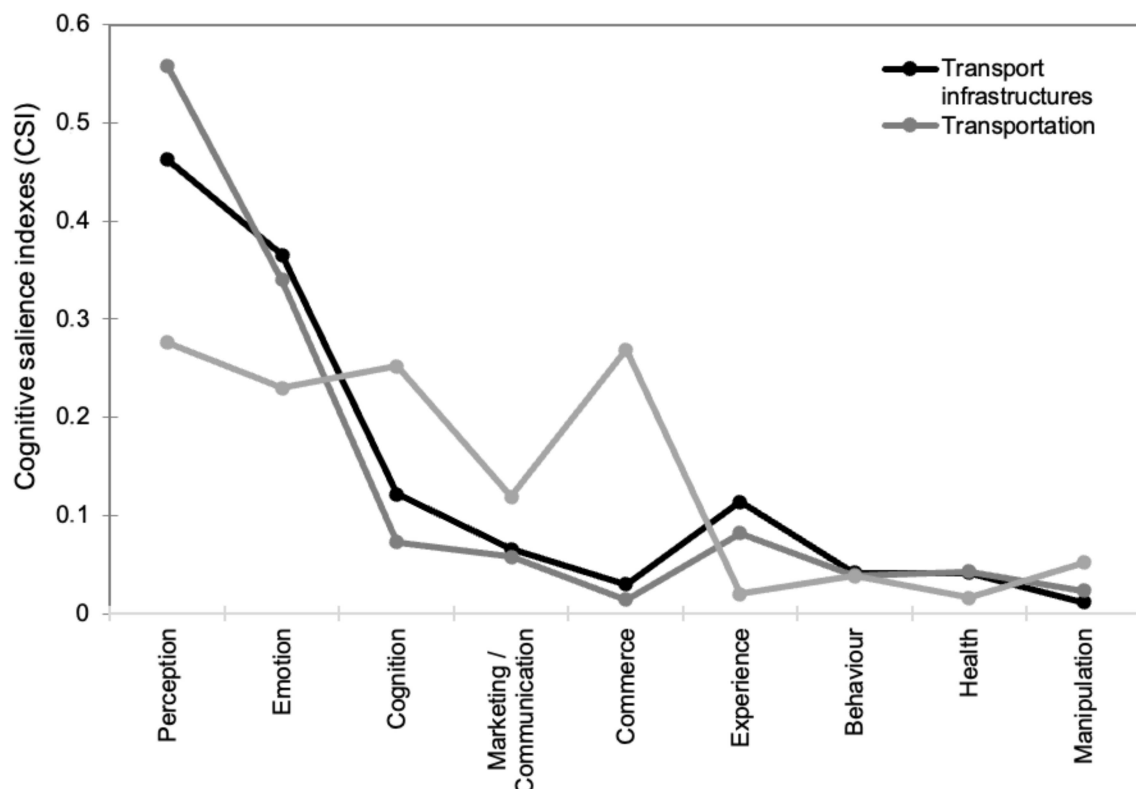


Figure 10. Cognitive salience indexes for dimensions associated with transport infrastructures (black), transportation (dark grey) and points of sale (light grey).

DISCUSSION

The aim of our study was to contribute to the understanding of representations that can affect how a scent is received and accepted in public places (Henshaw et al., 2015). More precisely, we explored two representations that could impact the implementation and long-term sustainability of a public transport diffusion system: the perceived nature of the scent and the for reasons its diffusion in public spaces.

We used a word association task to explore how individuals represent natural and synthetic scents. The first observation is that dimensions mentioned most often by participants concern the source and perception of odours (i.e., pleasantness and intensity). This is unsurprising, given that non-experts generally describe odours based on their source (Kaeppeler & Mueller, 2013) and that pleasantness and intensity are two perceptual dimensions that are very often used to describe odours (Bensafi et al., 2002; Distel et al., 1999).

Furthermore, our results are clearly in line with the literature (Herz, 2000), i.e., a natural scent is perceived as positive, healthy, good for the environment, organic and beneficial for well-being. On the contrary, a synthetic scent is perceived as negative, unpleasant, overly intense, chemical, hazardous to health, detrimental to well-being, and harmful for the environment. A possible explanation for these results could be that individuals draw a parallel between food and smell. According to Hemmerling et al. (2016, p. 2288), “The ongoing globalisation of food production, the industrialisation and intensification of agriculture as well as numerous food scandals have increased consumers’ awareness for health and the environment, while nourishing their scepticism towards the food industry [...]. As a result, consumers have started questioning the origin, modes of production and particularly the nature and content of their food”. As a result, customers prefer ‘organic’, locally-produced food (for a review, see Adams & Salois, 2010). In other words, they want to know what they are eating.

Intensive agriculture that spreads pesticides that can be found in most of the products we eat, or industrial food that contains additives, may have created a real mistrust of anything that can be considered synthetic, chemical or simply produced by humans in laboratories. Wilkins et al. (2007) illustrate the idea of generalising this mistrust of industrial food to other areas. In their experiment, they asked individuals to evaluate the odour emanating from different products used in interior design (i.e., wall paint, flooring and oil applied to wood flooring) according to two criteria: perceived intensity and perceived acceptability. Participants first made an initial assessment of the odour in the absence of any other information. Then, odour sources were labelled as either

‘organic’ or ‘synthetic’. Their results showed that after the products were labelled, perceived intensity decreased significantly, and acceptability increased significantly for ‘organic’ products.

Turning to the reasons for diffusing a scent in public spaces, we used open-ended questions about three types of location: points of sale, public transport infrastructures and transportation. Our results highlighted both similarities and differences.

The main reasons given by participants for diffusing an ambient scent at a point of sale were to sell more products and to make the place more attractive. These were followed by masking smells and well-being. On the other hand, the ‘Perception’ dimension proved to be the most salient. This is the first demonstration that individuals are fully aware of the potential effects of ambient scent on customer behaviour, cognitions and perceptions. As far as transport infrastructure is concerned, the main reasons were to mask bad smells, the well-being of users, but also to improve waiting conditions, and the perception of the place. Beyond ‘Perception’ and ‘Emotion’, which are by far the most salient dimensions, ‘Experience’ and ‘Cognition’ were also important in the eyes of participants. Thus, the argument ‘sell more’ would not motivate the diffusion of ambient scent in transport infrastructures. Improving well-being and comfort, in particular by masking odours, predominates.

Managerial implications

As the reception of an ambient scent is a function of both users’ perceptions, based on their past experience, and on potential objections to its presence (Henshaw et al., 2015), transport network and marketing managers should pay attention to our results. It is impossible to predict what each user will think of a scent, or the reasons for implementing a diffusion system. On the other hand, it is possible to communicate effectively and transparently on these topics. First of all, it seems necessary to reassure individuals that a scent is harmless. Whether it is of natural or synthetic origin is of little importance. At the same time, informing users about issues that could have consequences for their health in the worst-case scenario (Dalton, 2002) seems a much more constructive approach. Similarly, clearly explaining why a scent is diffused is likely to encourage the reception and acceptance in these places, and minimise mistrust.

Public transport can, in principle, be viewed in the same way as shops or shopping centres; the main purpose is to sell a service, namely to transport individuals from point A to point B under conditions agreed in advance. In this context, the use of sensorial marketing can be an interesting way to improve the comfort and well-being of customers or, in other words, to improve the user experience. However, public transport has certain characteristics and difficulties that are not, or

only rarely, found in classical public spaces, meaning that the presence of an ambient scent is very likely to attract the attention of users, and raises several questions:

- (a) Not all individuals can choose any mode of transport (e.g., car, bicycle, walking, metro, tram) due to various constraints (e.g., finances, travel distance, inability to park at their workplace),
- (b) These places are used every day, by many people, and very often several times a day,
- (c) In contrast to sales outlets, which are usually under surveillance, public transport is often made up of tens or hundreds of lines, not all of which can be policed, encouraging incivility (e.g., aggression, degradation),
- (d) Public transport is very often used by individuals to get to work. Thus, the morning and evening rush hour can be a real problem for users due to, for example, proximity, discomfort, odour or noise (Mahudin et al., 2012; Tirachini et al., 2013),
- (e) Users cannot usually choose who they travel with; often there is only one operator that manages a given mode of transport in a given area.

Taken together, these observations suggest that public transport is a place where users tend to be in a state of alert and stress. This encourages them to pay attention to their environment, or changes in it (Krishna, 2010). They are more likely to question the nature of the scent they are inhaling, and ask why managers have implemented such a system. Finally, we must not forget that it is difficult not to smell an odour or scent that is in our environment when we do not want to. Although it is possible to cover your nose, it is both uncomfortable, and socially difficult in the midst of a crowd. This can be compared to disturbing ambient noise, where it is possible to use ear plugs or headphones to reduce the noise. This characteristic means that any ambient scent can be perceived as intrusive, as there is no way to stop perceiving it.

In conclusion, given the characteristics of public transport, it appears to be necessary to take into account people's representations of an ambient scent and the reasons why it is implemented, if the well-being of users is to be improved in the long term.

CHAPITRE 3 PARFUM D'AMBIANCE ET TRANSPORTS EN COMMUN

Nous avons vu dans le premier chapitre que son et odeur ne s'intègrent pas en une représentation unique et multimodale. Ainsi, aucun signal émergent, qui serait qualitativement différent des signaux qui lui ont donnée naissance (i.e., son et odeur séparément), ne sera formé.

Nous avons vu dans un deuxième chapitre que certaines croyances envers les parfums et leur utilisation pourraient avoir un impact sur la santé des usagers et sur leur attitude vis-à-vis de leur diffusion.

À présent, nous allons nous intéresser dans ce troisième chapitre aux effets des parfums d'ambiance sur les usagers des TC. Pour ce faire, nous montrerons en quoi cette technique marketing pourrait produire deux effets distincts, mais complémentaires : (1) favoriser les expériences positives et (2) éviter ou réduire les expériences négatives.

3.1 Transports en commun et (in)satisfaction des usagers

3.1.1 Facteurs favorisant l'adoption des transports en commun

Comme nous l'avons rapidement évoqué en introduction de cette thèse, les politiques publiques actuelles visent à promouvoir les TC en vue de réduire la congestion automobile et de diminuer le niveau de pollution (Bojković et al., 2018 ; Nordfjærn et al., 2014). Dans ce contexte, les chercheurs mettent à jour et étudient les différents facteurs auxquels les usagers sont sensibles en vue de favoriser l'adoption des TC aux dépens de la voiture. Dans une revue de littérature basée sur 74 études, Redman et al. (2013) ont identifié deux grandes familles d'attributs influençant la qualité du service dans les TC (i.e., variables généralement mesurées pour en rendre compte : satisfaction, perception, attitude, qualité perçue). La première concerne les attributs physiques, comprenant la fiabilité, la fréquence, la vitesse, l'accessibilité, le prix, les informations à disposition des passagers, la facilité à changer de mode de transports ou de lignes au cours d'un trajet, et enfin, l'état général des véhicules de transport dont la fréquence des pannes. La seconde famille d'attributs concerne les attributs perceptifs, à savoir, l'esthétique, la facilité et la praticité d'utilisation, la sécurité, et enfin, mais non des moindres, le confort. Dans une autre revue de littérature majoritairement dédiée aux bus, van Lierop et al. (2018) ont étudié les facteurs ayant la plus grande influence sur la fidélité et la satisfaction, qu'ils définissent ici comme « l'expérience globale qu'un client aura avec un service vis-à-vis de ses attentes prédéfinies ». Parmi les 13 études retenues selon

leurs critères, les facteurs les plus étudiés et ayant une influence sur la satisfaction étaient la propreté, le confort et le personnel (i.e., attitudes et comportements). Les auteurs soulignent que les facteurs qui influencent la satisfaction sont relativement contextuels, ils dépendent des problématiques rencontrées pour un réseau de transport donné. Ainsi, que ce soit l'affluence, le confort des sièges, la température, l'air conditionné, les conditions d'attente, la propreté ou encore le sentiment de sécurité, tous ces facteurs auront un impact significatif sur l'expérience des passagers et consécutivement, sur leur satisfaction.

Nous allons à présent voir plus en détail les conséquences de l'affluence sur l'expérience des usagers. Il s'agit d'un facteur qui suscite beaucoup d'intérêt dans la communauté scientifique et qui est porteur d'enjeux conséquents (Tirachini et al., 2013).

3.1.1.1 Affluence et odeurs

Comme le précisent Koning et Haywood (2014) dans un article publié sur le site internet metropolitique.eu et nommé « l'enfer, dans le métro parisien, c'est les autres » : « la dégradation du confort des déplacements dans les transports publics peut être considérée comme la « rançon du succès » des politiques anti-voiture ». L'affluence est un facteur très important qui influence notamment la satisfaction des usagers (Cantwell et al., 2009 ; Eboli & Mazzulla, 2007). Malheureusement, que cela se manifeste par de l'anxiété, du stress ou encore un sentiment d'insécurité accru, l'affluence a un impact négatif sur divers aspects de l'expérience de l'utilisateur, mais également sur des aspects plus logistiques et matériels (pour revue, voir Tirachini et al., 2013).

Mahudin et al. (2012) ont étudié les facteurs directs et indirects qui induisaient chez les passagers stress et sentiment d'épuisement en cas de situation de fortes affluences. Ils ont ainsi administré un questionnaire auprès de 525 usagers réguliers du métro léger de Kuala Lumpur en Malaisie (i.e., un type de transport public proche du métro et du tramway pouvant rouler en surface ou en souterrain). Ce questionnaire était composé de plusieurs sous-échelles visant à évaluer la densité perçue dans ces métros légers par les usagers, leur niveau de stress induit, leur niveau de bien-être, différents aspects psychosociaux liés à la situation (e.g., désordre, densité, confinement), différents facteurs environnementaux (la chaleur, la sensation d'oppression, le bruit et l'odeur) et enfin, leurs réactions affectives en situation d'affluence (e.g., irritabilité, frustration, tension). Des analyses de régression effectuées suggèrent que c'est la réaction des usagers face à une situation d'affluence qui va induire chez eux du stress et un sentiment d'épuisement. De plus, les résultats montrent que cette réaction en situation de forte affluence dépend elle-même (1) de la densité de passagers, (2) de l'évaluation des aspects psychosociaux liés à la situation, et (3) de l'évaluation des facteurs environnementaux, dont l'odeur et le bruit. Ainsi, grâce à cette étude, les auteurs sont les

premiers à mettre en exergue le rôle des facteurs psychologiques en situation d'affluence dans les transports et plus particulièrement, l'influence des facteurs environnementaux sur le vécu des usagers comme le bruit et l'odeur.

Par la suite, l'impact de l'odeur sur l'expérience des usagers en cas de forte affluence s'est vu confirmé dans plusieurs études. Dans l'une d'elles, Haywood et al. (2017) se sont intéressés à la satisfaction associée au confort et notamment, aux causes de l'inconfort généré par la foule dans les TC. Ils ont réalisé une étude par questionnaire auprès d'environ 1000 usagers sur les quais de certaines stations du métro parisien. Dans un premier temps, il a été demandé aux usagers d'évaluer la densité de passagers qu'ils s'attendaient à trouver dans la rame de métro qui allait entrer en station. Ensuite, ils devaient évaluer la satisfaction associée au confort auquel ils s'attendaient dans cette rame. Enfin, les usagers devaient évaluer plusieurs causes potentielles de l'inconfort dû à une haute densité de passagers : trop grande proximité, le fait d'être debout, le bruit, l'odeur, la perte de temps, le fait de gâcher son temps, les chutes et les vols. Cette étude a ainsi permis de montrer que la satisfaction était inversement proportionnelle à la densité de passagers. De plus, ils ont identifié comme causes principales de l'effet de l'inconfort sur la satisfaction : (a) la proximité physique des autres voyageurs, (b) l'odeur, et (c) le fait d'être debout.

Enfin, dans une récente étude, Wang et Zacharias (2020) ont étudié l'influence des facteurs physiques et humains perçus par les usagers ayant un impact sur leur confort dans le métro de Beijing. Pour cela, ils ont interrogé les usagers directement dans les rames et leur ont demandé d'évaluer – en plus de la densité de passagers perçue – sept facteurs physiques et humains ayant un impact potentiel sur le confort : le bruit, l'odeur, la qualité de l'air, la température, l'éclairage, la vibration, et le sentiment de sécurité. Comme attendu, les résultats montrent tout d'abord que le taux d'occupation des rames a une incidence négative sur le confort des passagers. Plus intéressant, au-delà du fait que le taux d'occupation tel qu'il est perçu par les passagers est directement lié à la densité réelle, le bruit et l'odeur jouent un rôle prépondérant sur cette perception. Les auteurs concluent alors qu'il est important d'envisager à long terme de prendre en charge la hausse de l'affluence, notamment lors des périodes de pointe, et à court terme, de contenir ces deux facteurs d'ambiance environnementaux. Ce dernier point est d'autant plus vrai qu'il a été montré que les effets physiologiques et psychologiques dus à la fois à des nuisances olfactives et à des nuisances sonores se cumulaient (Oiamo et al., 2015).

En conclusion, toutes ces études traitant de la satisfaction, du confort et de l'affluence révèlent deux possibilités d'intervention ayant pour objectif d'améliorer l'expérience des usagers et de favoriser l'utilisation des TC. D'un côté, il s'agira d'améliorer le confort dans les TC afin de les rendre encore plus satisfaisants, en exploitant par exemple au mieux, les facteurs environnementaux

et les facteurs d'ambiance. D'un autre côté, il s'agira d'atténuer les nuisances olfactives, et plus généralement, toutes les sources d'inconfort et de stress spécifiques au TC, afin d'éviter au maximum tout vécu négatif.

3.2 Parfum d'ambiance et expérience de l'utilisateur

Depuis le début des années 90, la diffusion de parfum d'ambiance est un procédé qui s'est beaucoup démocratisé (Krishna, 2012 ; Spangenberg et al., 1996). De nombreux chercheurs en ont démontré les effets sur une multitude de dimensions et de facteurs (pour revue, voir Rimkute et al., 2015 ; Teller & Dennis, 2012). Ainsi, un parfum pourra affecter les comportements, les intentions, les évaluations, la mémorisation ou encore l'humeur des individus qui y sont soumis (Roschk & Hosseinpour, 2019). Malgré cet intérêt pour l'étude des effets de la diffusion de parfum d'ambiance, la majorité des expérimentations ont été menées dans des lieux de services classiques (e.g., magasins, centres commerciaux) ou en laboratoire. Peu de recherches ont été menées dans les TC. À notre connaissance, seuls trois articles scientifiques et deux expérimentations ayant fait l'objet d'un rapport écrit abordent ce sujet. Ces travaux – que nous allons présenter ci-après – poursuivent tous le même objectif, à savoir améliorer l'expérience des usagers, leur confort ou leur satisfaction. Ainsi, un parfum d'ambiance pourra être diffusé dans les TC en vue : (1) de favoriser les expériences positives et (2) d'éviter les expériences négatives (voir Figure 11).

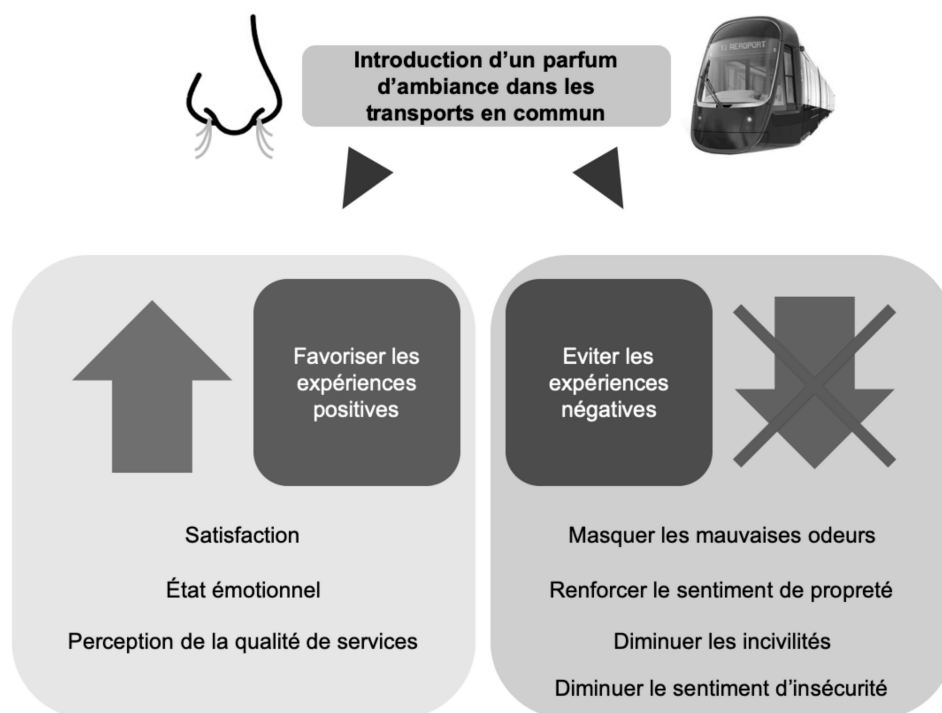


Figure 11. Illustration des deux types d'effet attendus lors de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les transports en commun. Celui-ci pourra soit favoriser les expériences positives pour les usagers, soit permettre d'éviter ou de réduire les expériences négatives.

La seconde expérimentation a été menée par Girard et al. (2019) dans un train régional allemand équivalent au TER français. Elle avait pour objectif d'étudier les effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance sur l'expérience de service, la valeur perçue du service et la qualité perçue du service. En outre, l'étude a été pensée afin d'explorer les effets d'une exposition répétée au parfum à moyen et à long terme, ainsi qu'aux conséquences de l'arrêt de la diffusion du parfum après plusieurs semaines. Les auteurs ont mis en œuvre une signature olfactive (i.e., parfum unique développé pour représenter les valeurs et le message que souhaite véhiculer une marque ou un lieu) spécifiquement développée pour l'occasion et diffusée de telle sorte que seuls 27% des participants l'ont perçue consciemment lors des prétests. Le parfum était diffusé sur une ligne de train régional afin de pouvoir suivre des participants sur plusieurs semaines. Deux expérimentations distinctes ont été menées. La première consistait à comparer les effets de la présence d'un parfum sur un groupe d'utilisateurs qui y étaient exposés pour la première fois avec un groupe d'utilisateurs qui n'y avaient jamais été exposés. La deuxième expérimentation consistait à suivre longitudinalement une centaine de participants soumis régulièrement au parfum sur un total de 4 mois (9 mesures). Les participants devaient remplir toutes les deux semaines le même questionnaire dans le même train, le même jour au même moment de la journée. La première mesure se faisait en l'absence de parfum et servait de ligne de base. Ensuite, sur une période de 3 mois, le parfum était diffusé dans les rames tests. Au bout de trois mois, la diffusion était arrêtée et une dernière mesure, deux semaines après, était effectuée. Les résultats obtenus démontrent qu'à court terme, la présence du parfum améliore l'expérience de service, la valeur perçue du service et la qualité perçue du service. De plus, cet effet est constant tout au long des trois mois de diffusion et se maintient même deux semaines après arrêt de la diffusion. Cette recherche est la première à démontrer les effets d'un parfum d'ambiance à court, moyen et long terme, et ce, même après l'arrêt de la diffusion. Néanmoins, ils ont choisi de diffuser le parfum à une concentration telle que les utilisateurs le traitaient non consciemment. Ce choix méthodologique les empêchait de facto d'interroger les utilisateurs sur la manière dont ils avaient vécu et perçu ce contexte olfactif. Il est alors difficile de statuer sur l'interprétation à donner aux résultats observés. Les auteurs suggèrent tout de même que les effets positifs observés sur le vécu des utilisateurs peuvent être dus à un amorçage affectif (Zajonc, 1984). Ils précisent également que la diffusion de la signature olfactive a pu avoir pour effet de masquer les autres odeurs et par la même occasion, de diminuer le vécu négatif des utilisateurs à propos de l'environnement olfactif.

3.2.1 Éviter les expériences négatives dans les transports en commun

Le deuxième cas d'utilisation des parfums d'ambiance est de permettre aux utilisateurs d'éviter toute expérience négative dans les TC ou du moins, de diminuer les nuisances et les sources d'inconfort propre à ces lieux.

3.2.1.1 Diminuer les incivilités

Dans leur expérimentation, de Lange et al. (2012) ont mis en œuvre un parfum d'ambiance dans un train de manière très originale. En effet, ils avaient pour objectif de démontrer que la présence d'un parfum d'ambiance spécifique pouvait contribuer à réduire les incivilités dans les TC. Pour ce faire, les auteurs ont dissimulé sept petits récipients de produit ménager (parfum agrumes) dans les porte-bagages de deux voitures d'un train circulant entre deux villes distantes d'une heure quarante-quatre minutes. À chaque fois que le train arrivait au terminus, tous les déchets non mis dans les poubelles de ces deux wagons étaient collectés, comptés et pesés. La même procédure était appliquée dans les deux wagons contrôles qui n'étaient pas parfumés afin de pouvoir comparer les résultats. Sur la base des mesures prises sur 18 trajets, le poids moyen des déchets dans les wagons non parfumés était trois fois plus important que ceux récoltés dans les wagons parfumés, 35,6 grammes contre 11,7 grammes. De plus, on comptabilisait en moyenne 5,1 déchets par trajet dans les wagons contrôles contre 2,7 dans les voitures parfumées. Ainsi, une propriété spécifique d'un parfum – ici le fait d'évoquer la propreté – peut avoir une influence directe sur les comportements des usagers. Sachant que les usagers sont sensibles à l'état du moyen de transport dans lequel ils voyagent (Redman et al., 2013 ; van Lierop et al., 2018), l'utilisation d'un tel dispositif pourrait contribuer à éviter aux usagers de vivre une expérience négative, à savoir évoluer dans des compartiments ou des rames pleines de déchets.

3.2.1.2 Contrôler l'environnement olfactif des transports en commun

Nous avons vu dans la première partie de ce chapitre que l'un des problèmes liés à une trop forte affluence dans les TC est la présence de mauvaises odeurs inhérentes à cette situation (Haywood et al., 2017 ; Mahudin et al., 2012 ; Wang & Zacharias, 2020). Henshaw (2013) a identifié quatre techniques différentes pour contrôler l'environnement olfactif en milieu urbain. La première façon est appelée la séparation. Elle consiste à isoler la source de l'odeur comme, par exemple, la création de fumeurs ou de zones pour les fumeurs dans certains lieux. La deuxième façon de gérer les odeurs est la désodorisation consistant à supprimer les odeurs grâce au nettoyage des surfaces ou à la collecte des poubelles, par exemple. La troisième façon décrite par Henshaw est la diffusion d'un parfum d'ambiance pour ses qualités ou caractéristiques spécifiques (e.g., détourner l'attention, sentir bon, évoquer le propre). La quatrième façon de gérer les odeurs sera le masquage des mauvaises odeurs par la présence d'une autre odeur. En effet, en présence de plusieurs molécules odorantes dans l'air, une multitude d'interactions peuvent se produire (Thomas-Danguin et al., 2017). L'ajout d'un parfum pourra masquer complètement ou partiellement une autre odeur en présence, mais elle peut également l'amplifier, l'atténuer, ou encore se mélanger avec elle. À l'image d'un bruit blanc qui pourra couvrir une multitude de sons différents, plus un parfum sera

complexe (e.g., signature olfactive) et plus il aura de chances de pouvoir masquer une grande diversité d'odeurs (Cain & Drexler, 1974). Alors que la séparation ne semble pas être une technique applicable aux odeurs rencontrées dans les transports communs, la désodorisation est quant à elle déjà en application puisque les transports publics sont régulièrement nettoyés. Néanmoins, le nettoyage ne résout que partiellement le problème des mauvaises odeurs et il ne peut rien contre les odeurs momentanées, dues à la présence des usagers dans les lieux (transpiration, nourriture, parfums, etc.). Ainsi, diffuser un parfum compte tenu de certaines de ses propriétés (e.g., évoquer une odeur propre, diminuer l'insécurité perçue) ou ayant le potentiel de masquer les mauvaises odeurs, semble être très pertinent pour réduire les expériences négatives des usagers.

Dans ce contexte, Jacquemier (2001) a rapporté et critiqué le processus de développement d'un parfum destiné à être utilisé dans les couloirs de stations de métro parisien soumis à d'importantes nuisances olfactives affectant l'image de la RATP. Ce projet consistait à ajouter un parfum à la cire qui était appliquée lors du nettoyage de huit stations tests du réseau. Dans un premier temps, quatre fragrances ont été développées par une société internationale spécialisée dans la création de parfums et d'arômes. Elles devaient évoquer la propreté tout en étant perceptibles durant 15 jours avant que les stations ne soient à nouveau nettoyées à la cire, et donc parfumées. Afin de n'en sélectionner qu'une, l'efficacité des fragrances a été mise à l'épreuve dans 8 stations (i.e., 4 fragrances testées dans 2 cires différentes) sous la forme d'un test avant / après auprès de 4800 usagers (i.e., 800 avant l'ajout des fragrances dans les cires et 4000 après). Les résultats montrent que les quatre fragrances évoquaient bien un sentiment de propreté. Parmi les usagers ayant remarqué l'un des parfums, 85% s'accordaient à dire qu'ils neutralisaient bien les mauvaises odeurs. En outre, plus de 75% ont trouvé que ces parfums évoquaient le propre, le frais et que leur présence était agréable. Le parfum qui a été retenu pour être intégré à la cire de nettoyage dans l'ensemble du réseau fut celui qui resta perceptible le plus longtemps. Cette expérimentation qui aura tout de même nécessité 5 ans de développement aura finalement été arrêtée au bout de quelques années, car elle ne satisfaisait pas pleinement les usagers (Va., 2017).

Enfin, une expérimentation de diffusion d'un parfum d'ambiance dans une grande gare parisienne menée auprès de 196 usagers s'est intéressée aux effets potentiels des parfums d'ambiance sur le sentiment de satisfaction, sur la perception de propre et plus original, sur la perception de sécurité (Ardelet et al., 2017 ; « Quand les gares sentent le propre... », 2017). Cinq diffuseurs ont été installés dans un couloir de la Gare de Lyon. Quatre conditions ont été comparées selon deux facteurs, le caractère naturel (i.e., naturel vs. synthétique) et le caractère hédonique de l'odeur (i.e., très plaisant vs. moyennement plaisant) : (1) un parfum de fleur d'oranger était diffusé (i.e., odeur de savon synthétique et moyennement plaisante), (2) un parfum

de linge frais était diffusé (i.e., odeur de lessive synthétique et très plaisante), (3) une odeur herbe coupée était diffusée (i.e., odeur naturelle et très plaisante), et (4) aucun parfum n'était diffusé (i.e., situation contrôle, naturelle et moyennement plaisante). Il est à noter que les trois odeurs sélectionnées évoquaient toutes le propre. Concernant le caractère naturel ou non des odeurs, les auteurs voulaient tester l'idée selon laquelle les individus seraient moins susceptibles de percevoir une intention de manipulation à leur égard si les odeurs diffusées sont perçues comme naturelles (Lunardo, 2012). En outre, une odeur de propre pourrait évoquer un sentiment de sécurité dans le sens où les individus qui sentent le propre ou qui se trouvent dans un environnement sentant le propre pourraient être perçus par les autres comme ayant des pensées et des comportements plus moraux. Les résultats montrent tout d'abord qu'une odeur synthétique (lessive ou savon) est plus facilement perçue consciemment qu'une odeur naturelle (herbe coupée). De plus, seule l'odeur d'herbe coupée améliore significativement le sentiment de propreté comparé à la situation contrôle. En revanche, les odeurs de linge et de savon augmentent significativement le sentiment de sécurité, toujours par rapport à la situation sans parfum. Enfin, seul le parfum de linge frais augmente la satisfaction des usagers, mais de manière marginale ($p = .056$). Ces résultats suggèrent qu'il est nécessaire de bien définir l'effet que l'on souhaite obtenir en priorité afin de sélectionner la ou les molécules les plus adaptées pour le produire. Quoi qu'il en soit, cette expérimentation démontre pour la première fois que les parfums ont le potentiel de réduire le sentiment d'insécurité dans les TC.

3.3 Synthèse du chapitre 3

Nous avons vu dans ce troisième chapitre que l'introduction d'un parfum d'ambiance dans les TC semble être une solution de choix en vue d'améliorer la satisfaction des usagers, en combinant deux effets complémentaires. Le premier concerne les effets des parfums en vue d'améliorer le vécu positif des usagers. Un parfum pourra notamment augmenter la perception de confort, de par son caractère agréable. En outre, un parfum aura le potentiel de réduire les expériences négatives grâce à sa capacité à couvrir les odeurs désagréables ou renforcer la perception de propre ou de sécurité.

Question de recherche n°3 : Est-ce que la diffusion d'un parfum d'ambiance agréable dans une rame de tramway pourra améliorer le confort olfactif des usagers et atténuer la perception des nuisances olfactives inhérentes aux transports en commun ?

3.4 Article 3

3.4.1 Résumé

Nous avons vu dans ce troisième chapitre qu'il était possible d'organiser ou de classer les effets des parfums d'ambiance diffusés dans les TC. D'un côté, un parfum pourra améliorer l'expérience utilisateur. D'un autre côté, il pourra éviter ou réduire les expériences négatives. En accord avec cette dichotomie, l'étude présentée dans le ce chapitre avait deux objectifs : étudier les effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les TC sur (1) le confort des usagers (2) le potentiel de cette technique marketing pour atténuer les mauvaises odeurs, inhérentes aux TC. De plus, au regard des résultats obtenus au chapitre 2, nous souhaitons déterminer si le fait d'être soumis à un parfum d'ambiance pouvait influencer l'attitude des usagers à l'égard de sa présence. Pour ce faire, nous avons mis en œuvre une expérimentation de diffusion d'un parfum d'ambiance dans une rame de tramway de la ville de Montpellier. Nous avons interrogé, directement dans les rames, des usagers suivant deux conditions. Les usagers ont répondu soit en présence (70 usagers), soit en absence (97 usagers) d'un parfum d'ambiance.

Les résultats obtenus suggèrent, tout d'abord, que l'ambiance olfactive est perçue comme étant plus plaisante en présence du parfum. Les usagers ont alors produit dans cette condition relativement plus d'évocations positives que lorsque le parfum était absent. Les usagers ont également rapporté avoir senti moins d'odeurs, autres que le parfum d'ambiance, lorsque ce dernier était présent. Enfin, seulement 45,4% des usagers, interrogés dans les rames non parfumées, ont déclaré qu'ils préféreraient voyager en présence d'un parfum d'ambiance, contre 90% des usagers interrogés dans la rame parfumée. Ainsi, la présente étude suggère l'idée selon laquelle la présence d'un parfum d'ambiance diffusé dans une rame de tramway a permis d'améliorer l'expérience des usagers, tout en diminuant la perception des nuisances olfactives. De plus, l'écart constaté entre les usagers de la rame parfumée et ceux de la rame non parfumée, concernant le souhait de voyager avec ou sans parfum d'ambiance, semble indiquer que le parfum a eu un impact significatif sur l'attitude des usagers à son égard.

En conclusion, les parfums d'ambiance pourraient être un outil intéressant pour améliorer le confort olfactif des usagers des transports publics. L'utilisation de parfums constitués de plusieurs molécules odorantes comme les signatures olfactives (parfums sur mesure développés à des fins de positionnement et de marketing) semble particulièrement appropriée. Ces parfums peuvent avoir un fort potentiel de masquage.

3.4.2 The effects of ambient scent on olfactory comfort and attitude toward its use in a tramway: an on-board study.

Auteurs : Frédéric Collin, Arthur Dupuy, Isabelle Parrot, Ismaël Barbara, Gérard Dray, Sophie Martin, Lionel Brunel.

État d'avancement : Article soumis dans une revue scientifique (*under review*).

ABSTRACT

Introduction: The management of problematic ambient factors such as the odour in public transport systems is becoming a very important issue due to crowding that is constantly increasing.

Objectives: We evaluated the effects of ambient scent on the experience of users and their attitude toward the use of such a device in public transport.

Methods: We collected data among users of the tramway of Montpellier (France). They were questioned on-board about the ambient odour in two different situations. Users answered either in presence (70 users) or absence (97 users) of an ambient scent in the tramway carriage they were in.

Results: Our main results show that the presence of an ambient scent increased the pleasantness rating of the ambient odour and attenuated the perception of other odours inherent to public transport (perspiration, food, perfumes, etc.). Furthermore, users' attitude toward the presence of such a device in tramway carriages improved when they were in presence of the ambient scent.

Conclusion: Ambient scents might be a great tool in order to improve the olfactory comfort of public transport users. Moreover, the use of olfactory signatures (tailor-made fragrance developed for branding and marketing purposes) seems particularly appropriate. These scents can have a strong masking potential because of their complex composition of several remanent molecules. Furthermore, their uniqueness can strengthen the identity of places like public transit, promote social inclusion and the olfactory heritage of a region.

Keywords: Public transport, ambient scent, olfactory comfort, user experience, attitude, olfactory signature, tramway, perception.

INTRODUCTION

Urban mobility has become a critical challenge for society. As a matter of fact, cities are increasingly promoting active transportation modes (e.g., walking, cycling) and the use of public transport to reduce car use (Bojković et al., 2018; Nordfjærn et al., 2014). The aim is to limit air pollution, noise, accidents and increased traffic congestion due to the growing urban population. However, in parallel with the implementation of these public policies, growing crowding in public transport systems has multiple effects on user experience and well-being (Haywood et al., 2017; Tirachini et al., 2013). In particular, it has been shown that when users are experiencing a crowded situation, the way he or she will react emotionally to it will depend on (1) passenger density, (2) the assessment of psychosocial aspects related to the situation, and (3) the assessment of environmental factors such as noise and odour (Mahudin et al., 2012). The impact of the latter on user well-being has been confirmed very recently (Wang & Zacharias, 2020). The authors studied the influence of perceived physical and human factors on user comfort in the Beijing metro. The results show that noise and odour are the factors with the greatest impact. The authors conclude that it is important to address these two environmental factors in the short term and to deal with increasing crowding in the long term, especially during rush hours.

More specifically regarding odours, Henshaw (2013) identified four different techniques to control and manage the environmental odour in cities. The first technique is called *separation* and it consists in isolating the odour source such as the implementation of smoking rooms or smoking areas in certain places. The second way to manage odours is *deodorisation*. It consists of removing odours by cleaning surfaces or collecting rubbish bins, for example. The third way described by Henshaw is *scenting* or the diffusion of an ambient scent diffusion. It aims to improve olfactory experience by drawing attention to a newly introduced ambient scent. The fourth technique to manage odours is *masking* bad smells by adding an overlaying odour. While separation does not seem to be a technique that can be applied to the odours encountered in public transport, deodorisation is already in application since public transport systems are regularly cleaned. Nevertheless, cleansing only partially solves the bad smells issue and it can do nothing against momentary odours due to the presence of users in the area (perspiration, food, perfumes, etc.).

Consequently, the objective of our study will be to evaluate the effects of ambient scent on the experience of public transport users. In addition, this technique should produce a corollary masking effect that will attenuate the perception of other odours. This is why we wish to evaluate it in this study. Finally, in a prospective manner, we will evaluate users' attitudes regarding the use of ambient scent in public transport. Finally, in a prospective manner, we will evaluate users'

attitudes regarding the implementation of a diffusion technique. Indeed, certain beliefs towards odours (Herz, 2003) or a lack of knowledge regarding their potential consequences on health (Smeets & Dalton, 2005) can negatively impact the way an individual will perceive and evaluate them.

In the following sections, we will present relevant works on the use of ambient scents, odours masking and attitudes towards ambient scents. We will then present the variables and hypotheses used.

Diffusion of ambient scents and masking of bad odours

Since the early '90s, the use of ambient scents has become more widespread (Krishna, 2012; Spangenberg et al., 1996). Many researchers demonstrated the effects of ambient scents on a wide range of dimensions and factors (for a review, see Rimkute et al., 2016; Teller & Dennis, 2012). Thus, a fragrance can affect behaviour, intentions, evaluations, memory and mood (Roschk & Hosseinpour, 2020). Most of these studies address the diffusion of ambient scents in a commercial environment such as stores or shopping malls.

It is important to note that (1) very few scientific publications report on experiments that took place in public transport (i.e., Jacquemier, 2001; de Lange et al., 2012; Girard et al., 2019), and that (2) these studies diverge on many points (i.e., the type of technique to control the olfactory environment, the diffusion method, the odour type, the mode of transport, etc.) making it difficult to compare them. Nevertheless, we can assume that they shared the objective of improving user comfort. It should be noted that the studies by Jacquemier (2001) and de Lange et al. (2012) focused on diffusing an ambient scent that evoked a cleaning product in order to improve the user comfort or perception of his or her environment. In this respect, these studies seem more akin to a masking technique (i.e., diffusion of a clean odour) used to reduce the negative perception of the environment or the feeling of discomfort by being exposed to bad odours. To our knowledge, only Girard et al. (2019) aimed at diffusing an ambient scent in order to improve user experience.

The study by Girard et al. (2019) conducted in collaboration with a major German railway company is the first to show that the effects of an ambient scent observed in the short term can be maintained in the medium term and even in the long term, after that the scent has been removed from the train. In their study, the authors demonstrate that the diffusion of an olfactory signature (i.e., a unique fragrance developed to represent the values and message that a brand or place wishes to convey) has a positive impact on the perceived value, the perceived quality, and the perceived experience of the service. Nevertheless, they chose to use a subliminal scent at a concentration below consciousness threshold. This methodological choice actually prevents the authors from

questioning their participants on how they experienced this olfactory context. As a result, it is difficult to decide on a proper interpretation of the results observed by the authors. We may think that the diffusion of the olfactory signature actually improved the experience of users about the olfactory environment, which resulted in an improvement in their evaluations. In addition, as the authors assumed, it can also be thought that the olfactory signature masked other odours. As a consequence, it might have decreased the negative experience of users about the olfactory environment and produced the same results on their ratings (e.g., Jacquemier, 2001; de Lange et al., 2012). Indeed, in the presence of several odorants in the air, a multitude of interactions can occur (Thomas-Danguin et al., 2017). The introduction of a new odour can completely or partially mask other odours in the environment, but it can also amplify or attenuate their perceived intensity, or even blend with them. Like white noise that can cover a multitude of different sounds, the more complex a fragrance is (e.g., olfactory signature), the more likely it is to mask a wide variety of odours (Cain & Drexler, 1974). Consequently, one of the first objectives of our study will be to clarify this point.

Users' attitude towards the use of ambient scents

The attitude of consumers and users towards ambient scents and fragrances in general is not clearly established in the scientific literature. A recent online study found that more than half of the respondents would prefer to travel on an aeroplane or stay in a hotel where no ambient scent is released (Steinemann, 2016). This mistrust could be due to the fact that individuals are not aware of the consequences of scent diffusion on their health (Smeets & Dalton, 2005). In this way, Herz (2000) showed that people judge "synthetic" odours to be more dangerous than "natural" ones. Thus, a belief in the dangerousness of ambient scents, whether proven or not, could lead to a negative attitude towards their use. Nevertheless, studies on the formation of explicit attitudes towards an attitudinal object show that judgements are sensitive to the context (Schwarz, 2007). Thus, olfactory management through a diffusion technique can be risky. Even if the primary intention is to enhance users' experience through the diffusion of a scent, it is possible that they try to avoid being exposed to the scent. The second objective of our study is therefore to test whether users' attitude is dependent on whether or not they have been exposed to an ambient scent.

The current study

This research stems from a current issue (Mahudin et al., 2012; Wang & Zacharias, 2020) and aims to clearly establish the link between scent diffusion and user experience with respect to their olfactory environment in a public transport mode. Unlike the study by Girard et al. (2019), we

chose to diffuse the fragrance at a concentration level allowing passengers to detect its presence. This choice is in line with a more ethical and transparent approach towards users (Martin & Smith, 2008). Furthermore, it will allow us to directly determine both the effects of an ambient scent on user experience and any corollary masking effects. Moreover, this clear positioning could prove to be a key factor regarding the acceptability of a diffusion device in a public transportation and its long-term sustainability (Martin & Smith, 2008).

In order to meet our objectives, we designed an experimental protocol allowing us to compare users travelling or not in the presence of an ambient scent. From a methodological point of view and in order to verify that the fragrance was actually diffused at a concentration level that would allow its detection, we expected that some of the users travelling with the fragrance would spontaneously notice it. Furthermore, in order to account for a possible positive effect of the diffusion of an ambient scent on user experience, we chose to study two dimensions of smell: pleasantness (i.e., also called hedonic tone) and familiarity. The former is undoubtedly the most salient dimension (Ehrlichman & Bastone, 1992). Indeed, the perception of an odour is typically accompanied with an emotional reaction, either positive or negative. This variable will give us a direct feedback on the valence (positive or negative) of the impact of the ambient scent. Furthermore, in order to ensure that pleasantness is not subject to any demand bias, we will investigate familiarity. It is closely linked with pleasantness (Distel et al., 1999). It refers to the concepts of evocation, recollection and similarity. Thus, if an ambient scent is familiar to you, it is either because you already smelled it in the past or because it is pretty similar to another scent you smelled. In any case, this fragrance will share some common features with what it evokes. It has been shown for example that in the presence of a pleasant scent, individuals produce more joyful memories than in the presence of an unpleasant scent (Ehrlichman & Halpern, 1988). This will allow us to indirectly control the effect of the ambient scent on passengers. Specifically, we hypothesise that:

H1: users travelling with the fragrance will perceive the ambient odour as more pleasant than those travelling without it.

H2: users travelling with the fragrance will formulate more positive evocations than those travelling without it.

In addition, the ambient scent diffused is composed of several natural occurring (i.e., essential oils) or synthetic molecules (i.e., artificial molecules or identical to nature). It therefore has a strong masking potential (Cain & Drexler, 1974). For this reason, we hypothesise that:

H3: users travelling with the fragrance will perceive fewer odours (different from the ambient scent) than those travelling without it.

Finally, since an attitude is partly based on a priori beliefs, we predict that:

H4: users travelling without the fragrance will be less likely to travel with an ambient scent than those travelling with it.

METHOD

Research background

The present research was performed as a part of a project that occurred in the city of Montpellier (France) and consisting in diffusing ambient scents in tramway carriages. This transport network consists of four lines with the characteristic of having been named after the four elements of nature (i.e., earth, water, air, and fire). Each line also has a strong and distinctive exterior visual identity (see Figure 12). The main objective of the project was to improve the experience of the users by diffusing a unique fragrance in each of the four lines. The project, the four fragrances and the diffusion device were designed and developed by Arthur Dupuy®, a company specialised in the design, development and diffusion of unique and custom-made scents (i.e., olfactory signatures).

The ambient scent pretest

Before performing our study, we had to ensure that the fragrance would be perceived as quite pleasant. Indeed, it was not conceivable to diffuse an unpleasant fragrance in a public transport carriage. The pretest consisted in rating the pleasantness of the ambient scent on an 11-point scale from 0 (very unpleasant) to 10 (very pleasant) and the perceived intensity on a similar 11-point scale from 0 (not at all intense) to 10 (very intense). The 14 participants ($M = 20.6$ years, $SD = 4.6$) of the pretest rated the ambient scent as rather pleasant ($M = 7.71$, $SD = 1.3$) and rather intense ($M = 7.4$, $SD = 0.9$).



Figure 12. The four lines of the tramway system of Montpellier [photos taken and owned by Olivier Octobre]. (A) The first line was named after the element of nature air. It is covered with white swallows on a blue background. (B) The second line was named after the element earth. It is covered with yellow or green flowers on a red background. (C) The third line was named after the element water. It is covered with sea life on a black background. (D) The fourth line was named after the element fire. It is covered with baroque patterns on a gold background.

Time 1 – Data collection in the scented tram carriage

Background

Time 1 data collection took place during the first phase of the diffusion project which aimed to develop the dry fragrance diffusion devices (i.e., device location, quantity of fragrance, time between refills, etc.). The latter were fixed at different airflow exits of the air conditioning system of the tramway carriage. They are made of a net containing small polymer beads loaded with the scent. They continuously release the fragrance as the airflow exits the air conditioner and goes through them. The fragrance was diffused in a tramway carriage running on the line number 4. The diffusion system was set up in February 2018. Users were informed of its implementation via different communication channels: the internet, newspapers and TV. We collected data in May 2018.

The questionnaire

The questionnaire used consisted of only 8 questions. It had to be quickly administered, because users usually do not travel over long distances in tramway carriages. We therefore wanted to avoid refusals due to the length of the questionnaire.

Each question is described in detail below.

Question 1. Spontaneous perception of the presence of the ambient scent.

Participants were asked to indicate whether they had noticed anything special when they entered in the tram carriage. There were three possible scenarios. In the first case, the user spontaneously perceived the presence of the ambient scent. In the second case, the user did not spontaneously perceive the fragrance and it was the experimenter who revealed its presence. If the user was then able to perceive it, the experimenter continued. In the third case, despite the revelation, the user was unable to perceive the ambient scent. Therefore, the experimenter would abort the survey.

Question 2. Pleasantness ratings.

Similarly to the pretest, participants were asked to rate the pleasantness of the ambient scent on an 11-point scale ranging from 0 (very unpleasant) to 10 (very pleasant).

Question 3. Perceived intensity rating.

Similarly to the pretest, participants were asked to rate the perceived intensity of the ambient scent on an 11-point scale ranging from 0 (not at all intense) to 10 (very intense).

Question 4. Spontaneous evocation.

Participants were asked to indicate what the ambient scent evoked to them.

Question 5. Perception of other odours.

Participants were asked if they perceived odours other than the ambient scent.

Question 6. Travel preference in terms of ambient scents.

Participants were asked if they would prefer to travel on a scented or unscented tramway.

Questions 7 and 8). Socio-demographic data.

At the end of the questionnaire, participants were asked about their gender and age group they belonged to.

Time 2 – Data collection in unscented tram carriages

Background

The first phase of the project of olfactory signatures diffusion lasted for 16 months, from February 2018 to June 2019. We waited four months before collecting data from users in unscented tram carriages. Indeed, if we had done so while the experiment was running or shortly afterwards, we could not have been confident that the users' answers would not have been influenced by the fact that they had recently taken the scented train or that they were aware of the ongoing experiment.

The questionnaire

The questionnaire used in the unscented carriages was almost identical to the previous one except that for the first question, the experimenter did not have to mention anything about an ambient scent.

In the following section, we will first compare time 1 and time 2 data using Student tests regarding questions using Likert scales and χ^2 tests regarding the other questions. We will also complete our results by analysing correlation coefficients between our different factors.

RESULTS AND DISCUSSION

Descriptive statistics are summarised in Table 9. We used the free statistical analysis software Jamovi (The jamovi project, 2019). An alpha significance level of .05 was used for all statistical tests.

Samples

It is 167 tramway users that took part in our study. 35.9% of the participants were under the age of 26 years, 13.2% were between the ages of 26 and 34 years, 20.4% were between the ages of 35 and 44 years, 15.6% were between the ages of 45 and 55 years of age, and 15.0% were over the age of 55 years. The proportion of adults under the age of 26 years may be explained by the numerous university students living in Montpellier. Indeed, in 2016, 31.4% of the city's inhabitants were between the ages of 15 and 29 years (Insee, 2016).

Our experimental group consisted of 70 users, called hereafter the scented carriage group. The participants were interviewed in a tramway carriage in which the ambient scent was diffused. The control group consisted of 97 passengers, called hereafter the unscented carriages group and were interviewed on board unscented tramway carriages. All participants were randomly selected by the experimenter. They were asked for their consent before that the questions were read aloud

and the answers collected. Finally, the two groups were equivalent in age ($p = .50$) and in terms of male/female distribution ($p = .85$).

Table 9. Descriptive statistics.

Variable	Modality	Scented carriage group		Unscented carriages group		Total	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	Sd
Pleasantness	from 0 to 10	6.99	1.95	5.27	2.18	5.99	2.25
Perceived intensity	from 0 to 10	5.96	2.06	4.35	2.28	5.02	2.32
		N	%	N	%	N	%
Spontaneous perception	No	46	65.7	96	99.0	142	85.0
	Yes	24	34.3	1	1.0	25	15.0
Other odours	No	64	91.4	77	79.4	141	84.4
	Yes	6	8.6	20	20.6	26	15.6
Travel preference	No	7	10.0	53	54.6	60	35.9
	Yes	63	90.0	44	45.4	107	64.1
Evocation	Negative	7	10.0	16	16.5	23	13.8
	Positive	22	31.4	2	2.1	11	6.6
	Neutral	5	7.1	6	6.2	24	14.4
	None	36	51.4	73	75.3	109	65.3
Gender	Male	25	35.7	36	37.1	61	36.5
	Female	45	64.3	61	62.9	106	63.5
Age	-26	27	38.6	33	34.0	60	35.9
	26-34	9	12.9	13	13.4	22	13.2
	35-44	15	21.4	19	19.6	34	20.4
	45-55	9	12.9	17	17.5	26	15.6
	+55	10	14.3	15	15.5	25	15.0

Statistical analyses

Manipulation checks

Spontaneous perception and perceived intensity. While 34.3% of the participants in the scented carriage group spontaneously mentioned the presence of the ambient scent when asked if they had noticed anything special in the tramway, only 1% of the participants in the unscented carriages group mentioned that the ambient odour had caught their attention. The difference observed between these two groups is significant, $\chi^2(1) = 35.3, p < .001$. In addition, participants rated the ambient odour in the scented carriage ($M = 5.96, SD = 2.06$) as more intense than the ambient odour in the unscented carriages ($M = 4.35, SD = 2.28$), $t(165) = 4.68, p < .001$. Finally, concerning the scented carriage group, the estimated correlation coefficient between the two variables is significant and positive ($r(68) = 0.3, p < .05$), as opposed to the unscented carriages group ($r(88) = -0.02, p = .88$).

As we wished, these first results suggest that the ambient scent was sufficiently concentrated in the air for the users to notice or be able to notice its presence in the tramway carriage.

Gender and age. Regarding socio-demographic factors, we found that only the age group is negatively correlated with the perceived intensity ($r(68) = -0.27, p < .05$) for the scented carriage group. This is in line with the literature highlighting a decline in olfactory capacity with age (Attems et al., 2015; Wang et al., 2005).

Data analyses

Pleasantness and evocations. Regarding pleasantness, participants rated the ambient odour in the scented carriage ($M = 6.99, SD = 1.95$) as more pleasant than the ambient odour in the unscented carriages ($M = 5.27, SD = 2.18$), $t(165) = 5.243, p < .001$.

Regarding evocations, we first compared the responses of the participants in our two groups according to whether they formulated an evocation or not. We observe a significant difference between the groups, $\chi^2(1) = 29.2, p < .001$. 24.7% of the participants in the unscented carriage group formulated an evocation compared to 48.6% of the participants in the scented carriages group. Thus, almost twice as many participants formulated an evocation in the presence of the ambient scent than in its absence. The fragrance seems to facilitate the formulation of evocations. To better understand and interpret this initial result, we categorised the evocations according to their emotional valence. Participants formulated either (1) a positive-valence evocation (e.g., "flowers") (2) a negative-valence evocation (e.g., "the toilet"), or (3) a neutral-valence or uncategorizable evocation (e.g., "the classroom"). Again, the observed difference between our two groups is significant, $\chi^2(1) = 19.1, p < .001$. Among the participants in the unscented carriages group who formulated an evocation, only 8.3% were positive-valence evocations, while 25% were neutral valence evocations, and 66.7% were negative-valence evocations. In contrast, among the participants in the scented carriage group who formulated an evocation, 64.7% were positive-valence evocations, 14.7% neutral-valence evocations, and 20.6% were negative-valence evocations. Therefore, the presence of the ambient scent seems to favour the formulation of positive-valence evocations, whereas in its absence, mostly negative-valence evocations are formulated.

The result concerning pleasantness highlights the fact that the diffusion of an ambient scent that is a priori rated as pleasant in the laboratory is also perceived as being rather pleasant in a tramway carriage. Moreover, this is confirmed by the differences observed in terms of evocation since the presence of the fragrance seems to facilitate the formulation of evocations and more specifically, the formulation of positive-valence evocations. Consequently, these results validate our first two hypotheses.

Perception of other odours. While only 8.6% of the participants in the scented carriage group reported having perceived at least one odour other than the ambient scent, it concerns 20.6% of the participants in the unscented carriage group, $\chi^2(1) = 7.21, p < .001$. Thus, this result supports our third hypothesis. The presence of an ambient scent seems to produce a masking effect. It reduces the chances that passengers perceive other odours in the tramway. Having no control over the presence or absence of odours other than the ambient scent, it cannot be excluded that the observed difference may be due in part to chance. It is possible that fewer odours were present in the scented carriage during data collection.

Travel preferences: wishing to travel with or without ambient scents. On the one hand, 90% of the participants in the scented carriage group reported their wish to travel in a scented tramway, including 7.14% of participants with no preference and therefore, not opposed to the implementation of such set up. On the other hand, only 45.4% of participants in the unscented carriages group reported their wish to travel in a scented tramway. The observed difference between the groups is significant, $\chi^2(1) = 35.19, p < .001$. This result confirms our fourth hypothesis. The presence of an ambient scent seems to influence users' explicit attitude towards the presence of an ambient scent in the tramway carriage. It is consistent with the idea that the formation of an explicit attitude depends on the context (Schwarz, 2007). Participants in the scented carriage group found the ambient odour more pleasant than those in the unscented carriages group. This would therefore have created a rather favourable context for the formulation of a positive attitude towards the presence of an ambient scent in the tramway.

Interactions between pleasantness, perceived intensity, perception of other odours, and travel preferences. In order to better understand the interactions between pleasantness, perceived intensity, perception of other odours, and travel preferences, we conducted correlation analyses. We only found significant correlations regarding the scented carriage group. Firstly, pleasantness and perceived intensity are positively correlated with each other ($r(68) = 0.26, p < .01$) which is not surprising given the scientific literature on the subject (Distel et al., 1999). The link between these two factors is dependent on the rated odour and cannot be predicted. Secondly, perceived intensity ($r(68) = 0.39, p < .0001$) and pleasantness ($r(68) = 0.54, p < .0001$) are correlated with travel preferences. Thirdly, travel preferences ($r(68) = -0.24, p < .01$) and pleasantness ($r(68) = -0.34, p < .001$) are negatively correlated with the perception of other odours. Thus, we can assume that, in the presence of an ambient scent, the wish to travel with or without ambient scents depends on the pleasantness and the perceived intensity of the fragrance, as well as the absence of perception of other odours.

CONCLUSION

The present field research was part of the implementation of the world's first project of ambient scents diffusion in tramway carriages. The company Arthur Dupuy® designed and developed the project, the olfactory signatures and the dry diffusion device set up in the pilot tramway carriage. We carried out the present study during the development phase. Only one environmental factor was manipulated: the presence or absence of an ambient scent in the tramway. The objective was to determine the impact of the diffusion of the fragrance on users' experience and on their attitude towards the use of such a device. In order to collect the data, we created a short questionnaire that we administered directly on-board tramway carriages. We collected the data at two different moments. At first, only users travelling in the scented carriage were questioned about the ambient odour. At the second time, users were questioned in the absence of the ambient scent.

Unlike Girard et al. (2019), we ensured that users were able to spontaneously perceive the presence of perfume for two reasons. Firstly, the scientific literature has shown that users' affective reaction in a crowded situation depends, among other factors, on the evaluation of environmental factors (Mahudin et al., 2012). Therefore, it seems necessary that users can consciously process the ambient scent when they evaluate the olfactory environment of the carriage on which they are travelling. Moreover, we wanted this project that was intended for the general public to be part of a more ethical and transparent marketing movement (Martin & Smith, 2008).

The results showed that the presence of the ambient scent positively improved the users' olfactory experience (pleasantness, evocations). In addition, due to the number of odorant molecules that make it up, the presence of the fragrance seemed to reduce the perception of other odours, limiting their negative impact on users. These initial results raise questions about the notion of olfactory comfort in construction and building engineering as formulated in scientific literature. Until now, it was seen as being inseparable from the notion of air quality (Sarbu & Sebarchievici, 2011). Olfactory comfort was then maximum in the absence of unpleasant and odorous molecules in the air (Henshaw & Guy, 2015). However, this point of view does not take into account the fact that a pleasant odour can have an effect on olfactory comfort in an enclosed space. Through the diffusion of an ambient scent that is perceived as pleasant and its masking effects on odours inherent to public transport (perspiration, food odours, perfume, etc.), it seems possible to positively impact the olfactory experience of users and thus improve their olfactory comfort.

The second objective of this research was to study the explicit attitude of users towards the use of ambient scents in tramway carriages. We wanted to determine whether their attitude towards

the presence of ambient scents would change if they explicitly stated their attitude in the very presence of an ambient scent. Our results suggest that their attitude was influenced by the presence of the fragrance. This is consistent with the studies highlighting the impact of context on the formation of explicit attitude towards an attitudinal object (Schwarz, 2007). This would mean that an a priori negative attitude towards the presence of an ambient scent would not necessarily reflect what users will think when exposed to an ambient scent on public transit.

Furthermore, a thorough analysis of the correlation coefficients between the main factors (pleasantness, perceived intensity, perception of other odours, and travel preferences suggests that the presence of the ambient scent guides users' perceptual and attitudinal judgements since, in the absence of ambient scents, we found no significant relationship between these factors. The use of such a device in transport could then serve to unify the olfactory experience of users and this could in turn help to improve their experience by bringing coherence to it.

In the future, it would be interesting to extend these results by taking into account crowding, which is an important factor when studying the influence of environmental factors on well-being and comfort in public transport (Mahudin et al., 2012; Wang & Zacharias, 2020). We can presume that the diffusion of an ambient scent will help to attenuate the deleterious effects of crowding on users' experience by improving their olfactory comfort. In addition, it would be interesting to use a multiple-item questionnaire. In this way, we would be able to perform a regression analysis and better understand the link between our main factors, although administering a longer questionnaire would not be as easy in tram carriages.

The project that should have been launched in Montpellier—but which was not finally deployed, probably for political and economic reasons—was not solely aimed at improving the olfactory comfort of users. The second objective pursued was to facilitate the identification of the four tramway lines by soliciting the sense of smell. Indeed, on platforms serving several tramway lines, if the audible signage is not working properly or if there is noise in the proximity, visually impaired or blind people are not able to identify which line belongs to the tramway carriage stopped alongside the platform. Thus, by using a unique fragrance for each tramway line, it would have been possible to identify them by soliciting the sense of smell of blind or visually impaired users. This system could then contribute to improving social inclusion by promoting the integration of persons with visual disabilities. Naturally, this requires that they are consulted very early in the development process of the ambient scents to ensure that they can be easily discriminated from each other.

Moreover, if the developed fragrances are olfactory signatures, it could be a means of enhancing the positive effects and acceptance of the presence of an ambient scent in public transport by maximising its congruency with the place (Bone & Ellen, 1999). Thus, the olfactory signatures developed for the project in Montpellier were intended to be fully consistent with the identity of the tramway lines, which are already strongly marked by their name and external visual identity. Each of the four fragrances had to evoke the element of the line for which it had been developed (see Figure 12). In addition, the olfactory signatures were intended to be a showcase of the Mediterranean olfactory heritage through the use of odorant molecules present in this region of the world, further reinforcing the congruency between the fragrances and the diffusion location (i.e., the tramway, the city, the region).

In conclusion, the study of the diffusion of ambient scents in public transit is still in its early stages and could be an ambient factor of choice to improve the olfactory comfort and well-being of users, to promote social integration, and to help people discover the (olfactory) heritage of a region.

DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

1.1 Rappel des enjeux

L'objectif de ce travail de thèse était d'apporter des éléments de compréhension théoriques et expérimentaux relatifs à la perception olfactive et aux effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les TC.

Nous sommes partis du constat que les TC sont un sujet de grande importance, aussi bien socialement qu'économiquement, puisque les politiques publiques et les agglomérations ont amorcé ces dernières années, une transition sans précédent. Celles-ci mettent tout en œuvre pour favoriser les TC ainsi que les modes de déplacement actifs comme la marche ou le vélo aux dépens de l'automobile individuelle (Bojković et al., 2018 ; Nordfjærn et al., 2014). Par exemple, la métropole de Montpellier a annoncé, début septembre 2020, son souhait de renforcer cette transition (De nouveaux aménagements, 2020) :

« Montpellier et sa Métropole souhaitent participer activement à la **transition écologique du territoire** en favorisant notamment les **déplacements vertueux**. Pour ce faire, différents leviers vont être mis en place. L'un des premiers sera de **rendre le transport public plus attractif** pour chaque habitant de la Métropole **de sorte qu'il soit réellement concurrentiel par rapport à la voiture individuelle**. D'autres leviers seront également mobilisés tels que les modes actifs, et plus particulièrement **l'usage du vélo et de la marche** ».

Néanmoins, nous avons également vu que lorsqu'elles fonctionnent bien, ces politiques publiques peuvent entraîner un problème de taille pour les gestionnaires : la hausse de l'affluence (Koning & Haywood, 2014 ; Tirachini et al., 2013). À Paris, par exemple, la fréquentation dans le métro entre 2013 et 2019 a augmenté en moyenne de 217 837 trajets effectués par jour, ce qui représente sur l'année une hausse de 79,5 millions de trajets, pour atteindre les 1,84 milliard (<https://data.ratp.fr/> ; Transports : le métro parisien suffoque, 2019). Cette affluence a de réelles répercussions sur des usagers qui peuvent se retrouver en heure de pointe à partager à quatre 1m². Ils subissent différents types de nuisances, comme les odeurs et le bruit (Wang & Zacharias, 2020). Celles-ci sont une réelle source d'inconfort et d'insatisfaction pour eux (Mahudin et al., 2012). Dans ce contexte, qu'il s'agisse d'améliorer leur confort ou de limiter les nuisances inhérentes aux TC, la diffusion d'un parfum d'ambiance dans ces lieux pourrait s'avérer particulièrement pertinente, bien que potentiellement inattendue.

1.2 Contributions à l'étude des processus psychologiques qui sous-tendent l'expérience de l'utilisateur en lien avec la modalité sensorielle olfactive

Le premier objectif de cette thèse était d'étudier les facteurs psychologiques qui sous-tendent l'expérience des usagers des TC. Ainsi, le premier chapitre était consacré à l'étude des interactions crossmodales audio-olfactives, et plus particulièrement, à l'intégration multimodale (éventuelle) entre des informations issues de ces deux modalités sensorielles. Dans le deuxième chapitre, nous nous sommes intéressés aux connaissances générales concernant les parfums et de leur utilisation. Plus particulièrement, nous avons souhaité rendre compte de l'impact potentiel des croyances sur les parfums selon leur nature (i.e., la dangerosité perçue), et sur leur utilisation selon le lieu de diffusion (i.e., l'inférence d'une tentative de manipulation).

1.2.1 Interactions crossmodales audio-olfactives et intégration multimodale

De nombreuses études ont démontré que les modalités sensorielles et olfactives pouvaient interagir (i.e., existence de correspondances crossmodales, effets de congruence et d'interférence). En revanche, la nature même de ces interactions reste un point à éclaircir (Deroy et al., 2013). Est-ce que les effets d'interactions audio-olfactives, mis en exergues dans ces études, sont dus à la co-activation et au traitement des informations sensorielles issues de l'olfaction et de l'audition prises séparément (i.e., effets additifs) ? Ou alors, est-ce que ces effets sont dus à leur intégration au sein d'une représentation multimodale unique (i.e., effets multiplicatifs) ?

Notre première étude avait pour objectif d'apporter des éléments de réponses à ce sujet. Pour ce faire, nous avons repris le protocole expérimental de Hommel (2004) afin de tester l'hypothèse selon laquelle des informations sensorielles auditives et olfactives pourraient s'intégrer en une représentation multimodale. Ce protocole présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre et de pouvoir observer directement l'effet des manipulations sur les comportements des individus. Il offre également la possibilité d'observer l'interaction entre des caractéristiques sensorielles et motrices. Ce dernier point est extrêmement important à plusieurs titres. En effet, olfaction et motricité entretiennent depuis toujours des liens très étroits, que ce soit en termes de survie et d'adaptation (Köster et al., 2014 ; Stevenson, 2010), ou dans un contexte plus social (Aglioti & Pazzaglia, 2011). En outre, certains auteurs soulignent l'importance de considérer l'action au même titre que les autres modalités sensorielles (Camus et al., 2016 ; Corveleyn et al., 2012 ; Zmigrod et al., 2008).

Par ailleurs, nous avons utilisé des stimuli qui n'entretenaient pas, a priori, de liens de correspondance spécifiques. En effet, nous souhaitions savoir si un stimulus olfactif et un stimulus auditif pouvaient s'intégrer sur la seule base des deux principaux principes de l'intégration : la concordance spatiale et la synchronie temporelle (Holmes & Spence, 2005). Ce point est essentiel, car l'intégration multimodale est la signature d'une congruence spatiotemporelle entre deux signaux sensoriels. Méthodologiquement, c'est la seule façon de s'assurer que les réponses observées, censées refléter l'absence ou la présence d'intégration multimodale, ne sont pas dues à d'autres facteurs, comme ce fut peut-être le cas pour les études ayant déjà porté sur l'intégration d'informations chimiques et non chimiques (Amsellem et al., 2018 ; Ohla et al., 2017). Les auteurs ont utilisé des stimuli qui entretenaient un lien sémantique. Bien que leurs résultats suggèrent que des informations chimiques et des informations non chimiques ne s'intègrent pas, il est difficile de savoir si la correspondance crossmodale d'ordre sémantique n'a pas joué un rôle dans les résultats obtenus. Finalement, nos résultats suggèrent, comme les précédentes études, que les informations issues des sensorialités olfactives et auditives ne s'intègrent pas, que la modalité sensorielle olfactive soit la cible des processus attentionnels ou non. En revanche, les caractéristiques perceptives pertinentes pour la tâche (i.e., soit le stimulus olfactif, soit le stimulus auditif) et les caractéristiques motrices de la réponse semblent elles, parfaitement s'intégrer au sein d'une même représentation unique. Ohla et al. (2017) précisent, pour expliquer l'absence d'intégration entre un stimulus olfactif et un stimulus non chimique (i.e., visuel ou auditif), qu'il est difficile de connaître et de maîtriser la course temporelle de la perception de stimuli olfactifs dont le traitement est nettement plus lent que celui des stimuli visuels ou auditifs. De plus, leur origine spatiale est généralement complexe à déterminer. Consécutivement, le système cognitif ne parviendrait pas à intégrer les stimuli olfactifs porteurs d'une trop grande ambiguïté spatiale et temporelle (Ernst & Bühlhoff, 2004). Compte tenu de ces remarques, nous avons adapté le protocole en vue de maximiser la congruence spatiotemporelle des stimuli. Nous avons donc fait le choix de synchroniser la présentation du son avec l'inspiration du participant. Dès que l'intensité sonore de leur inspiration dépassait un certain seuil, adapté à chaque participant, alors le stimulus sonore était joué pour une durée de 700 ms. De plus, chaque stimulus sonore était joué en monophonie et chaque stimulus olfactif émanait d'une source très proche de leur nez afin de favoriser la congruence spatiale. Une seconde explication pouvant justifier l'absence d'intégration entre les deux modalités sensorielles est la suivante : bien que nous faisons très souvent l'expérience simultanée de sons et d'odeurs, il est tout de même rare que ces deux sources co-varient et qu'elles soient caractéristiques du même objet (Deroy et al., 2013). Ainsi, l'absence de régularités audio-olfactives dans l'environnement ne favoriserait pas fonctionnellement l'intégration de ces informations. Pour aller plus loin, il serait par exemple

intéressant d'utiliser le lien de correspondance crossmodale entre concentration olfactive et volume sonore suggéré par Persson (2011), afin de réaliser une tâche de classification rapide de stimuli (e.g., Teder-Sälejärvi et al., 2005) à partir de notre dispositif expérimental. Il serait ainsi possible de déterminer, à un niveau perceptif, s'il existe un lien de correspondance crossmodale audio-olfactif et si celui-ci favorise l'intégration.

En outre, l'intégration des informations motrices et olfactives que nous avons mise en évidence pourrait trouver une explication d'ordre adaptatif. Selon certains auteurs, l'olfaction est un sens qui permettrait en premier lieu de détecter un danger imminent et proche (Köster et al., 2014 ; Stevenson, 2010). Ainsi olfaction et action entretiendraient une grande proximité d'ordre fonctionnel.

Enfin, au regard de la thèse qui est défendue, puisqu'aucun signal émergent, qualitativement différent des signaux qui lui ont donné naissance (i.e., son et odeur pris séparément) ne sera formé, il est donc possible d'adresser l'odeur indépendamment du bruit, et potentiellement des autres facteurs d'ambiance.

1.2.2 Croyances, parfums, et congruence

Que va-t-il se passer lorsqu'un parfum diffusé dans les TC sera perçu pour la première fois par les usagers ? Sera-t-il totalement ignoré ou au contraire, sera-t-il une source d'interrogation ? Le concept de congruence peut nous permettre d'élaborer différents scénarios en vue de pouvoir prédire et anticiper l'effet d'une modification de l'environnement, telle que l'introduction d'un parfum d'ambiance. La congruence peut être envisagée comme un construit à deux dimensions (Heckler & Childers, 1992). La première est relative aux attentes de l'individu compte tenu de ses connaissances préalables (Whittlesea, 1997). La deuxième dimension est relative à la pertinence des éléments entre eux compte tenu des expériences passées. Nous observons que, dans la plupart des recherches, la congruence d'attente est négligée au profit de la congruence de pertinence (Maille & Fleck, 2011). Concernant les études ayant porté sur les effets de la diffusion d'un parfum dans un lieu de services, cette négligence peut se justifier par le fait que ce sont des lieux dans lesquels les facteurs d'ambiance et l'agencement sont sans cesse modifiés. De plus, les parfums d'ambiance sont présents dans de nombreux lieux de services (Biswas & Szocs, 2019). Un individu peut donc s'attendre à ce qu'un parfum d'ambiance soit diffusé dans ces lieux. A contrario, l'utilisation de cette technique marketing dans les TC pourrait paraître plus inhabituelle. En effet, les usagers ne s'attendent pas forcément à y sentir un parfum d'ambiance. En cas de non-congruence, les individus ne procéderont pas systématiquement à une analyse approfondie de la situation pour la résoudre. Tout dépendra de leur motivation et de leur capacité à la traiter (Petty & Cacioppo, 1986).

Un individu pourra alors simplement ignorer ce qu'il vient de percevoir ou mettre en œuvre une réflexion plus poussée. Quoi qu'il en soit, la (non)résolution de la non-congruence aboutira à un état affectif positif ou négatif, d'intensité variable (Mandler, 1982).

De nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer l'ensemble des processus cognitifs en lien avec cette non-congruence, de l'émergence de sa perception à sa résolution. Deux d'entre eux nous ont paru présenter un intérêt tout particulier. Le premier est la dangerosité perçue des odeurs. Nous avons vu dans le chapitre 2 que la littérature scientifique est très prolifique à ce sujet et met en évidence que la présence de l'odeur (réelle ou suggérée) peut induire un effet nocebo, comme un mal de tête (e.g., Dalton, 1999a) ou une irritation des voies respiratoires (e.g., Jaén & Dalton, 2014). Il semblerait par ailleurs que la dangerosité perçue d'une odeur soit influencée par sa nature (Herz, 2000). Le deuxième facteur d'intérêt qui nous a intéressés est l'inférence d'intention de manipulation. Celui-ci a été mis en évidence, dans un premier temps, dans le domaine de la communication publicitaire (Campbell, 1995). Par la suite, Lunardo (2012) a montré que ce concept pouvait également s'appliquer au marketing olfactif. Si un élément atmosphérique constitutif d'une situation, comme une odeur de pain, n'est pas congruent avec d'autres éléments, comme l'absence d'un four ou d'un boulanger, alors les individus sont susceptibles d'inférer une tentative de manipulation de la part de l'enseigne, impactant en retour leur attitude à l'égard de l'enseigne ou du lieu.

Dans notre deuxième étude, nous avons souhaité approfondir les premiers résultats de Herz (2000) au sujet de l'influence de la nature des odeurs sur la perception de leur dangerosité. Une odeur dite « synthétique » serait perçue comme plus dangereuse qu'une odeur dite « naturelle ». Si une différence de perception se confirmait, cela pourrait avoir d'importantes répercussions lors de la mise en œuvre d'un projet de diffusion de parfum dans les TC. Dans cette même étude, nous nous sommes également demandé si les individus justifieraient différemment l'utilisation de parfums d'ambiance selon le lieu de diffusion. En d'autres termes, ce qui nous intéressait ici était de savoir si les justifications invoquées bénéficieraient, avant tout, aux clients/usagers ou aux gestionnaires/enseignes. Dans le cas où la diffusion d'un parfum bénéficierait avant tout à ces derniers, alors les individus seront potentiellement plus susceptibles d'inférer que cette technique constitue une tentative de manipulation à leur égard.

Nous avons réalisé notre étude en ligne, en nous inspirant d'une méthodologie centrée sur les consommateurs (e.g., Ares et al., 2014). Celle-ci présente notamment l'avantage d'être très simple à mettre en œuvre, et de permettre un traitement qualitatif et quantitatif des réponses obtenues.

Concernant la dangerosité perçue des parfums, nos résultats confirment ceux de Herz (2000). Un parfum dit « synthétique » est majoritairement décrit comme déplaisant, mauvais pour la santé et pour l'environnement. Il est également associé à la chimie, au caractère artificiel et à l'inconfort. En revanche, un parfum dit « naturel » est principalement décrit comme sain, plaisant et bon pour l'environnement. Il est associé au terme biologique, au confort et au bien-être. Ainsi, si un individu considère spontanément qu'un parfum diffusé dans un lieu est synthétique, il est possible qu'il le perçoive alors comme dangereux, voire qu'il induise chez lui divers symptômes physiologiques négatifs. Nous pouvons alors nous demander si les parfums d'ambiance sont a priori perçus comme synthétiques ou naturels. Nous avons posé la question aux participants de notre étude à titre exploratoire, en fin de questionnaire. Nous leur avons demandé d'évaluer sur une échelle de Likert en cinq points allant de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord » l'assertion suivante : « Je pense que les parfums d'ambiance sont sains ». La moyenne des réponses est de 2,06 pour un écart-type de 0,92. Compte tenu des autres résultats de l'étude, il semblerait que les parfums d'ambiance soient plutôt perçus comme des parfums synthétiques.

Concernant la seconde partie de notre étude, les raisons les plus saillantes invoquées par les participants pour justifier la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les TC (i.e., masquage des odeurs et amélioration du bien-être) sont, avant tout, au bénéfice des usagers. A contrario, les raisons invoquées pour justifier la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les lieux de vente (e.g., magasins, centres commerciaux) sont à la fois au bénéfice des enseignes (i.e., le fait de vouloir vendre plus de produits et de vouloir attirer plus de clients) et des clients (i.e., le masquage des odeurs et le bien-être des clients). Ces résultats laissent supposer que, de prime abord, la diffusion d'un parfum d'ambiance ne serait pas perçue comme un dispositif destiné à manipuler les individus. En revanche, certaines croyances comme le fait qu'un parfum synthétique ou d'ambiance présente un danger pour la santé pourraient, à tort, être néfastes pour les usagers. Cela pourrait se traduire par une attitude négative vis-à-vis de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les TC.

Au regard du cadre conceptuel que nous avons proposé dans le chapitre 2, la croyance en la dangerosité ou en des intentions manipulatoires pourrait influencer les individus à tous les stades de la perception et du traitement d'une non-congruence (i.e., perception d'une non-congruence, motivation à la résoudre, capacité d'élaboration, résolution de la non-congruence) ou en être simplement le résultat (voir Figure 7). De la même façon, ce cadre peut être utilisé pour étudier l'influence d'autres facteurs. On peut citer notamment les travaux sur la publicité traitant de l'exposition forcée et de la réactance psychologique, c'est-à-dire la réaction d'un individu en cas d'intrusion perçue (Edwards et al., 2002).

En vue d'approfondir nos résultats, nous avons entrepris, avec la société ARTHUR DUPUY®, une étude consacrée aux effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans une rame de tramway de la ville de Grenoble, relativement similaire à notre étude présentée dans le chapitre 3 (voir *The effects of ambient scent on olfactory comfort and attitude toward its use in a tramway: an on-board study.*). Comme pour l'étude réalisée à Montpellier, nous avons demandé aux usagers de répondre à la question suivante : « Préférez-vous voyager avec ou sans parfum d'ambiance ? ». Concernant spécifiquement l'étude de Grenoble, nous avons demandé en plus aux participants de justifier leur réponse. Ainsi, il sera possible de comparer les réponses obtenues en ligne avec celles obtenues directement dans les rames, en vue de confirmer ou d'infirmer l'influence éventuelle de la dangerosité perçue et des intentions de manipulations, dans leur attitude envers les parfums d'ambiance.

1.3 Contributions à l'étude des effets de la diffusion de parfum dans les transports en commun sur le confort des usagers

Le deuxième objectif de cette thèse était d'étudier les effets de la diffusion de parfum dans les TC. Nous avons présenté dans le troisième chapitre de cette thèse quelques études ayant d'ores et déjà adressé cette question. Les objectifs poursuivis par ces recherches sont très divers et nous avons montré qu'il était possible de les organiser en deux grands objectifs distincts, mais complémentaires. Ainsi, l'utilisation d'un parfum d'ambiance dans les TC pourrait à la fois permettre de favoriser les expériences positives pour les usagers, mais également de leur éviter toutes expériences négatives, ou du moins, les atténuer. C'est ce que nous avons voulu tester dans notre troisième étude, réalisée dans les rames de tramway de la ville de Montpellier. Notre objectif était double. Il s'agissait à la fois de tester l'effet de la diffusion d'un parfum sur le confort olfactif des usagers, et également, de tester le potentiel pouvoir masquant de ce facteur d'ambiance. Pour ce faire, nous avons réalisé une étude comparative à l'aide d'un court questionnaire composé de huit questions. D'un côté, nous avons interrogé des usagers dans une rame de tramway qui était parfumée et de l'autre, des usagers dans des rames de tramway non parfumées. Les résultats ont montré que l'odeur ambiante était évaluée comme plus plaisante dans la rame parfumée et que la présence du parfum favorisait la production d'évocations positives. Cela suggère que ce dispositif pourrait être une solution pour favoriser les expériences positives (e.g., confort olfactif) en raison du caractère agréable du parfum. De plus, les usagers ont perçu proportionnellement moins d'odeurs – autres que celle diffusée – lorsqu'ils étaient interrogés en présence du parfum. Cela suggère alors que ce dispositif pourrait bel et bien contribuer à réduire les expériences négatives. Enfin, alors qu'une majorité des usagers (i.e., 90% d'entre eux) interrogés dans la rame parfumée

ont déclaré souhaiter voyager en présence d'un parfum d'ambiance, moins de la moitié des usagers (i.e., 45% d'entre eux) interrogés dans les rames non parfumées ont donné la même réponse. Ce faible taux de réponses positives concernant les usagers non soumis au parfum pourrait refléter une attitude, a priori, négative envers les parfums. Le fort taux de réponses positives recueillies dans la rame parfumée à la même question, pourrait suggérer que le parfum a favorisé un changement d'attitude chez les usagers. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la formation d'attitudes explicites envers un objet attitudinal est sensible au contexte (Schwarz, 2007). Ainsi, les réponses positives obtenues dans la rame parfumée auraient été influencées par la présence du parfum perçu comme agréable. Ainsi, la prise en compte des connaissances a priori des usagers envers les parfums, comme les croyances, pourrait s'avérer décisive lors de la mise en œuvre d'un projet de diffusion dans les TC. Même si la présence du parfum semble provoquer chez la plupart des usagers un changement attitudinal, certains individus pourraient tout simplement choisir de l'ignorer (volontairement ou non) et, de ce fait, maintenir leur attitude négative. Ce pourrait être le cas pour les individus « rebelles » mentionnés par Lunardo et al. (2012) refusant de se laisser influencer, ou pour certains individus sensibles aux parfums ou allergiques à certaines molécules. Nous suggérerons dans la suite de cette discussion que l'emploi d'une communication appropriée pourrait constituer un outil de persuasion de choix en vue de favoriser un changement d'attitude chez les usagers les plus méfiants.

En vue de compléter ces résultats, il serait à présent intéressant de reproduire cette étude en prenant en compte cette fois-ci le niveau d'affluence. En effet, nous avons vu au cours de cette thèse que les nuisances olfactives et auditives étaient inhérentes aux situations de forte affluence (Mahudin et al., 2012 ; Wang & Zacharias, 2020). Il serait alors possible d'étudier l'impact de cette affluence sur la perception de l'ambiance olfactive, mais également son impact sur la perception d'autres nuisances comme le bruit. Les résultats de la première étude suggèrent que les effets des interactions crossmodales audio-olfactives sont cumulatifs. On peut alors se demander quels seront les effets de l'interaction entre un parfum et le bruit sur l'expérience des usagers.

Même si ce troisième chapitre a été majoritairement consacré aux effets des parfums sur le confort des usagers et à leur pouvoir masquant, nous avons vu que certaines études ont mis en évidence que l'emploi de parfums d'ambiance pouvait améliorer la perception de propre (Ardelet et al., 2017 ; Jacquemier, 2001), diminuer le sentiment d'insécurité (Ardelet et al., 2017) ou encore, réduire les incivilités (de Lange et al., 2012). Dans la même veine, certains travaux en psychologie cognitive, en marketing ou en psychologie sociale laissent supposer que les parfums d'ambiance peuvent diminuer les expériences négatives de bien d'autres manières. Concernant la perception de l'espace tout d'abord, Poon et Grohmann (2014) ont étudié les effets des odeurs ambiantes selon

qu'elles évoquaient les espaces extérieurs / les grands espaces (i.e., odeur de bord de mer) ou les espaces intérieurs / les espaces clos (i.e., odeur de feu de bois). Les résultats ont révélé que l'odeur évoquant les grands espaces diminue l'anxiété des participants lorsqu'elle est diffusée dans un grand magasin proposant beaucoup de marchandises (espace clos), comparées à une odeur évoquant les espaces clos. A contrario, une odeur évoquant les grands espaces augmente l'anxiété des clients lorsqu'elle est diffusée dans un magasin contenant peu de marchandises (grand espace), par rapport à l'odeur évoquant les espaces clos. En d'autres termes, une odeur évoquant les grands espaces pourrait contribuer à réduire le stress lié aux espaces clos. Par ailleurs, l'impact des odeurs sur la perception du temps a suscité l'intérêt de quelques chercheurs en psychologie cognitive. Ces derniers ont notamment essayé d'en comprendre les mécanismes cognitifs sous-jacents. Par exemple, Brand et al. (2016) ont montré que la présence d'une odeur ambiante – qu'elle soit agréable ou désagréable – augmentait la précision d'un jugement rétrospectif de durée (i.e., combien de temps a duré une tâche) lors de la réalisation de tâches nécessitant peu d'efforts cognitifs. Schreuder et al. (2014) montrent quant à eux qu'une odeur agréable (i.e., romarin) peut réduire l'évaluation d'une durée dans une tâche prospective (i.e., appuyer sur un bouton lorsque vous estimez qu'un temps donné s'est passé). Cette question du temps perçu a également suscité l'intérêt des chercheurs en marketing. Dans une expérience qui s'est déroulée dans le centre d'un service client, McDonnell (2007) a révélé que la diffusion d'une odeur (i.e., mélange d'odeur de plantes incluant de la lavande) pouvait significativement atténuer le ressenti négatif lié à l'inconfort que représente le fait d'attendre dans une file de personnes. Leenders et al. (2016) ont, quant à eux, réalisé une expérimentation dans un supermarché. Celle-ci consistait à manipuler la présence d'une odeur agréable de melon (présente vs. absente) et son intensité (50% des clients étaient capable de détecter l'odeur vs. 70 % des clients). Les résultats ont mis en évidence que dans la condition où l'intensité de l'odeur était la plus forte, les clients restaient plus longtemps dans le magasin et ne surestimaient plus le temps passé dans le magasin, contrairement autres deux conditions (i.e., absence d'odeur ou odeur d'intensité modérée). À propos de la perception de l'affluence, Madzharov et al. (2015) ont mis en évidence qu'une odeur de menthe poivrée renvoyant au concept de frais/froid augmentait la perception de distanciation sociale dans un magasin. A contrario, une odeur de cannelle ou de vanille (i.e., odeurs jugées comme chaudes ou chaleureuses) diminuait la perception des distances entre les individus. Pour finir, les travaux de Baron laissent à supposer qu'un parfum agréable pourrait diminuer l'agressivité des individus ou augmenter les comportements prosociaux. Baron (2016) a montré qu'en présence d'une odeur agréable et émanant de boulangeries ou d'un magasin de café situés dans un centre commercial, les individus étaient plus enclins à aider un compère les sollicitant pour échanger un billet d'un dollar contre de

la monnaie. Le même auteur a révélé que lorsqu'un individu était en colère contre un autre (i.e., un compère), la présence d'un parfum diminuait les risques que le participant agresse ce dernier lorsqu'il en avait l'occasion (Baron, 1980).

Compte tenu du potentiel que représente un parfum d'ambiance, on peut se demander pourquoi y a-t-il eu si peu d'études scientifiques qui ont porté sur les parfums d'ambiance dans les TC. Ceci peut être dû à plusieurs facteurs, dont :

- Le flux d'air dans les TC. Il est différent de celui que l'on trouve dans les lieux de services comme un magasin. Une étude en amont concernant la diffusion et la répartition du flux pourrait s'avérer nécessaire dans certains cas pour pouvoir obtenir des résultats qui ne seraient pas soumis aux aléas du flux d'air.
- La réglementation en vigueur. Par exemple, il n'est pas autorisé d'utiliser des diffuseurs électriques dans certains lieux roulants comme une rame de tramway.
- La pénibilité d'interroger des individus dans les TC, et particulièrement dans les rames. Cette activité est relativement éprouvante pour tout expérimentateur en raison du bruit, de l'affluence, ou encore des mouvements des véhicules.
- Les variables comportementales mesurables. L'utilisation d'un questionnaire comme nous l'avons fait dans notre troisième étude est particulièrement bien adaptée au recueil des évaluations faites par les usagers. En revanche, il est plus difficile de définir des variables observables dans les TC que dans des magasins, par exemple. Dans ces derniers, il est possible de mesurer le temps passé en magasin, le nombre d'achats, le type d'achats ou encore le parcours dans les rayons. En revanche dans les TC, les usagers sont généralement là pour une seule chose, se rendre d'un point A à un point B, limitant ainsi le nombre de variables que pourra étudier l'expérimentateur. Seules des mesures indirectes peuvent rendre compte d'une modification des comportements à long terme comme la mesure du nombre de dégradations, du taux de fréquentation, ou encore du nombre d'agressions.
- L'observation d'effets à long terme. Alors qu'en magasin, les expérimentations sont généralement consacrées à mettre en évidence des effets à court terme, des effets à plus long terme spécifiques aux TC peuvent être attendus comme la mesure du nombre de dégradations ou du nombre d'agressions. Ceci impliquera donc à la fois de diffuser un parfum sur plusieurs mois et également, d'avoir accès aux mesures réalisées généralement par la société d'exploitation.

- Le coût d'une diffusion à long terme et le volume à parfumer. En lien avec la problématique précédente, certaines expérimentations nécessiteraient de parfumer sur plusieurs semaines, voire plusieurs mois afin d'observer un impact global sur le comportement de l'ensemble des usagers. En outre, l'objectif de certaines recherches pourrait obliger à parfumer un volume très important comme celui d'une gare ou bien toutes les rames d'une ligne de transports par exemple.

Alors que toutes les raisons évoquées précédemment peuvent être un frein à l'étude de l'effet de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les TC, on peut se demander si, paradoxalement, cette technique marketing est d'ores et déjà utilisée par les gestionnaires.

1.4 Expérimentations et projets de diffusion de parfum d'ambiance dans les transports en commun

Afin d'investiguer la question, nous avons réalisé une revue de presse sur le sujet. En effet, nous avons remarqué que la mise en place du projet pilote de diffusion de parfum dans le tramway de la ville initié par ARTHUR DUPUY® avait été relativement bien médiatisée. Cela pourrait signifier que le sujet intéresse la presse. Nous avons ainsi découvert qu'une multitude d'expérimentations et de projets ont vu le jour en France (voir Table 10), mais également partout dans le monde (voir Table 11), et ce, depuis les années 50. Avant d'en tirer des conclusions, nous avons présenté ci-après ces projets et ces expérimentations, ainsi que leurs résultats – quand ils étaient disponibles – tels qu'ils ont été rapportés dans la presse. Nous avons choisi d'inclure en plus les cinq études présentées dans le chapitre 3 ainsi que la nôtre, afin de pouvoir mieux les contextualiser.

Table 10. Synthèse des projets et expérimentations de diffusion de parfum d'ambiance dans les transports en commun en France.

Pays	Lieu de diffusion	Ville	Porteur de projet	Porteur privé ou public	Type de projet	Source	Type de source
France	Station de métro ou RER	Paris	RATP	Public	-	Les Actualités Françaises (1955)	Archive internet (France Actualités)
		Lille	Kéolis	Privé	Test	Seghi (2017), Camille (2018)	Presse internet
		Lyon	Kéolis	Privé	Test et déploiement	Munoz (2018)	Presse internet
		Paris	RATP	Public	-	sesnorsys.com/clients	Site internet de l'entreprise Sensorys
		Paris	RATP	Public	Expérimentations	Gros (1994)	Presse internet
		Paris	RATP	Public	Test et Déploiement	Va (2017), Jacquemier (2001)	Publication scientifique et Presse internet
		Rennes	Kéolis	Privé	Expérimentation	Viriet (2018), Staes (2018), Gicquel (2019)	Presse internet
	Gare	Paris	SNCF	Public	Recherche expérimentale	Ardelet et al. (2017)	Archive ouverte française HAL
		Paris	SNCF	Public	-	Berthault (2017)	Presse internet
	Bus	Evreux	Transurbain	Public	Expérimentation et Test	Eilhaik (2016)	Presse internet
		Vélizy - Versailles	Kéolis	Privé	Test	Mauron (2016)	Presse internet
		Troyes	TCAT	Public	Expérimentation	Polie (2018)	Presse internet
	Tramway	Montpellier	Montpellier Méditerranée Métropole	Public	Expérimentation	Petitmangin (2018)	Presse internet
		Grenoble	SEMITAG	Public	Expérimentation	Beyrie (2020)	Presse internet

Table 11. Synthèse des projets et expérimentations de diffusion de parfum d'ambiance dans les transports en commun dans le monde.

Pays	Lieu de diffusion	Ville	Porteur de projet	Porteur privé ou public	Type de projet	Source	Support
Hollande	Bus	-	Connexxion	Public	Recherche expérimentale	Van Lier (2015), Weyel (2011)	Presse internet
République tchèque		Prague	Autorité de transport public de Prague	Public	Expérimentation	Johnstone (2011)	Presse internet
Portugal		Braga	Transportes Urbanos de Braga (TUB)	Public	Recherche expérimentale	Carvalho (2017)	Site internet de de l'université de Braga
Singapour		Singapour	Tower transit	Privé	Test et déploiement	« Tower Transit signature scent » (2017), « Singaporean buses » (2017)	Presse internet
Etats-Unis	Rame de métro	Washington	WMATA	Public	Test et déploiement	Maiers (2017), Powers (2017a), Powers (2017b)	Presse internet
Etats-Unis		Los Angeles	LACMTA	Public	Test	Chiland (2017), Metcafe (2017)	Presse internet
Angleterre	Station de métro	Londres	Transport for London	Public	Expérimentation	Addley (2001), Trim (2019)	Presse internet
Hong Kong		Hong Kong	-		-	Addley (2001)	Presse internet
Allemagne	Train de banlieue ou régional	Berlin	Deutsche Bahn	Public	Test	« Berlin sniffs out new scent for local trains » (2008)	Presse internet
Hollande		-	Dutch Railways	Public	Recherche expérimentale	de Lange et al. (2018)	Publication scientifique
Allemagne		-	Deutsche Bahn (non officiel)	Public	Recherche expérimentale	Girard et al. (2019)	Publication scientifique

1.4.1 En France

Dès 1955, le métro parisien est à notre connaissance, le premier réseau de transport à s'être vu équipé d'un système de diffusion de parfum d'ambiance, qui était alors fixé à l'extérieur des rames roulantes (Les Actualités Françaises, 1955). L'objectif affiché était alors d'en finir avec les mauvaises odeurs du métro en diffusant un parfum lors du passage en station. Depuis, de nombreuses expérimentations ont vu le jour en France. Ce sont notamment les quais ou les couloirs d'une station du métro de Lille (Seghi, 2017) qui ont fait l'objet de deux tests de diffusion de parfums par nébulisation (i.e., vaporisation d'un liquide odorant par propulsion d'air comprimé), suivis par la mise en place d'un projet similaire de diffusion dans neuf stations du métro de Lyon, à la suite de 6 mois de test (Munoz, 2018). Concernant l'expérimentation de Lille, alors que seulement 56% des usagers auraient jugé l'odeur comme agréable avant la mise en place du dispositif, ils étaient 74% après 3 mois de diffusion du parfum, incitant la société exploitant le métro de la ville à étendre le dispositif à deux autres stations (Camille, 2018). S'agissant de la RATP, elle aurait mis en œuvre un parfum évoquant la propreté dans certaines de ses stations parisiennes (i.e., Place d'Italie, Lamarck, Auber ; <https://www.sensorys.com/clients>). Ceci n'est pas sans rappeler deux projets menés par l'exploitant quelques décennies auparavant. En 1993, le premier d'entre eux avait pour objectif de neutraliser les odeurs du métro en y diffusant un parfum (Gros, 1994). Des tests consommateurs *in situ* ont été menés durant plusieurs semaines afin de choisir le parfum retenu parmi deux propositions, composé entre autres de lavande, de menthe et d'eucalyptus. Malgré tout, la mise en place du dispositif s'est rapidement transformée en échec, et ce, quelques heures seulement après le lancement. Les usagers se sont plaints massivement de maux de tête, de nausées et de réactions allergiques. Le projet a alors évolué et l'idée de diffuser un parfum léger incorporé à la cire anti-poussière appliquée par les agents d'entretien et se libérant sous les pas des usagers a été retenue. Quelques années plus tard, un projet extrêmement similaire a été mené dans les couloirs du métro parisien en 1999. Il est présenté dans l'une des trois publications scientifiques s'étant intéressées à la diffusion de parfums dans les TC (Jacquemier, 2001). Ce projet consistait en l'ajout d'un parfum à la cire qui était appliquée lors du nettoyage de 8 stations tests du réseau. La fragrance – développée par une société internationale spécialisée dans la création de parfums et d'arômes – devait évoquer la propreté tout en étant perceptible durant 15 jours avant que les stations ne soient à nouveau nettoyées à la cire et donc parfumées. Cette expérimentation qui aura tout de même nécessité 5 ans de développement aura finalement été arrêtée au bout de quelques années, car elle ne satisfaisait pas pleinement les usagers (Va., 2017). Enfin, une expérimentation – poursuivant un objectif similaire au projet de diffusion qui devait être mis en place à Montpellier (voir ci-après) – a vu le jour dans une station du métro de Rennes en avril 2018

(Viriet, 2018). Celle-ci a consisté en la diffusion de deux parfums (i.e., menthe poivrée et odeur iodée) dans les couloirs et les ascenseurs de la station de métro. L'objectif était d'offrir aux usagers et notamment, aux personnes aveugles ou malvoyantes, un indice sensoriel olfactif afin qu'ils puissent mieux s'orienter dans la station. Ainsi, chaque direction – et donc chaque côté de la station – était associée à l'un des deux parfums. Selon le gestionnaire du réseau, l'appréciation générale dans cette station est passée de 27% avant diffusion à 48% après la mise en service du dispositif. Néanmoins, de nombreux problèmes se seraient rapidement posés : les deux odeurs étaient difficilement discriminables l'une de l'autre, la concentration des parfums était trop forte au niveau des ascenseurs, la station était trop grande et donc peu adaptée pour cet essai, les associations de personnes malvoyantes et non-voyantes n'auraient pas été consultées en amont, l'expérimentation n'était pas en accord avec la politique municipale et enfin, la société qui a créé les parfums n'aurait pas souhaité divulguer la composition des deux parfums (Staes, 2018). Face à ces nombreuses critiques, l'expérimentation qui devait durer six mois a donc été écourtée (Gicquel, 2019).

Concernant les gares, une expérimentation de diffusion d'un parfum dans une grande gare parisienne a été présentée lors du congrès international de l'Association Française de Marketing en 2017 (Ardelet et al., 2017). Celle-ci a consisté à comparer les effets perceptifs de la diffusion de trois parfums (i.e., fleur d'oranger, linge frais ou herbe coupée) évoquant la propreté. Les résultats mettent en évidence que les trois odeurs utilisées ont toutes un effet différent sur le sentiment de sécurité, le sentiment de propreté et sur la satisfaction quant à la qualité du service proposé en gare. Cette observation suggère qu'il est nécessaire de bien définir l'effet que l'on souhaite obtenir en priorité afin de sélectionner la ou les molécules les plus adaptées. Par ailleurs, un parfum serait actuellement diffusé dans les couloirs de la gare du Nord (Berthault, 2017).

Quant aux bus français, eux non plus n'échappent pas au marketing olfactif puisque fin 2016, un dispositif consistant à diffuser un parfum a été déployé dans huit bus à Évreux (Eilhaik, 2016). Un dispositif identique, plutôt bien accueilli par les usagers et les conducteurs, a également été déployé dans 80 bus d'une ligne régionale parisienne (Mauron, 2016). Enfin, quatre bus de l'agglomération de Troyes se sont vus équipés d'un diffuseur de parfum dans le cadre d'un test d'une durée de 6 mois à compter de mai 2018 (Poli, 2018). Un parfum différent était diffusé dans chaque bus (i.e., méditerranée, verveine - citronnelle, thé vert ou fraise Tagada). Les objectifs affichés étaient d'améliorer le confort des usagers et du personnel, mais également de diminuer les incivilités.

Concernant le tramway, nous l'avons vu dans le 3^{ème} chapitre de cette thèse, le premier projet pilote de diffusion d'un parfum d'ambiance dans une rame de tramway a vu le jour à Montpellier (Petitmangin, 2018). Ce projet pilote devait être suivi de deux autres expérimentations à grande

échelle qui ne verront pas le jour, pour des raisons probablement politiques et financières (source interne). L'idée consistait à diffuser quatre signatures olfactives dans les rames des quatre lignes de tramway de la ville. Chaque parfum devait être propre à chacune des lignes et évoquer l'un des quatre éléments qui lui était associé. Outre l'amélioration de l'expérience des usagers, ce projet est le premier à avoir été imaginé dans l'objectif de faciliter l'identification des quatre lignes par la sollicitation du sens olfactif, et donc l'orientation des usagers. En effet, si la signalétique sonore fonctionne mal ou s'il y a du bruit à proximité, les usagers en situation de handicap visuel ne sont pas en mesure d'identifier à quelle ligne appartient la rame qui est à quai, lorsque celui-ci est desservi par plusieurs lignes. Enfin, depuis août 2020 – mais initialement programmé pour avril 2020 – une expérimentation d'une durée de 6 mois est en cours dans une rame du tramway de la ville de Grenoble (Beyrie, 2020). Le parfum diffusé présente des notes d'ambre, de whisky, de fleur de tiaré et d'iode. Si l'essai est concluant, une signature olfactive sera développée pour chaque ligne du réseau de tramway de la ville. Les objectifs visés sont identiques à ceux du projet qui aurait dû voir le jour à Montpellier.

1.4.2 Dans le monde

À l'étranger, plusieurs expérimentations ou projets de diffusion dans des bus, des rames de métro, des rames de train de banlieue, des trains régionaux et des stations de métro ont été rapportés dans la presse et sur internet.

En 2011, une expérimentation hollandaise a été révélée dans la presse (Weyel, 2011). Celle-ci consistait à diffuser un parfum dans les bus d'une société de transports publics urbains et régionaux du pays en vue d'améliorer le sentiment de sécurité des passagers. À la suite de l'implémentation du dispositif, une enquête auprès de 500 personnes a mis en évidence une hausse de ce sentiment de 9 % auprès des femmes (Van Lier, 2015). Une autre expérimentation a eu lieu à Prague en 2011, consistant en la diffusion d'un parfum composé de citron et de cannelle dans cinq bus de la ville (Johnstone, 2011). L'objectif de la démarche aurait été de couvrir les odeurs des passagers. Malgré 60% d'avis favorables à la présence du parfum parmi 1668 usagers interrogés à la fin de l'expérimentation, l'entreprise gestionnaire n'a pas souhaité la prolonger pour des raisons budgétaires. Une expérimentation (voir chapitre 3) de diffusion d'un parfum dans quelques bus de la ville de Braga au Portugal a également été réalisée par une étudiante de Master de l'université de Minho (Carvalho, 2017). L'objectif était d'étudier l'influence de la diffusion d'un parfum sur l'état émotionnel des usagers, la perception de leur expérience, la perception de l'entreprise, ainsi que de leurs intentions au regard du service. Les résultats basés sur 627 questionnaires montrent, notamment, qu'après une semaine de diffusion, les usagers sont plus satisfaits du service. Enfin,

un projet de diffusion d'un parfum dans 100 bus à Singapour a été présenté dans la presse en 2017 (« Tower Transit signature scent », 2017). Sa particularité est que l'odeur diffusée est une signature olfactive. Elle a été développée à partir de deux caractéristiques de la ville : une forte présence de verdure et un climat tropical (« Singaporean buses », 2017). Ainsi, cette composition olfactive intégrait une note verte ainsi que des notes rafraîchissantes et relaxantes pour contrebalancer l'humidité et la chaleur du climat.

Concernant les rames de métro, deux expérimentations ont eu lieu aux États-Unis. Il s'agissait de diffuser un parfum à l'intérieur même de rames de métro des réseaux de Washington (Powers, 2017a) et de Los Angeles (Chiland, 2017 ; Metcalfe, 2017) afin d'atténuer la perception des odeurs désagréables et ainsi améliorer la perception de propreté des rames. Une étude auprès des usagers du métro à Washington a mis en évidence une amélioration de 15 % du sentiment de propreté, passant de 58% à 73% à la suite de l'introduction du parfum d'ambiance. Mais ces résultats ont été obtenus avant que l'expérimentation ne soit révélée dans la presse. Un nombre important d'usagers aurait alors manifesté divers problèmes de santé liés à la diffusion du parfum, leur mécontentement quant au parfum lui-même ou encore, leur insatisfaction générale, avançant alors l'idée que l'opérateur du métro utilisait du parfum pour masquer des problèmes de propreté (Powers, 2017b). Une autre expérimentation s'inspirant de celle qui a eu lieu dans le métro parisien en 1999 (Jacquemier, 2001) a été testée sur les quais de 3 stations de métro londonien durant un mois (Addley, 2001). Le parfum développé pour la France a servi de base au parfum du métro anglais. L'expérimentation fut rapidement arrêtée face au mécontentement des usagers (Trim, 2019). Il est à noter que l'article de Addley (2001) mentionne qu'une expérimentation se basant également sur celle qui a eu lieu à Paris en 1999 aurait été mise en œuvre dans le métro de Hong Kong à la même période.

Concernant les trains, une expérimentation a vu le jour à Berlin (« Berlin sniffs out, » 2008). Cent trains de banlieue ont été parfumés avec pour objectif de couvrir les odeurs désagréables. L'idée sera finalement abandonnée, car le parfum ne remplissait pas totalement son rôle.

En 2012, des chercheurs hollandais ont conduit une expérience (voir Chapitre 3) visant à réduire un type d'incivilité dans les trains régionaux : le fait de jeter ses détritus par terre ou sur les sièges (de Lange et al., 2012). Les résultats de cette étude, publiée dans un journal scientifique, montrent que la présence d'un parfum évoquant le propre a permis de réduire pratiquement de moitié le nombre de déchets jetés hors des poubelles. Enfin, une expérimentation a eu lieu en 2019 (voir Chapitre 3) dans un train régional allemand (Girard et al., 2019). Les auteurs se sont intéressés à l'étude des effets à court et long terme de la diffusion d'une signature olfactive non traitée consciemment par les usagers. Outre la mise en évidence d'une amélioration de la perception du

service dès l'introduction de la signature olfactive, les auteurs ont montré que cet effet perdurait dans le temps, et ce, même deux semaines après le retrait du parfum des rames de train.

Après ce tour du monde, on peut constater que, parmi les expérimentations ou projets dont les résultats ont été rapportés dans la presse et qui n'ont pas fonctionné, la grande majorité a eu lieu dans le métro, que ce soit à Paris, à Rennes, à Londres ou à Washington. Les causes potentielles de ces échecs pourraient être multiples. Tout d'abord, il se pourrait que vouloir améliorer la perception de propre dans un lieu qui ne l'est pas réellement, ou de manière inconstante puisse être vu comme une intention de manipulation (voir Chapitre 2). En effet, outre la perception d'une non-congruence en termes d'attentes dues au fait que ce lieu n'est pas habituellement parfumé, les usagers pourraient avoir perçu le parfum évoquant la propreté comme non congruent avec un lieu perçu comme sale (i.e., non-congruence de pertinence). Consécutivement, cette double non-congruence pourrait avoir été perçue par les usagers comme une tentative de manipulation de la part des gestionnaires. Il semblerait également que la communication avec les usagers ait joué un rôle dans l'échec de certaines expérimentations. Par ailleurs, nous avons vu, dans le chapitre 3, que les métros rencontrent d'importantes problématiques dues à une trop forte affluence dans ces lieux. Les nuisances sensorielles étant par essence, inhérentes à l'affluence et probablement proportionnelles à celle-ci, il est possible que l'introduction d'un parfum d'ambiance ait produit une surstimulation sensorielle (Krishna, 2012), produisant des effets opposés à ceux attendus.

Ces expérimentations mettent en exergue que certains TC comme les métros sont assez éloignés d'une typologie classique de lieu de services comme les magasins. Les problématiques rencontrées seraient plus proches de celle d'un lieu public ou partagé. Dans la section suivante, nous proposons de considérer alors les TC comme des lieux hybrides, mélange entre un lieu de services classique et un lieu public.

1.5 Les transports en commun : un lieu hybride

À la lecture de l'introduction de l'article de Girard et al. (2019), présenté dans le chapitre 3, qui traitait des effets à court et à long terme de la diffusion d'un parfum dans un TER allemand, il est impossible de déterminer si l'expérimentation a eu lieu dans un transport ou dans un magasin. En effet, les auteurs ont totalement apparenté le train utilisé pour leur expérimentation à un lieu de services ordinaire. Ce lieu présentait tout de même certains avantages par rapport à un lieu de services classique. La possibilité de contrôler de manière précise la quantité de parfum diffusé ou encore, de s'assurer du retour régulier des mêmes usagers (clients) afin de réaliser une étude longitudinale, justifiait alors pleinement ce choix. A contrario, l'expérimentation décrite par Jacquemier (2001), concernant la diffusion d'un parfum dans les couloirs ou les stations de métro

de Paris, souligne en premier lieu le souhait d'atténuer les nuisances olfactives. Dans ce contexte, les infrastructures du métro parisien sont plus apparentées à un espace public et partagé, plutôt qu'à un lieu de services. Par conséquent, ces deux expérimentations représentent à elles seules le défi que représente la diffusion de parfum dans les TC. Suivant la façon dont un lieu sera catégorisé par les individus (Goldstone et al., 2018), les objectifs de diffusion seront totalement différents, bien que complémentaires. Il nous apparaît donc important de considérer les TC comme un lieu hybride, présentant à la fois les caractéristiques d'un lieu de services et les caractéristiques d'un lieu public (voir Figure 13). Cette prise en compte pourrait permettre la mise en œuvre de projets de diffusion pertinents et pérennes, mais également de proposer des études scientifiques qui présenteront une réelle utilité appliquée. C'est cette démarche qui nous a poussés à étudier dans le premier chapitre l'interaction audio-olfactive. Nous sommes partis du constat que le bruit et les odeurs sont inhérents à l'affluence dans les TC en les considérant ici avant tout comme un lieu partagé. Néanmoins, la question des interactions audio-olfactives touche également les lieux de services, et donc les TC. C'est pourquoi un nombre conséquent d'études traite des effets de la diffusion simultanée de parfum et de musique. Dans le deuxième chapitre, les deux croyances que nous avons étudiées sont également un bon exemple de l'intérêt d'une vision plurielle des TC. En effet, la littérature scientifique consacrée à l'étude de la dangerosité perçue des odeurs ne concernait – outre les études effectuées en laboratoire – que des lieux partagés comme les lieux de travail ou les quartiers de vie (Dalton et al., 2020). En considérant alors les TC comme des espaces publics, l'étude de la dangerosité perçue d'un parfum dans ces lieux prend tout son sens. Inversement, l'idée que des usagers puissent considérer la diffusion d'un parfum dans un TC comme une tentative de manipulation à leur égard est directement issue des travaux réalisés dans un contexte marketing et commercial (Campbell, 1995), assimilant alors les TC à un lieu de services. Concevoir les TC comme des lieux hybrides permet également de mieux cerner la disparité des variables étudiées dans les travaux consacrés à la diffusion de parfum dans ces lieux (Chapitre 3) comme la perception de propreté, la perception d'insécurité ou les incivilités. Considérer que ce type de dispositif peut servir à améliorer l'expérience utilisateur revient plutôt à concevoir les TC comme des lieux de services. En revanche, concevoir que la diffusion d'un parfum dans ces lieux puisse éviter aux usagers de vivre des expériences négatives rend compte de problématiques majoritairement inhérentes aux espaces publics et partagés.

Dans ce contexte, nous allons voir à présent que deux dispositifs pourraient permettre d'adresser les problématiques majeures que nous avons étudiées dans le cadre de cette thèse, au regard de cette vision hybride des TC : (1) l'utilisation de signatures olfactives (2) la mise en place d'une communication transparente et ciblée (voir Figure 13).

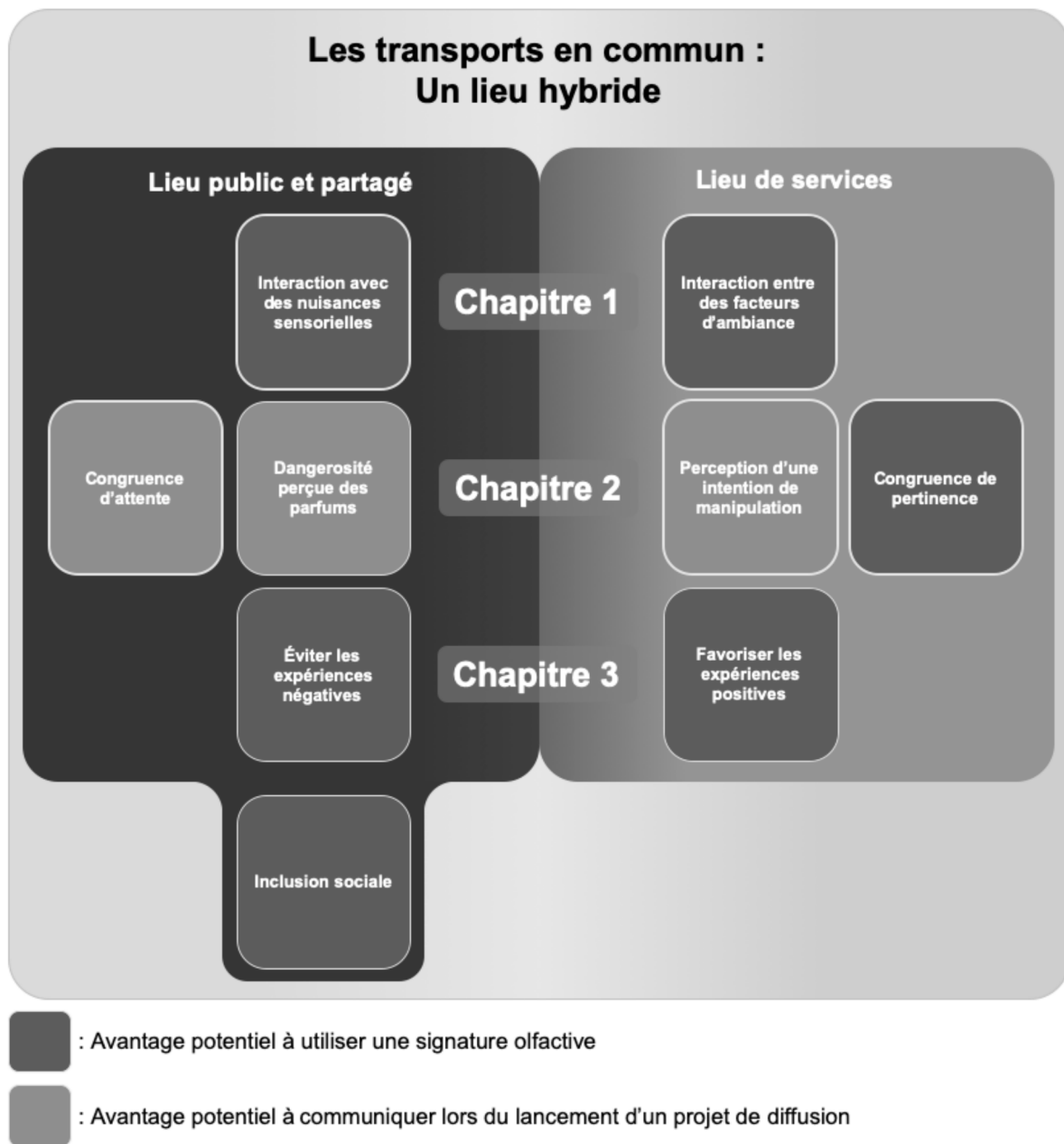


Figure 13. Schématisation d'un lieu hybride. Les principaux concepts abordés dans le cadre de cette thèse sont organisés suivant les deux façons d'appréhender les transports en commun (i.e., lieu public et partagé, lieu de services). Les concepts colorés en vert sont ceux qui pourraient être adressés en utilisant comme parfum d'ambiance une signature olfactive. Les concepts colorés en dorés sont ceux qui pourraient être adressés à l'aide de la mise en place d'une campagne de communication lors du lancement d'un projet de diffusion de parfum dans les transports en commun.

1.5.1 Signature olfactive

Une signature olfactive – nous l’avons rapidement évoqué lors de la présentation de la société ARTHUR DUPUY® – est un parfum unique, développée sur mesure dans le but de représenter olfactivement et le plus fidèlement possible les valeurs, le message ou l’essence d’une marque ou d’un lieu. Cela représente un avantage concurrentiel très intéressant dans un monde saturé de son et d’image. Ce type de parfum permettra notamment au lieu – et par association, à la marque – de se distinguer d’autres endroits similaires, de par son caractère unique (i.e., concept de distinctivité secondaire, voir Schmidt, 1991). À l’heure actuelle, une multitude d’enseignes se sont dotées d’une signature olfactive qui présente de sérieux atouts pour les enseignes (Spence et al., 2014), comme les compagnies aériennes. Ainsi, Delta Airlines, Turkish Airlines, United Airlines, ou encore, Singapour Airlines (depuis plus de 30 ans !) ont toutes leur propre parfum. Celui-ci est utilisé de différentes façons (e.g., diffusion dans les lobbys des aéroports, diffusion dans les avions, imprégnation des textiles) afin, majoritairement, d’améliorer le confort et le bien-être de leurs clients (Carey, 2015).

Au regard la thèse, nous percevons quatre avantages à l’utilisation d’une signature olfactive en tant que parfum d’ambiance dans les TC (voir Figure 13). Les deux premiers avantages, communs à tout parfum d’ambiance, sont (1) qu’une signature olfactive, contenant plusieurs molécules odorantes, sera parfaitement appropriée pour masquer les nuisances olfactives dans les TC et (2) de par son caractère agréable, celle-ci pourra contribuer au confort et au bien-être des usagers. Le troisième avantage à l’utilisation d’une signature olfactive est sa singularité. En effet, ce parfum est généralement développé pour évoquer quelque chose d’unique. Cette particularité, en accord avec les autres éléments d’ambiance et structurels, pourrait rendre ce parfum plus pertinent aux yeux des usagers (i.e., congruence de pertinence). Par exemple à Montpellier (Petitmangin, 2018), les quatre signatures olfactives devaient évoquer les quatre éléments de la nature, constituant chacun l’identité d’une des lignes de tramway de la ville. Ainsi, diffuser un parfum qui évoque l’eau/la mer sur la ligne « EAU » (i.e., ligne 3 reliant Montpellier et aux plages méditerranéennes) devait permettre de renforcer sa congruence avec le lieu. Il est même possible d’envisager d’aller plus loin en vue de rendre le parfum encore plus pertinent. En effet, l’entreprise ARTHUR DUPUY® – à l’origine du projet montpellierain – a souhaité que la diversité des plantes et des fleurs du bassin méditerranéen se retrouve dans la composition des quatre signatures olfactives, favorisant de surcroît la congruence entre les parfums et leur lieu de diffusion. Le quatrième avantage à l’emploi de signatures olfactives dans les TC – et non des moindres – serait de favoriser l’inclusion sociale des personnes aveugles ou malvoyantes. En effet, diffuser un parfum singulier, identifiable et reconnaissable parmi les autres, constituerait ainsi un indice non négligeable pour

ces personnes qui utilisent leur odorat pour se repérer (Cuevas et al., 2009). Cette idée qui devait être appliquée à Montpellier (Petitmangin, 2018), l'a été à Rennes (Viriet, 2018), et devrait l'être à Grenoble (Beyrie, 2020). Ce type de projet multi-signatures s'inscrit donc dans une politique de conception universelle des TC en vue d'en favoriser l'accès au plus grand nombre (Steinfeld & Maisel, 2012).

En résumé, une signature olfactive devrait permettre (1) de favoriser les expériences positives, (2) d'éviter ou de réduire les expériences négatives, (3) de maximiser la congruence parfum-lieu, et (4) de favoriser l'inclusion sociale des personnes en situation de handicap visuel. Néanmoins, l'utilisation de ce type de parfums d'ambiance sera moins pertinente dès lors que l'on souhaitera adresser une problématique spécifique comme augmenter la perception de propreté. Dans ce cas-là, l'utilisation de parfums facilement identifiable sera privilégiée.

1.5.2 Communication

Lors du lancement d'un projet de diffusion d'un parfum d'ambiance dans un TC, l'emploi d'une communication ciblée pourrait s'avérer être une stratégie efficace et recommandable à plusieurs égards. Tout d'abord, cette stratégie pourrait permettre d'éviter au maximum de provoquer inutilement inquiétude et méfiance chez les usagers des TC. Cela serait rendu possible en communiquant par exemple la liste des molécules odorantes composant le parfum, en énonçant les objectifs poursuivis par l'emploi d'un tel dispositif, en insistant sur l'innocuité des molécules utilisées, ou encore, en rappelant que les molécules dites « synthétiques » ne sont pas, a priori, plus dangereuses que les molécules dites « naturelles ». De même, communiquer des détails techniques quant à la diffusion du parfum pourrait rassurer les usagers. Certaines technologies permettent de nos jours de ne produire aucun composé organique volatil ou molécule dérivée tels que les formaldéhydes (i.e., molécules cancérogènes). Par ailleurs, dès lors qu'une ou plusieurs signatures olfactives sont utilisées, communiquer sur ce qu'elles sont censées évoquer pourrait permettre de renforcer la perception de congruence entre le parfum d'ambiance et le lieu. Enfin, si un objectif spécifique, en lien avec une population particulière comme ce fût le cas à Montpellier ou à Rennes, est poursuivi, il conviendra de communiquer avec les différents acteurs concernés par le projet comme les associations d'aveugles et de malvoyants afin qu'elles se sentent impliquées et prises en considération.

La littérature scientifique supporte l'idée selon laquelle une bonne communication pourrait favoriser l'acceptation de la présence d'un parfum dans les TC. Par exemple, une étude menée dans un supermarché et dans un centre médical (Gottschalk, 2018) démontre que lorsque les clients ou les patients ont été informés de la présence d'un parfum d'ambiance dès leur entrée dans les lieux,

ils s'avèrent l'apprécier significativement plus à la sortie des lieux que lorsqu'ils n'ont pas été informés de sa présence au départ. Dans une autre étude, Crichton et Petrie (2015) se sont intéressés aux effets de la communication sur la croyance en la nocivité des sons produits par des éoliennes. Ils montrent ainsi qu'une simple explication au sujet de l'effet nocebo permettait de réduire l'apparition de symptômes physiologiques négatifs. Shusterman et al. (1991) précisent quant à eux qu'une communication vague, contradictoire, trop technique ou effectuée à un moment non opportun peut augmenter la perception d'un risque lorsque des individus sont soumis à des nuisances olfactives.

Compte tenu de ces quelques études et du potentiel que représente l'emploi d'une communication ciblée, il serait intéressant d'étudier, en laboratoire ou *in situ*, les effets de cette dernière sur l'agréabilité perçue d'un parfum d'ambiance, sur sa dangerosité perçue et sur les inférences d'intention de manipulation. Il serait alors possible de faire varier les informations communiquées en vue d'en évaluer les effets, séparément ou conjointement (e.g., composition, nature, objectif poursuivi par la diffusion).

En résumé, l'emploi d'une communication efficace et ciblée auprès des usagers ou des acteurs concernés dès le lancement d'un projet de diffusion pourrait être décisif pour sa réussite. Ceci est d'autant plus vrai si le lieu de diffusion est avant tout perçu comme un lieu public. Enfin, l'emploi d'une telle communication est en parfaite adéquation avec l'idée d'un marketing plus éthique et plus transparent (Martin & Smith, 2008).

1.6 Conclusion générale

Cette recherche a été effectuée dans le cadre d'une convention CIFRE avec la société ARTHUR DUPUY®. Elle s'inscrit dans une problématique sociétale actuelle qui est de favoriser l'utilisation des transports en commun aux dépens de l'automobile individuelle. Dans ce contexte, l'objectif général de cette thèse était double. Que ce soit dans le domaine de la psychologie, des transports ou du marketing, une étude approfondie de la littérature scientifique nous a permis d'identifier de nouvelles pistes de recherche en vue de mieux comprendre (1) les processus psychologiques sous-tendant l'expérience de l'utilisateur des transports en commun, en lien avec la modalité olfactive, et (2) les effets de la diffusion d'un parfum d'ambiance dans les TC sur l'expérience de l'utilisateur. L'identification de ces deux objectifs nous a amenés à réaliser trois études dans des domaines très variés.

Au-delà des apports empiriques de nos deux premières études, nous avons pu mettre en exergue toute la complexité que revêt la situation de diffusion de parfum d'ambiance dans les TC. En effet, nous avons pu constater que des connaissances a priori (e.g., des croyances) au sujet des parfums, ou l'interaction de certains facteurs environnementaux (e.g., son et odeur) peuvent influencer la perception de ces derniers. Ce point de vue est soutenu par une partie de la communauté scientifique défendant une vision de l'Humain comme un être incarné dans un corps et situé dans un environnement avec lequel il interagit continuellement pour s'adapter (Varela et al., 1993). Consécutivement, la perception d'un parfum diffusé dans les TC sera à la fois influencée par la situation présente et les expériences passées des individus (Versace et al., 2014).

Enfin, bien que la diffusion d'un parfum dans les TC puisse influencer les usagers de multiples façons, nous avons suggéré que ses effets pouvaient s'organiser en deux catégories : favoriser les expériences positives et éviter les expériences négatives. Les résultats expérimentaux de notre troisième étude vont dans ce sens puisque nous avons montré qu'il était possible d'améliorer le confort olfactif des usagers tout en diminuant la perception des nuisances olfactives.

En espérant que nos études aient pu contribuer, modestement, à une meilleure compréhension des processus psychologiques sous-tendant l'expérience des usagers, ce travail de thèse avait, avant tout, pour finalité d'en exposer tous les enjeux. De nombreux travaux sont encore nécessaires afin, *in fine*, d'exploiter tout le potentiel de la diffusion d'un parfum d'ambiance au service des usagers.

BIBLIOGRAPHIE

- Adams, D. C., & Salois, M. J. (2010). Local versus organic: A turn in consumer preferences and willingness-to-pay. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 331–341. <http://dx.doi.org/10.1017/S1742170510000219>
- Addley, E. (2001, 24 avril). *Underground scent promises transports of delight*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/uk/2001/apr/24/transport.world>
- Aglioti, S. M., & Pazzaglia, M. (2011). Sounds and scents in (social) action. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(2), 47–55. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2010.12.003>
- Amsellem, S., Höchenberger, R., & Ohla, K. (2018). Visual–Olfactory Interactions: Bimodal Facilitation and Impact on the Subjective Experience. *Chemical Senses*, 43(5), 329–339. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjy018>
- Ardelet, C. (2014). Les parfums d’ambiance rendent-ils toujours les lieux plus attractifs? Le rôle de l’imagerie mentale.
- Ardelet, C., Fleck-Dousteyssier, N., & Grobert, J. (2017). Parfum d'ambiance: quel impact sur la propreté, la sécurité et la satisfaction dans les gares?
- Ares, G., & Deliza, R. (2010). Studying the influence of package shape and colour on consumer expectations of milk desserts using word association and conjoint analysis. *Food Quality and Preference*, 21(8), 930–937. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.03.006>
- Ares, G., De Saldamando, L., Giménez, A., & Deliza, R. (2014). Food and wellbeing. Towards a consumer-based approach. *Appetite*, 74, 61–69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2013.11.017>
- Attems, J., Walker, L., & Jellinger, K. A. (2015). Olfaction and Aging: A Mini-Review. *Gerontology*, 61(6), 485–490. <http://doi.org/10.1159/000381619>
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- Baron, R. A. (1980). Olfaction and human social behavior: Effects of pleasant scents on physical aggression. *Basic and Applied Social Psychology*, 1(2), 163–172. https://doi.org/10.1207/s15324834basp0102_5
- Baron, R. A. (2016). The Sweet Smell of... Helping: Effects of Pleasant Ambient Fragrance on Prosocial Behavior in Shopping Malls. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 23(5), 498–503. <http://doi.org/10.1177/0146167297235005>

Belkin, K., Martin, R., Kemp, S. E., & Gilbert, A. N. (1997). Auditory Pitch as a Perceptual Analogue to Odor Quality. *Psychological Science*, 8(4), 340–342. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00450.x>

Bensafi, M., Rouby, C., Farget, V., Bertrand, B., Vigouroux, M., & Holley, A. (2002). Autonomic nervous system responses to odours: the role of pleasantness and arousal. *Chemical Senses*, 27(8), 703–709. <http://dx.doi.org/10.1093/chemse/27.8.703>

Benthin, A., Slovic, P., Moran, P., Severson, H., Mertz, C. K., & Gerrard, M. (1995). Adolescent health-threatening and health-enhancing behaviors: A study of word association and imagery. *Journal of Adolescent Health*, 17(3), 143–152. [https://doi.org/10.1016/1054-139X\(95\)00111-5](https://doi.org/10.1016/1054-139X(95)00111-5)

Berlin sniffs out new scent for local trains. (2008, 05 septembre). Spiegel. <https://www.spiegel.de/international/zeitgeist/the-sweet-smell-of-commuting-berlin-sniffs-out-new-scent-for-local-trains-a-576589.html>

Biswas, D., & Szocs, C. (2019). The smell of healthy choices: Cross-modal sensory compensation effects of ambient scent on food purchases. *Journal of Marketing Research*, 56(1), 123–141. <http://dx.doi.org/10.1177/0022243718820585>

Bitner, M. J. (1992). Servicescapes: the impact of physical surroundings on customers and employees. *Journal of Marketing*, 56(2), 57–71. <https://doi.org/10.1177/002224299205600205>

Bojković, N., Petrović, M., & Parezanović, T. (2018). Towards indicators outlining prospects to reduce car use with an application to European cities. *Ecological Indicators*, 84, 172–182. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.061>

Bone, P. F., & Ellen, P. S. (1999). Scents in the marketplace: Explaining a fraction of olfaction. *Journal of Retailing*, 75(2), 243–262. [https://doi.org/10.1016/S0022-4359\(99\)00007-X](https://doi.org/10.1016/S0022-4359(99)00007-X)

Bone, P. F., & Jantrania, S. (1992). Olfaction as a cue for product quality. *Marketing Letters*, 3(3), 289–296. <https://doi.org/10.1007/BF00994136>

Bosmans, A. (2006). Scents and sensibility: When do (in) congruent ambient scents influence product evaluations? *Journal of Marketing*, 70(3), 32–43. <http://doi.org/10.1509/jmkg.70.3.32>

Börjesson, M., & Rubensson, I. (2019). Satisfaction with crowding and other attributes in public transport. *Transport Policy*, 79, 213–222. <http://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.05.010>

Brand, G., Thiabaud, F., & Dray, N. (2016). Influence of Ambient Odors on Time Perception in a Retrospective Paradigm. *Perceptual and Motor Skills*, 122(3), 799–811. <http://doi.org/10.1177/0031512516647716>

Briglia, J., Servajean, P., Michalland, A.-H., Brunel, L., & Brouillet, D. (2018). Modeling an enactivist multiple-trace memory. ATHENA: A fractal model of human memory. *Journal of Mathematical Psychology*, 82, 97–110. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmp.2017.12.002>

Brunel, L., Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2015). It does belong together: cross-modal correspondences influence cross-modal integration during perceptual learning. *Applied Olfactory ...*, 6(385), 100–10. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00358>

Brunel, L., Labeye, É., Lesourd, M., & Versace, R. (2009). The sensory nature of episodic memory: Sensory priming effects due to memory trace activation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(4), 1081–1088. <http://doi.org/10.1037/a0015537>

Cain, W. S., & Drexler, M. (1974). Scope and evaluation of odor counteraction and masking. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 237(1), 427–439. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1974.tb49876.x>

Camille. (2018, janvier 10). *Diffusion de parfum en station: l'expérimentation s'étend à deux nouvelles stations*. Ilévia. <https://www.ilevia.fr/cms/actualite/actus-des-reseaux/diffusion-parfum-station.html>

Campbell, M. C. (1995). When attention-getting advertising tactics elicit consumer inferences of manipulative intent: The importance of balancing benefits and investments. *Journal of Consumer Psychology*, 4(3), 225–254. https://doi.org/10.1207/s15327663jcp0403_02

Camus, T., Brouillet, D., & Brunel, L. (2016). Assessing the functional role of motor response during the integration process. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(11), 1693–1702. <http://doi.org/10.1037/xhp0000237>

Cantwell, M., Caulfield, B., & O'Mahony, M. (2009). Examining the factors that impact public transport commuting satisfaction. *Journal of Public Transportation*, 12(2), 1. <http://doi.org/10.5038/2375-0901.12.2.1>

Cardebat, D., Doyon, B., Puel, M., Goulet, P., & Joannette, Y. (1990). Formal and semantic lexical evocation in normal subjects. Performance and dynamics of production as a function of sex, age and educational level. *Acta Neurologica Belgica*, 90(4), 207–217.

Carey, S. (2015, 01 février) *Airlines try signature fragrances, but not everyone is on board*. The Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/airlines-try-signature-fragrances-but-not-everyone-is-on-board-1422832562>

Carvalho, J. D. M. (2017). *The relationship between smell, emotions and consumers' behavioural attitudes: an applied research on the Bus Transportation Company of Braga--TUB*.

Chiland, E. (2017, 26 avril). *Metro combatting smelly train cars with new deodorizers*. LA Curbed. <https://la.curbed.com/2017/4/26/15441580/metro-train-car-smell-subway-red-purple-line>

Claeson, A.-S., Lidén, E., Nordin, M., & Nordin, S. (2013). The role of perceived pollution and health risk perception in annoyance and health symptoms: a population-based study of odorous air pollution. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 86(3), 367–374. <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-012-0770-8>

Collins, C. M., & Chambers, S. M. (2005). Psychological and situational influences on commuter-transport-mode choice. *Behavior & Environment*. <http://doi.org/10.1177/0013916504265440>

Corveleyn, X., Lopez-Moliner, J., & Coello, Y. (2012). Motor action reduces temporal asynchrony between perceived visual changes. *Journal of Vision*, 12(11), 20–20. <http://doi.org/10.1167/12.11.20>

Crichton, F., & Petrie, K. J. (2015). Health complaints and wind turbines_ The efficacy of explaining the nocebo response to reduce symptom reporting. *Environmental Research*, 140(C), 449–455. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2015.04.016>

Crisinel, A. S., & Spence, C. (2012). A Fruity Note: Crossmodal associations between odors and musical notes. *Chemical Senses*, 37(2), 151–158. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjr085>

Crisinel, A.-S., Jacquier, C., Deroy, O., & Spence, C. (2013). Composing with Cross-modal Correspondences: Music and Odors in Concert. *Chemosensory Perception*, 6(1), 45–52. <http://doi.org/10.1007/s12078-012-9138-4>

Cuevas, I., Plaza, P., Rombaux, P., De Volder, A. G., & Renier, L. (2009). Odour discrimination and identification are improved in early blindness. *Neuropsychologia*, 47(14), 3079–3083. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.07.004>

Dalton, P. (1996). Odor perception and beliefs about risk. *Chemical Senses*, 21(4), 447–458. <http://doi.org/10.1093/chemse/21.4.447>

Dalton, P. (1999a). Cognitive influences on health symptoms from acute chemical exposure. *Health Psychology*, 18(6), 579. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-6133.18.6.579>

Dalton, P. (1999b). Effects of social cues on perceived odor, irritation and health symptoms from solvent exposure. *Proc. Abs. Annu. Meet. East. Psychol. Associ.*, 70, 135.

Dalton, P. (2002). Odor, irritation and perception of health risk. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75(5), 283–290. <http://dx.doi.org/10.1007/s00420-002-0312-x>

Dalton, P., Claeson, A.-S., & Horezniak, S. (2020). The Impact of Indoor Malodor: Historical Perspective, Modern Challenges, Negative Effects, and Approaches for Mitigation. *Atmosphere*, 11(2), 126. <http://dx.doi.org/10.3390/atmos11020126>

Dalton, P., Wysocki, C. J., Brody, M. J., & Lawley, H. J. (1997). The influence of cognitive bias on the perceived odor, irritation and health symptoms from chemical exposure. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 69(6), 407–417. <http://dx.doi.org/10.1007/s004200050168>

de Lange, M. A., Debets, L. W., Ruitenburg, K., & Holland, R. W. (2012). Making less of a mess: Scent exposure as a tool for behavioral change. *Social Influence*, 7(2), 90–97. <http://doi.org/10.1080/15534510.2012.659509>

De nouveaux aménagements cyclables transitoires et renforcement des existants sur les grands axes de Montpellier (2020, 03 septembre). *Montpellier 3M*. <https://www.montpellier3m.fr/amenagements-cyclables-transitoires>

Deroy, O. (2014). The unity assumption and the many unities of consciousness (pp. 105–124). MIT Press Cambridge, MA, USA. <http://dx.doi.org/10.7551/mitpress/9780262027786.003.0005>

Deroy, O., Crisinel, A.-S., & Spence, C. (2013). Crossmodal correspondences between odors and contingent features: odors, musical notes, and geometrical shapes. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(5), 878–896. <http://doi.org/10.3758/s13423-013-0397-0>

Dimitroulopoulou, C., Lucica, E., Johnson, A., Ashmore, M. R., Sakellaris, I., Stranger, M., & Goelen, E. (2015). EPHECT I: European household survey on domestic use of consumer products and development of worst-case scenarios for daily use. *Science of the Total Environment*, 536, 880–889. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.036>

Distel, H., Ayabe-Kanamura, S., Martínez-Gómez, M., Schicker, I., Kobayakawa, T., Saito, S., & Hudson, R. (1999). Perception of everyday odors—correlation between intensity, familiarity and strength of hedonic judgement. *Chemical Senses*, 24(2), 191–199. <https://doi.org/10.1093/chemse/24.2.191>

Doucé, L., Janssens, W., Swinnen, G., & Van Cleempoel, K. (2014). Influencing consumer reactions towards a tidy versus a messy store using pleasant ambient scents. *Journal of Environmental Psychology*, 40, 351–358. <http://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.09.002>

Eboli, L., & Mazzulla, G. (2007). Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit. *Journal of Public Transportation*, 10(3), 21–34. <http://doi.org/10.5038/2375-0901.10.3.2>

Edwards, S. M., Li, H., & Lee, J.-H. (2002). Forced exposure and psychological reactance: Antecedents and consequences of the perceived intrusiveness of pop-up ads. *Journal of Advertising*, 31(3), 83–95. <http://dx.doi.org/10.1080/00913367.2002.10673678>

Ehrlichman, H., & Bastone, L. (1992). Olfaction and emotion. In *Science of olfaction* (pp. 410–438). Springer. http://doi.org/10.1007/978-1-4612-2836-3_15

Ehrlichman, H., & Halpern, J. N. (1988). Affect and memory: Effects of pleasant and unpleasant odors on retrieval of happy and unhappy memories. *Journal of Personality and Social Psychology*, 55(5), 769. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.55.5.769>

Eilhaik, D. (2016, 25 février). *Bus d'Évreux : un parfum d'innovation*. Ouest France. <https://www.ouest-france.fr/normandie/bus-devreux-un-parfum-dinnovation-4060163>

Ernst, M. O., & Bühlhoff, H. H. (2004). Merging the senses into a robust percept. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(4), 162–169. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2004.02.002>

European Commission. (2017). *European urban Mobility : European Policy, Practice and Solutions*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <http://doi.org/10.2832/51274>

Evans, K. K., & Treisman, A. (2010). Natural cross-modal mappings between visual and auditory features. *Journal of Vision*, 10(1), 6–6. <http://dx.doi.org/10.1167/10.1.6>

Fellessen, M., & Friman, M. (2012). Perceived Satisfaction with Public Transport Service in Nine European Cities. *Journal of the Transportation Research Forum*, 47(3). <http://doi.org/10.5399/osu/jtrf.47.3.2126>

Fenko, A., & Loock, C. (2014). The influence of ambient scent and music on patients' anxiety in a waiting room of a plastic surgeon. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 7(3), 38–59. <http://dx.doi.org/10.1177/193758671400700304>

Fleck, N., & Maille, V. (2010). Trente ans de travaux contradictoires sur l'influence de la congruence perçue par le consommateur: synthèse, limites et voies de recherche. *Recherche Et Applications en Marketing (French Edition)*, 25(4), 69–92. <http://dx.doi.org/10.1177/076737011002500404>

Friestad, M., & Wright, P. (1994). The persuasion knowledge model: How people cope with persuasion attempts. *Journal of Consumer Research*, 21(1), 1–31. <https://doi.org/10.1086/209380>

Frings, C., & Spence, C. (2010). Crossmodal congruency effects based on stimulus identity. *Brain Research*, 1354(C), 113–122. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.07.058>

Gámbaro, A., Parente, E., Roascio, A., & Boinbaser, L. (2014). Word association technique applied to cosmetic products--A case study. *Journal of Sensory Studies*, 29(2), 103–109. <http://dx.doi.org/10.1111/joss.12084>

Gámbaro, A., Roascio, A., Boinbaser, L., Pérez, S., & Parente, E. (2019). Application of two projective techniques in the study of consumer perception of antiperspirant/deodorants. *Journal of Sensory Studies*, 34(1), e12478. <http://dx.doi.org/10.1111/joss.12478>

Gicquel, J. (2019, 04 juin). Rennes : Un nouvel outil en test pour aider les non-voyants à se repérer dans le métro. 20 minutes. <https://www.20minutes.fr/societe/2532799-20190604-rennes-nouvel-outil-test-aider-non-voyants-reperer-metro>

Girard, A., Lichters, M., Sarstedt, M., & Biswas, D. (2019). Short- and Long-Term Effects of Nonconsciously Processed Ambient Scents in a Servicescape: Findings From Two Field Experiments. *Journal of Service Research*, 15(1), 109467051984233–16. <http://doi.org/10.1177/1094670519842333>

Girard, M., Girard, A., Suppin, A. C., & Bartsch, S. (2016). The scentscape: An integrative framework describing scents in servicescapes. *Journal of Business Market Management*, 9(1), 597-622.

Goldstone, R. L., Kersten, A., & Carvalho, P. F. (2018). Categorization and concepts. *Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience*, 3, 1–43. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119170174.epcn308>

Gottschalk, I. (2018). Consumer evaluation of ambient scent. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 46(6), 530–544. <http://doi.org/10.1108/IJRDM-04-2017-0085>

Gros, M-J. (1994, 14 décembre) *Métro, parkings, cinés... la chasse aux odeurs est ouverte*. Libération. https://next.liberation.fr/vous/1994/12/14/metro-parkings-cines-la-chasse-aux-odeurs-est-ouverte_115579

Gulas, C. S., & Bloch, P. H. (1995). Right under our noses: Ambient scent and consumer responses. *Journal of Business and Psychology*, 10(1), 87–98. <https://doi.org/10.1007/BF02249272>

Haywood, L., Koning, M., & Monchambert, G. (2017). Crowding in public transport: Who cares and why? *Transportation Research Part A*, 100, 215–227. <http://doi.org/10.1016/j.tra.2017.04.022>

Heckler, S. E., & Childers, T. L. (1992). The role of expectancy and relevancy in memory for verbal and visual information: what is incongruity? *Journal of Consumer Research*, 18(4), 475–492. <https://doi.org/10.1086/209275>

Hemmerling, S., Canavari, M., & Spiller, A. (2016). Preference for naturalness of European organic consumers. *British Food Journal*. <http://dx.doi.org/10.1108/BFJ-11-2015-0457>

Hommel, B. (2004). Event files: feature binding in and across perception and action. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(11), 494–500. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2004.08.007>

Henshaw, V. (2013). Urban smellscapes: Understanding and designing city smell environments. Routledge. <http://dx.doi.org/10.4324/9780203072776>

Henshaw, V., & Guy, S. (2015). Embodied thermal environments: an examination of older people's sensory experiences in a variety of residential types. *Energy Policy*, 84, 233–240. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.018>

Henshaw, V., Medway, D., Warnaby, G., & Perkins, C. (2015). Marketing the “city of smells.” *Marketing Theory*, 16(2), 153–170. <http://doi.org/10.1177/1470593115619970>

Herz, R. (2000). Beliefs influence perception of natural & synthetic odors. *The Aroma-Chology Review*, 1–9.

Herz, R. S. (2003). The Effect of Verbal Context on Olfactory Perception. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(4), 595–606. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.132.4.595>

Higham, P., & Leboe, J. P. (2010). Constructions of Remembering and Metacognition Essays in Honour of Bruce Whittlesea. <http://doi.org/10.1057/9780230305281?no-access=true#toc>

Hintzman, D. L. (1984). MINERVA 2: A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 16(2), 96–101. <http://doi.org/10.3758/BF03202365>

Holmes, N. P. (2009). The Principle of Inverse Effectiveness in Multisensory Integration: Some Statistical Considerations. *Brain Topography*, 21(3-4), 168–176. <http://doi.org/10.1007/s10548-009-0097-2>

Holmes, N. P., & Spence, C. (2005). Multisensory integration: space, time and superadditivity. *Current Biology*, 15(18), R762–R764. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2005.08.058>

Hommel, B, Müsseler, J., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2001). The Theory of Event Coding (TEC): a framework for perception and action planning., 24(5), 849–78– discussion 878–937. <http://dx.doi.org/10.1017/S0140525X01000103>

Hommel, B. (1998). Event files: Evidence for automatic integration of stimulus-response episodes. *Visual Cognition*, 5(1-2), 183–216. <http://doi.org/10.1080/713756773>

Hommel, B. (2004). Event files: feature binding in and across perception and action. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(11), 494–500. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2004.08.007>

Hutmacher, F. (2019). Why Is There So Much More Research on Vision Than on Any Other Sensory Modality? *Applied Olfactory ...*, 10, 2246. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02246>

Insee. (2016). *Tableau RP2016, exploitations principales, géographie au 01/01/2019 - Population par grandes tranches d'âges*. Insee (database). <https://insee.fr/fr/statistiques/>

Jacquemier, L. (2001). L“étude de la perception des odeurs: le cas d”une Société de Transport en Commun. *Décisions Marketing*. <http://doi.org/10.2307/40592728>

Jaén, C., & Dalton, P. (2014). Asthma and odors: the role of risk perception in asthma exacerbation. *Journal of Psychosomatic Research*, 77(4), 302–308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpsychores.2014.07.002>

Johnstone, C. (2011, 05 juillet). *Czech capital turns up nose at perfumed public transport*. Česká pozice. http://ceskapozice.lidovky.cz/czech-capital-turns-up-nose-at-perfumed-public-transport-pe9-/tema.aspx?c=A110715_111511_pozice_27539

Kaeppler, K., & Mueller, F. (2013). Odor Classification: A Review of Factors Influencing Perception-Based Odor Arrangements. *Chemical Senses*, 38(3), 189–209. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjs141>

Kahneman, D., Treisman, A., & Gibbs, B. J. (1992). The reviewing of object files: Object-specific integration of information. *Cognitive Psychology*, 24(2), 175–219. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(92\)90007-O](https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90007-O)

Kennedy, W. P. (1961). The nocebo reaction. *Medical World*, 95, 203.

- King, A. J. (2005). Multisensory integration: strategies for synchronization. *Current Biology*, 15(9), R339–R341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2005.04.022>
- Knasko, S. C. (1992). Ambient odor's effect on creativity, mood, and perceived health. *Chemical Senses*, 17(1), 27–35. <http://doi.org/10.1093/chemse/17.1.27>
- Koning, M., & Haywood, L. (2014). L'enfer, dans le métro parisien, c'est les autres, 1–6. <https://metropolitiques.eu/L-enfer-dans-le-metro-parisien-c.html>
- Köster, E. P., Möller, P., & Mojet, J. (2014). A “Misfit” Theory of Spontaneous Conscious Odor Perception (MITSCOP): reflections on the role and function of odor memory in everyday life. *Applied Olfactory ...*, 5, 64. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00064>
- Krishna, A. (2012). An integrative review of sensory marketing: Engaging the senses to affect perception, judgment and behavior, 22(3), 332–351. <http://doi.org/10.1016/j.jcps.2011.08.003>
- Krishna, A., Lwin, M. O., & Morrin, M. (2010). Product Scent and Memory. *Journal of Consumer Research*, 37(1), 57–67. <http://doi.org/10.1086/649909>
- Lee, E.-J., & Schumann, D. W. (2016). Explaining the Special Case of Incongruity in Advertising: Combining Classic Theoretical Approaches. *Marketing Theory*, 4(1-2), 59–90. <http://doi.org/10.1177/1470593104044087>
- Leenders, M. A. A. M., Smidts, A., & Haji, El, A. (2016). Ambient scent as a mood inducer in supermarkets_ The role of scent intensity and time-pressure of shoppers. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.05.007>
- Les Actualités Françaises (producteur), (1955), *Quand le métro se parfume*. [Vidéo en ligne]. <https://www.ina.fr/video/AFE85005921/quand-le-metro-se-parfume-video.html>
- Levitan, C. A., Charney, S., Schloss, K. B., & Palmer, S. E. (2015). The Smell of Jazz: Crossmodal Correspondences Between Music, Odor, and Emotion. In *CogSci*.
- Libertino, L., Ferraris, D., Osornio, M. M. L., & Hough, G. (2012). Analysis of data from a free-listing study of menus by different income-level populations. *Food Quality and Preference*, 24(2), 269–275. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.11.003>
- Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., et al. (2019). JASP: Graphical statistical software for common statistical designs. *Journal of Statistical Software*, 88(2), 1–17. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v088.i02>
- Ludden, G. D., & Schifferstein, H. N. (2009). Should Mary smell like biscuit? Investigating scents in product design. *International Journal of Design*, 3(3).

Lunardo, R. (2009). Le marketing sensoriel du point de vente: pour un modèle intégrant les inférences d'intention de manipulation. Présenté aux Actes du 12ème Colloque Etienne Thil, La Rochelle.

Lunardo, R. (2012). Negative effects of ambient scents on consumers' skepticism about retailer's motives. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 19(2), 179–185. <http://doi.org/10.1016/j.jretconser.2011.11.007>

Lunardo, R., & Mbengue, A. (2013). When atmospherics lead to inferences of manipulative intent: Its effects on trust and attitude. *Journal of Business Research*, 66(7), 823–830. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2011.06.007>

Lunardo, R., Saintives, C., & Roux, D. (2012). Une étude exploratoire des inférences de contrôle du consommateur face à l'atmosphère du point de vente. *Management Avenir*, (5), 58–78. <http://dx.doi.org/10.3917/mav.055.0058>

Madzharov, A. V., Block, L. G., & Morrin, M. (2015). The cool scent of power: effects of ambient scent on consumer preferences and choice behavior. *Journal of Marketing*, 79(1), 83–96. <http://doi.org/10.1509/jm.13.0263>

Mahudin, N. D. M., Cox, T., & Griffiths, A. (2012). Measuring rail passenger crowding: Scale development and psychometric properties. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 15(1), 38–51. <http://doi.org/10.1016/j.trf.2011.11.006>

Maille, V., & Fleck, N. (2011). Congruence perçue par le consommateur: vers une clarification du concept, de sa formation et de sa mesure. *Recherche Et Applications en Marketing*, 26(2), 77–111. <http://doi.org/10.1177/076737011102600203>

Mandler, G. (1980). Recognizing: The judgment of previous occurrence. *Psychological Review*, 87(3), 252. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.87.3.252>

Mandler, G. (1982). *The structure of value: Accounting for taste*. MS Clark, ST Fiske, eds. *Affect and Cognition: The 17th Annual Carnegie Symposium on Cognition*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

Marks, L. E. (1987). On cross-modal similarity: Auditory--visual interactions in speeded discrimination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13(3), 384. <https://doi.org/10.1037//0096-1523.13.3.384>

Martin, K. D., & Smith, N. C. (2008). Commercializing social interaction: The ethics of stealth marketing. *Journal of Public Policy & Marketing*, 27(1), 45–56. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1111976>

Mattila, A. S., & Wirtz, J. (2001). Congruency of scent and music as a driver of in-store evaluations and behavior. *Journal of Retailing*, 77(2), 273–289. [http://doi.org/10.1016/S0022-4359\(01\)00042-2](http://doi.org/10.1016/S0022-4359(01)00042-2)

Mauron, L. (2016, 18 novembre). *Et maintenant, des bus parfumés entre Vélizy et Versailles!*. Le Parisien. <http://www.leparisien.fr/info-paris-ile-de-france-oise/transports/et-maintenant-des-bus-parfumes-entre-velizy-et-versailles-18-11-2016-6345822.php>

McDonnell, J. (2007). Music, scent and time preferences for waiting lines. *International Journal of Bank Marketing*, 25(4), 223–237. <http://doi.org/10.1108/02652320710754015>

McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264(5588), 746–748. <https://doi.org/10.1038/264746a0>

Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). An approach to environmental psychology. the MIT Press.

Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1983). Interactions among converging sensory inputs in the superior colliculus. *Science*, 221(4608), 389–391. <https://doi.org/10.1126/science.6867718>

Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1986). Spatial factors determine the activity of multisensory neurons in cat superior colliculus. *Brain Research*, 365(2), 350–354. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(86\)91648-3](https://doi.org/10.1016/0006-8993(86)91648-3)

Meredith, M. A., Nemitz, J. W., & Stein, B. E. (1987). Determinants of multisensory integration in superior colliculus neurons. I. Temporal factors. *Journal of Neuroscience*, 7(10), 3215–3229. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.07-10-03215.1987>

Metcalf, J. (2017, 28 avril). *Can L.A. de-stink its metro?*. Citylab. <https://www.citylab.com/transportation/2017/04/can-la-de-stink-its-metro/524688/>

Michel, A., Baumann, C., & Gayer, L. (2017). Thank you for the music – or not? The effects of in-store music in service settings. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 36, 21–32. <http://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.12.008>

Michon, R., & Chebat, J.-C. (2004). The interaction effect of background music and ambient scent on the perception of service quality. *Journal of Business Research*, 34(3), 191–196.

Morrin, M., & Chebat, J.-C. (2005). Person-place congruency: The interactive effects of shopper style and atmospherics on consumer expenditures. *Journal of Service Research*, 8(2), 181–191. <http://dx.doi.org/10.1177/1094670505279420>

Morrison, M., Gan, S., Dubelaar, C., & Oppewal, H. (2011). In-store music and aroma influences on shopper behavior and satisfaction. *Journal of Business Research*, 64(6), 558–564. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.06.006>

Munoz, D. (2018, 18 janvier). *Lyon : Des diffuseurs d'odeurs installés dans les métros*. 20 Minutes. <https://www.20minutes.fr/lyon/2204735-20180118-lyon-diffuseurs-odeurs-installes-metros>

Nordfjærn, T., Şimşekoğlu, Ö., Lind, H. B., Jørgensen, S. H., & Rundmo, T. (2014). Transport priorities, risk perception and worry associated with mode use and preferences among Norwegian commuters. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 391–400. <http://doi.org/10.1016/j.aap.2014.07.028>

O'Mahony, M. (1978). Smell illusions and suggestion: reports of smells contingent on tones played on television and radio. *Chemical Senses*, 3(2), 183–189. <http://doi.org/10.1093/chemse/3.2.183>

Oakes, S., & North, A. C. (2008). Reviewing congruity effects in the service environment musicscape. *International Journal of Service Industry Management*, 19(1), 63–82. <http://doi.org/10.1108/09564230810855716>

Ohla, K., Höchenberger, R., Freiherr, J., & Lundström, J. N. (2017). Superadditive and Subadditive Neural Processing of Dynamic Auditory-Visual Objects in the Presence of Congruent Odors. *Chemical Senses*, 43(1), 35–44. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjx068>

Oiamo, T. H., Luginaah, I. N., & Baxter, J. (2015). Cumulative effects of noise and odour annoyances on environmental and health related quality of life. *Social Science & Medicine*, 146(C), 191–203. <http://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.10.043>

Organisation des Nations Unies (2006). *Convention relative aux droits des personnes handicapées*. <https://www.ohchr.org/FR/ProfessionalInterest/Pages/ConventionRightsPersonsWithDisabilities.aspx>

Parise, C. V. (2015). Crossmodal Correspondences: Standing Issues and Experimental Guidelines. *Multisensory Research*, 29(1-3), 7–28. <http://doi.org/10.1163/22134808-00002502>

Parise, C. V., & Spence, C. (2009). “When birds of a feather flock together”: synesthetic correspondences modulate audiovisual integration in non-synesthetes. *PLoS ONE*, 4(5), e5664. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0005664>

Parise, C., & Spence, C. (2013). Audiovisual cross-modal correspondences in the general population, 1–26. <http://dx.doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199603329.013.0039>

Paustenbach, D. J., & Gaffney, S. H. (2005). The role of odor and irritation, as well as risk perception, in the setting of occupational exposure limits. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 79(4), 339–342. <http://doi.org/10.1007/s00420-005-0021-3>

Pedersen, T., Friman, M., & Kristensson, P. (2011). Affective Forecasting: Predicting and Experiencing Satisfaction With Public Transportation. *Journal of Applied Social Psychology*, 41(8), 1926–1946. <http://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2011.00789.x>

Persson, V. (2011). Crossmodal correspondences between visual, olfactory and auditory information.

Petitmangin, D. (2018, 21 février). *Le tramway parfumé arrive à Montpellier et c'est une première mondiale!*. MidiLibre. <https://www.midilibre.fr/2018/02/21/le-tramway-parfume-arrive-a-montpellier-et-c-est-une-premiere-mondiale,1630611.php>

Petty, R. E., & Briñol, P. (2007). Mécanismes psychologiques de la persuasion. *Diogenes*, (1), 58–78. <http://dx.doi.org/10.3917/dio.217.0058>

Petty, R. E., & Cacioppo, J. T. (1986). The Elaboration Likelihood Model of Persuasion (Vol. 19, pp. 123–205). Elsevier. [http://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60214-2](http://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60214-2)

Poli, E. (2018, mai 14). *Les bus troyens se mettent au parfum*. Champagne FM. <https://www.champagnefm.com/news/les-bus-troyens-se-mettent-au-parfum-43689>

Poon, T., & Grohmann, B. (2014). Spatial density and ambient scent: effects on consumer anxiety. *American Journal of Business*, 29(1), 76–94. <http://doi.org/10.1108/AJB-05-2013-0027>

Powers, M. (2017a, 23 mai). *Will air fresheners make Metro great again?*. The Washington Post. https://www.washingtonpost.com/news/dr-gridlock/wp/2017/05/23/will-air-fresheners-make-metro-great-again/?utm_term=.5861ba6bb793

Powers, M. (2017b, 13 juin). *Your Metro train is going to smell like, well Metro, again*. The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/news/dr-gridlock/wp/2017/06/13/your-metro-train-is-going-to-smell-like-well-metro-again/?/>

Quand les gares sentent le propre... (2017, 28 février). *Université Toulouse 1 Capitole*.
<https://magazine.ut-capitole.fr/quand-les-gares-sentent-le-propre--624325.kjsp>

Redman, L., Friman, M., Gärling, T., & Hartig, T. (2013). Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport Policy*, 25, 119–127.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.11.005>

Rimkute, J., Moraes, C., & Ferreira, C. (2015). The effects of scent on consumer behaviour. *International Journal of Consumer Studies*, 40(1), 24–34. <http://doi.org/10.1111/ijcs.12206>

Roininen, K., Arvola, A., & Lähteenmäki, L. (2006). Exploring consumers' perceptions of local food with two different qualitative techniques: Laddering and word association. *Food Quality and Preference*, 17(1-2), 20–30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.04.012>

Roschk, H., & Hosseinpour, M. (2019). Pleasant Ambient Scents: A Meta-Analysis of Customer Responses and Situational Contingencies. *Journal of Marketing*, 84(1), 125–145.
<http://doi.org/10.1177/0022242919881137>

Roschk, H., Loureiro, S. M. C., & Breitsohl, J. (2017). Calibrating 30 Years of Experimental Research: A Meta-Analysis of the Atmospheric Effects of Music, Scent, and Color. *Journal of Retailing*, 93(2), 228–240. <http://doi.org/10.1016/j.jretai.2016.10.001>

Rusconi, E., Kwan, B., Giordano, B. L., Umiltà, C., & Butterworth, B. (2006). Spatial representation of pitch height: the SMARC effect. *Cognition*, 99(2), 113–129.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2005.01.004>

Sarbu, I., & Sebarchievici, C. (2011). Olfactory Comfort Assurance in Buildings. In *Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality*. InTech. <http://doi.org/10.5772/17007>

Schifferstein, H. N., & Michaut, A. M. (2002). Effects of appropriate and inappropriate odors on product evaluations. *Perceptual and Motor Skills*, 95(3_suppl), 1199–1214.
<http://dx.doi.org/10.2466/pms.2002.95.3f.1199>

Schiffman, S. S., Walker, J. M., Dalton, P., Lorig, T. S., Raymer, J. H., Shusterman, D., & Williams, C. M. (2000). Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. *Journal of Agromedicine*, 7(1), 7–81.
http://dx.doi.org/10.1300/J096v07n01_02

Schmidt, S. R. (1991). Can we have a distinctive theory of memory? *Memory & Cognition*, 19(6), 523–542. <https://doi.org/10.3758/bf03197149>

Schreuder, E., Hoeksma, M. R., Smeets, M. A. M., & Semin, G. R. (2014). The effects of odor and body posture on perceived duration. *Frontiers in Neurobotics*, 8. <http://doi.org/10.3389/fnbot.2014.00006>

Schreuder, E., van Erp, J., Toet, A., & Kallen, V. L. (2016). Emotional Responses to Multisensory Environmental Stimuli. *SAGE Open*, 6(1), 215824401663059–19. <http://doi.org/10.1177/2158244016630591>

Schwarz, N. (2007). Attitude construction: Evaluation in context. *Social Cognition*, 25(5), 638–656. <http://dx.doi.org/10.1521/soco.2007.25.5.638>

Seghi, P. (2017, 14 avril). *Lille : Transpole teste la diffusion de parfum dans une station de métro*. La Voix du Nord. <https://www.lavoixdunord.fr/148386/article/2017-04-14/transpole-teste-la-diffusion-de-parfum-dans-une-station-de-metro>

Sela, L., & Sobel, N. (2010). Human olfaction: a constant state of change-blindness. *Experimental Brain Research*, 205(1), 13–29. <http://doi.org/10.1007/s00221-010-2348-6>

Seo, H. S., Lohse, F., Luckett, C. R., & Hummel, T. (2014). Congruent Sound Can Modulate Odor Pleasantness. *Chemical Senses*, 39(3), 215–228. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjt070>

Seo, H.-S., & Hummel, T. (2010). Auditory–Olfactory Integration: Congruent or Pleasant Sounds Amplify Odor Pleasantness. *Chemical Senses*, 36(3), 301–309. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjq129>

Seo, H.-S., Gudziol, V., Hähner, A., & Hummel, T. (2011). Background sound modulates the performance of odor discrimination task. *Experimental Brain Research*, 212(2), 305–314. <http://doi.org/10.1007/s00221-011-2729-5>

Seo, H.-S., Hähner, A., Gudziol, V., Scheibe, M., & Hummel, T. (2012). Influence of background noise on the performance in the odor sensitivity task: effects of noise type and extraversion. *Experimental Brain Research*, 222(1-2), 89–97. <http://doi.org/10.1007/s00221-012-3222-5>

Shimojo, S., & Shams, L. (2001). Sensory modalities are not separate modalities: plasticity and interactions. *Current Opinion in Neurobiology*, 11(4), 505–509. [http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4388\(00\)00241-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4388(00)00241-5)

Shusterman, D. (2001). Odor-associated health complaints: competing explanatory models. *Chemical Senses*, 26(3), 339–343. <http://dx.doi.org/10.1093/chemse/26.3.339>

Shusterman, D., Lipscomb, J., Neutra, R., & Satin, K. (1991). Symptom prevalence and odor-worry interaction near hazardous waste sites. *Environmental Health Perspectives*, 94, 25–30. <https://doi.org/10.1289/ehp.94-1567940>

Sinding, C., Valadier, F., Al-Hassani, V., Feron, G., Tromelin, A., Kontaris, I., & Hummel, T. (2017). New determinants of olfactory habituation. *Nature Publishing Group*, 7(1), 1–11. <http://doi.org/10.1038/srep41047>

Singaporean buses lure passengers with signature scent (2017, 08 mars). *BBC*. <https://www.bbc.com/news/av/world-asia-39191465/singaporean-buses-lure-passengers-with-signature-scent>

Slovic, P., Layman, M., Kraus, N., Flynn, J., Chalmers, J., & Gesell, G. (1991). Perceived risk, stigma, and potential economic impacts of a high-level nuclear waste repository in Nevada. *Risk Analysis*, 11(4), 683–696. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1991.tb00658.x>

Smeets, M. A. M., & Dalton, P. H. (2005). Evaluating the human response to chemicals: odor, irritation and non-sensory factors. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 19(3), 581–588. <http://doi.org/10.1016/j.etap.2004.12.023>

Spangenberg, E. R., Crowley, A. E., & Henderson, P. W. (1996). Improving the Store Environment: Do Olfactory Cues Affect Evaluations and Behaviors? *Journal of Marketing*, 60(2), 67. <http://doi.org/10.2307/1251931>

Spangenberg, E. R., Grohmann, B., & Sprott, D. E. (2005). It's beginning to smell (and sound) a lot like Christmas: the interactive effects of ambient scent and music in a retail setting. *Journal of Business Research*, 58(11), 1583–1589. <http://doi.org/10.1016/j.jbusres.2004.09.005>

Spence, C. (2007). Audiovisual multisensory integration. *Acoustical Science and Technology*, 28(2), 61–70. <http://doi.org/10.1250/ast.28.61>

Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(4), 971–995. <http://doi.org/10.3758/s13414-010-0073-7>

Spence, C., & Frings, C. (2019). Multisensory feature integration in (and out) of the focus of spatial attention, 1–14. <http://doi.org/10.3758/s13414-019-01813-5>

Spence, C., Puccinelli, N. M., Grewal, D., & Roggeveen, A. L. (2014). Store Atmospherics: A Multisensory Perspective. *Psychology & Marketing*, 31(7), 472–488. <http://doi.org/10.1002/mar.20709>

Staes, C. (2018, 06 juin). *Métro rennais. Les «parfums pour aveugles» peinent à convaincre*. Le Télégramme. <https://www.letelegramme.fr/bretagne/metro-rennais-les-parfums-pour-aveugles-peinent-a-convaincre-06-06-2018-11984478.php>

Stein, B. E., Burr, D., Constantinidis, C., Laurienti, P. J., Alex Meredith, M., Perrault, T. J., Jr, et al. (2010). Semantic confusion regarding the development of multisensory integration: a practical solution. *European Journal of Neuroscience*, 31(10), 1713–1720. <http://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2010.07206.x>

Stein, B. E., Stanford, T. R., & Rowland, B. A. (2020). Multisensory Integration and the Society for Neuroscience: Then and Now. *The Journal of Neuroscience : the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 40(1), 3–11. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0737-19.2019>

Steinemann, A. (2016). Fragranced consumer products: exposures and effects from emissions. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1–6. <http://doi.org/10.1007/s11869-016-0442-z>

Stevenson, R. J. (2010). An initial evaluation of the functions of human olfaction. *Chemical Senses*, 35(1), 3–20. <http://dx.doi.org/10.1093/chemse/bjp083>

Stevenson, R. J., Prescott, J., & Boakes, R. A. (1999). Confusing tastes and smells: how odours can influence the perception of sweet and sour tastes. *Chemical Senses*, 24(6), 627–635. <https://doi.org/10.1093/chemse/24.6.627>

STIF. (2014). *Etude de la perception du confort et de l'image des modes dans les transports collectifs en Ile-de-France* (pp. 1–53).

Sutrop, U. (2001). List task and a cognitive salience index. *Field Methods*, 13(3), 263–276. <http://dx.doi.org/10.1177/1525822X0101300303>

Talsma, D. (2015). Predictive coding and multisensory integration: an attentional account of the multisensory mind. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 09(727), 257–13. <http://doi.org/10.3389/fnint.2015.00019>

Teder-Sälejärvi, W. A., Russo, F. D., McDonald, J. J., & Hillyard, S. A. (2005). Effects of spatial congruity on audio-visual multimodal integration. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(9), 1396–1409. <http://dx.doi.org/10.1162/0898929054985383>

Teller, C., & Dennis, C. (2012). The effect of ambient scent on consumers' perception, emotions and behaviour: A critical review. *Journal of Marketing Management*, 28(1-2), 14–36. <http://doi.org/10.1080/0267257X.2011.560719>

The jamovi project (2019). jamovi. (Version 1.1) [Computer Software]. <https://www.jamovi.org>.

Thébault, G. (2019, 2 mai). *Influence des sensations corporelles dans l'anticipation de l'action*.

Thomas-Danguin, T., Barba, C., Salles, C., & Guichard, E. (2017). Perception of mixtures of odorants and tastants: sensory and analytical points of view. *Flavour: From Food to Perception ; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA*, 319–340. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118929384.ch14>

Thomson, R. (2012, 27 juin). *Metro cars smell like old, damp carpet*. The Washington Post. https://www.washingtonpost.com/local/trafficandcommuting/metro-cars-smell-like-old-damp-carpet/2012/06/25/gJQA11Mr6V_story.html?utm_term=.0fbb116c71dc

Tirachini, A., Hensher, D. A., & Rose, J. M. (2013). Crowding in public transport systems: Effects on users, operation and implications for the estimation of demand. *Transportation Research Part a: Policy and Practice*, 53, 36–52. <http://doi.org/10.1016/j.tra.2013.06.005>

Tower Transit signature scent (2017, 27 mars). *Tower Transit*. <https://towertransit.sg/news/tower-transit-signature-scent/>

Transports : le métro parisien suffoque (2019, 12 novembre). *Lepoint.fr*. https://www.lepoint.fr/societe/transports-le-metro-parisien-suffoque-12-11-2019-2346564_23.php

Trim, L. (2019, 16 mars). *How a bid to make the Tube smell nice just made everyone feel sick*. My London. <https://www.mylondon.news/news/nostalgia/how-bid-make-tube-smell-15976598>

Turley, L. W., & Milliman, R. E. (2000). Atmospheric effects on shopping behavior: a review of the experimental evidence. *Journal of Business Research*, 49(2), 193–211. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(99\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(99)00010-7)

Va, J. (2017, 04 janvier) *On vous répond « D'où vient le « parfum du métro ? »*. Le Parisien. <http://www.leparisien.fr/info-paris-ile-de-france-oise/transports/on-vous-repond-d-ou-vient-le-parfum-du-metro-04-01-2017-6525114.php>

van Lier, B. (2015, 21 avril). *Mandarin and leather make you feel safer*. <https://www.whatdesigncando.com/stories/mandarin-and-leather-make-you-feel-safer/>

van Lierop, D., Badami, M. G., & El-Geneidy, A. M. (2018). What influences satisfaction and loyalty in public transport? A review of the literature. *Transport Reviews*, 38(1), 52–72. <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2017.1298683>

Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit: sciences cognitives et expérience humaine*.

Velasco, C., Adams, C., Petit, O., & Spence, C. (2019). On the localization of tastes and tasty products in 2D space. *Food Quality and Preference*, 71, 438–446. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.08.018>

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(C), 151–158. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.11.010>

Versace, R., Vallet, G. T., Riou, B., Lesourd, M., Labeye, É., & Brunel, L. (2014). Act-In: An integrated view of memory mechanisms. *Journal of Cognitive Psychology*, 26(3), 280–306. <http://doi.org/10.1080/20445911.2014.892113>

Viriet, L. (2018, 29 mars). *Rennes. Le métro se parfume pour guider les non-voyants*. Ouest France. <https://www.ouest-france.fr/bretagne/rennes-35000/rennes-le-metro-se-parfume-pour-guider-les-non-voyants-5655041>

Wallace, M. T., Meredith, M. A., & Stein, B. E. (1992). Integration of multiple sensory modalities in cat cortex. *Experimental Brain Research*, 91(3), 484–488. <https://doi.org/10.1007/bf00227844>

Wang, B., & Zacharias, J. (2020). Noise, odor and passenger density in perceived crowding in public transport. *Transportation Research Part a: Policy and Practice*, 135, 215–223. <http://doi.org/10.1016/j.tra.2020.03.013>

Wang, J., Eslinger, P. J., Smith, M. B., & Yang, Q. X. (2005). Functional magnetic resonance imaging study of human olfaction and normal aging. *The Journals of Gerontology Series a: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(4), 510–514. <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/60.4.510>

Wang, Q. J., Wang, S., & Spence, C. (2016). “Turn Up the Taste”: Assessing the Role of Taste Intensity and Emotion in Mediating Crossmodal Correspondences between Basic Tastes and Pitch. *Chemical Senses*, 41(4), 345–356. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjw007>

Webster, R. K., Weinman, J., & Rubin, G. J. (2016). A systematic review of factors that contribute to nocebo effects. *Health Psychology*, 35(12), 1334–1355. <http://doi.org/10.1037/hea0000416>

Wesson, D. W., & Wilson, D. A. (2010). Smelling sounds: olfactory-auditory sensory convergence in the olfactory tubercle. *The Journal of Neuroscience : the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 30(8), 3013–3021. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.6003-09.2010>

Wesson, D. W., & Wilson, D. A. (2011). Sniffing out the contributions of the olfactory tubercle to the sense of smell: Hedonics, sensory integration, and more? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(3), 655–668. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.08.004>

Weyel, V. (2011, 28 mai). *Je neus achterna*. NRC. <https://www.nrc.nl/nieuws/2011/05/28/je-neus-achterna-12018017-a1091082>

Whittlesea, B. W. A. (1997). Production, Evaluation, and Preservation of Experiences: Constructive Processing in Remembering and Performance Tasks. *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 37, pp. 211–264). Elsevier. [http://doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60503-4](http://doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60503-4)

Whittlesea, B. W. A. (2002). Two routes to remembering (and another to remembering not). *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(3), 325–348. <http://doi.org/10.1037//0096-3445.131.3.325>

Whittlesea, B. W. A. (2004). The Perception of Integrality: Remembering Through the Validation of Expectation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(4), 891–908. <http://doi.org/10.1037/0278-7393.30.4.891>

Wilkins, K., Wolkoff, P., Knudsen, H. N., & Clausen, P. A. (2007). The impact of information on perceived air quality - “organic” vs. “synthetic” building materials. *Indoor Air*, 17(2), 130–134. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0668.2006.00462.x>

Zajonc, R. B. (1984). On the primacy of affect. *American Psychologist*, 39(2), 117–123. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.39.2.117>

Zellner, D. A., Bartoli, A. M., & Eckard, R. (1991). Influence of Color on Odor Identification and Liking Ratings. *The American Journal of Psychology*, 104(4), 547. <http://doi.org/10.2307/1422940>

Zmigrod, S., & Hommel, B. (2009). Auditory event files: Integrating auditory perception and action planning. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 71(2), 352–362. <http://doi.org/10.3758/APP.71.2.352>

Zmigrod, S., & Hommel, B. (2013). Feature integration across multimodal perception and action: a review. *Multisensory Research*, 26(1-2), 143–157. <http://doi.org/10.1163/22134808-00002390>

Zmigrod, S., Spapé, M., & Hommel, B. (2008). Intermodal event files: integrating features across vision, audition, tactition, and action. *Psychological Research Psychologische Forschung*, 73(5), 674–684. <http://doi.org/10.1007/s00426-008-0163-5>