

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

DIFFÉRENCES CULTURELLES EN RECONNAISSANCE DE VISAGES :
QUELS SONT LES MÉCANISMES ET FACTEURS IMPLIQUÉS ?

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
AMANDA ESTÉPHAN

FÉVRIER 2022

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

D'abord et avant tout, je suis d'une reconnaissance infinie envers ma directrice de thèse Caroline Blais (et professeur Daniel Fiset) pour avoir cru en moi, même lorsque moi-même je n'y croyais plus. Merci à vous de m'avoir, en premier lieu, donné cette chance de réaliser mon potentiel. Votre confiance en moi et vos encouragements m'ont été très précieux. Il est clair que nous pouvons toujours compter sur votre appui dans les moments de doute. Merci aussi pour les opportunités inestimables, les multiples congrès et collaborations qui ont grandement enrichi mon parcours académique. Merci beaucoup, Caroline, de m'avoir fait confiance et offert l'opportunité de séjourner en Chine pour 3 mois, sans quoi cette thèse n'aurait pas été possible! Finalement, merci Caroline et Daniel d'être si chaleureux, encadrant et drôles; merci d'être si humains.

Je tiens aussi à exprimer ma sincère reconnaissance envers les collègues les plus cools de l'humanité! Peut-être que l'aspect le plus triste de cette histoire de graduation est la crainte de ne jamais retrouver des compagnons de travail aussi merveilleux, motivés, drôles et chaleureux que vous. Parmi tant d'autres, les souvenirs cocasses et loufoques de congrès en votre compagnie seront à jamais gravés dans ma mémoire. Il en est de même pour nos discussions infinies de cadre de porte! Votre présence a définitivement rendu ce cheminement académique long et tortueux beaucoup plus supportable. Merci !

Merci aussi à mes parents qui m'ont constamment supporté, pour le mieux et pour le pire, à travers les rires et les doutes. C'était long, je sais! Maintenant c'est fini, je suis finalement devenue une adulte. Merci d'avoir été le berceau de mes rêves et de mes chagrins; de m'avoir toujours accueillie les bras ouverts dans les moments les plus difficiles. Merci pour votre amour inconditionnel.

Un grand merci à mes deux meilleures amies, Josiève et Geneviève, d'être restées à mes côtés, malgré ma descente progressive dans l'ermitage académique. Merci d'avoir su me garder dans la réalité et humble. Merci aussi pour toutes les belles discussions qui ont toujours su me rappeler les choses importantes qui résident en dehors du monde académique. J'aime l'équilibre que vous apporter à ma vie. Josiève et Geneviève, merci de m'avoir écouté et d'avoir partagé avec moi vos riches et merveilleux mondes. Merci aussi à Jessica (aka Happy) - et Mathieu - de m'avoir hébergée à bras ouvert avec tous mes bagages! Merci aussi à Jessica pour les expériences que nous avons partagées au cours de notre bacc et les belles discussions qui se sont poursuivies jusqu'aux dernières années de Ph. D.

J'aimerais tout spécialement remercier mon bon ami, Simon, de m'avoir initié aux joies et passions de la programmation... avant même que je ne découvre sa place cruciale dans mon cheminement académique. Ton aide fut précieuse! Je remercie tendrement David-Olivier d'avoir si précieusement contribué à mon développement intellectuel, émotionnel et spirituel, à mon devenir en tant que personne. Merci pour ton aide et ton soutien durant toutes ces nuits d'insomnie; merci d'être passé dans ma vie.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance la plus profonde à l'homme de ma vie, le berceau de mes nuits et le rayonnant soleil de mes jours, Alexandre (aka boubou). Simplement, je ne sais pas ce que je ferais sans toi. Tu es, sans aucun doute, ma plus grande source d'inspiration, tant sur le plan intellectuel que personnel. Ton amour et support sans limite me mettent les larmes aux yeux. Tu as toujours su accueillir mes émotions et mes besoins avec un amour profond et une ouverture sans frontières. Merci d'enflammer ma vie, avec nos escapades en voiture, nos voyages au bout du monde, nos longues marches et discussions, nos folies, nos fous rires. Tu éveilles à la fois l'enfant en moi, l'émerveillement, la sagesse spirituelle, et la curiosité intellectuelle. Le destin nous réunit et l'amour berce notre destinée. Merci de m'aimer comme je suis et comme je deviens... comme je t'aime. Je nous aime.

Finalement, merci à mon minou, Hina (aka moumou)! Ma fidèle boule de poile. Tannante et aimante. Petite curieuse et grande paresseuse. Mon compagnon de sofa. Ma raison de perdre la raison. Mon anti-stress et mon réveille-matin. (^._.^)

DÉDICACE

À celui qui me permet de devenir qui je suis
Qui porte mes rêves et m'apporte le jour
Qui porte mes larmes et me fait rêver
Dans l'éternel, nous devenons ensemble

À tous mes amours et mes amitiés
Vous m'avez donné naissance et apparence
Munie de vos ailes, j'embrasse la cadence
Munie de vos coeurs, j'affectionne l'innocence

À tous les esprits curieux et amoureux
Ne perdez jamais ce fabuleux feu
Cultivez cette lumière céleste
Qui brille dans vos yeux

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	xii
LISTE DES FIGURES.....	xiii
LISTE DES TABLEAUX.....	xviii
RÉSUMÉ.....	xx
ABSTRACT.....	xxii
CHAPITRE I INTRODUCTION.....	1
1.1. Préambule.....	1
1.2. Mécanismes visuels.....	3
1.3. Environnement culturel.....	6
1.4. Diversité et attention visuelle.....	9
1.5. Origine des différences perceptives - Théories principales.....	16
1.6. Diversité et traitement des visages.....	19
1.7. Attention visuelle et fréquences spatiales.....	24
1.8. Problématique.....	27
1.8.1. Précocité des mécanismes impliqués.....	28
1.8.2. L'hypothèse de l'orientation sociale.....	28
1.8.3. Facteurs biologiques et différences culturelles.....	33
1.9. Objectifs.....	35
1.9.1. Méthodologie générale privilégiée.....	35
1.9.2. Décours temporel de l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance faciale.....	36
1.9.2.1. Question de recherche et hypothèses.....	36
1.9.3. Hypothèse de l'orientation sociale et reconnaissance de visages	37
1.9.3.1. Question de recherche et hypothèses.....	38
1.9.4. Myopie et différences culturelles en attention visuelle.....	39
1.9.4.1. Question de recherche et hypothèses.....	39
CHAPITRE II ARTICLE 1.....	41
RÉSUMÉ EN FRANÇAIS.....	42
ABSTRACT.....	43

TIME COURSE OF CULTURAL DIFFERENCES IN SPATIAL FREQUENCY USE FOR FACE IDENTIFICATION.....	44
2.1. Introduction.....	44
2.2. Methods.....	52
2.2.1. Participants.....	52
2.2.2. Material and stimuli.....	53
2.2.3. Procedure.....	58
2.2.4. Classification image computation.....	60
2.3. Results.....	61
2.3.1. Behavioral performance.....	61
2.3.2. Spatial frequencies x time classification images.....	64
2.3.3. Spatial frequency tuning across time.....	68
2.3.4. Analyses with accuracy as factor.....	70
2.4. Discussion.....	71
2.4.1. Earliness of cultural differences.....	72
2.4.2. Time course of cultural differences.....	74
2.4.4. Other-race effect.....	76
2.5. Conclusion.....	77
SUPPLEMENTARY MATERIALS.....	78
2.S.1. Ideal Observer analyses.....	78
2.S.1.1. Material and stimuli.....	78
2.S.1.2. Procedure.....	79
2.S.1.3. Analyses and results.....	79
2.S.1.3.1. Method's sensitivity to a temporal change in the diagnostic SF information.....	80
2.S.1.3.2. Modulation of resolution as a function of the specific SF sampled.....	81
2.S.2. Classification image analysis with participants' accuracy as factor (results).....	83
2.S.3. Bootstrap analysis of cultural differences in group classification images (results).....	83
CHAPITRE III ARTICLE 2.....	87
RÉSUMÉ EN FRANÇAIS.....	88
ABSTRACT.....	89
SOCIAL ORIENTATION DOES NOT ACCOUNT FOR CULTURAL DIFFERENCES IN FACE RECOGNITION.....	90
3.1. Introduction.....	90
3.2. Method.....	94

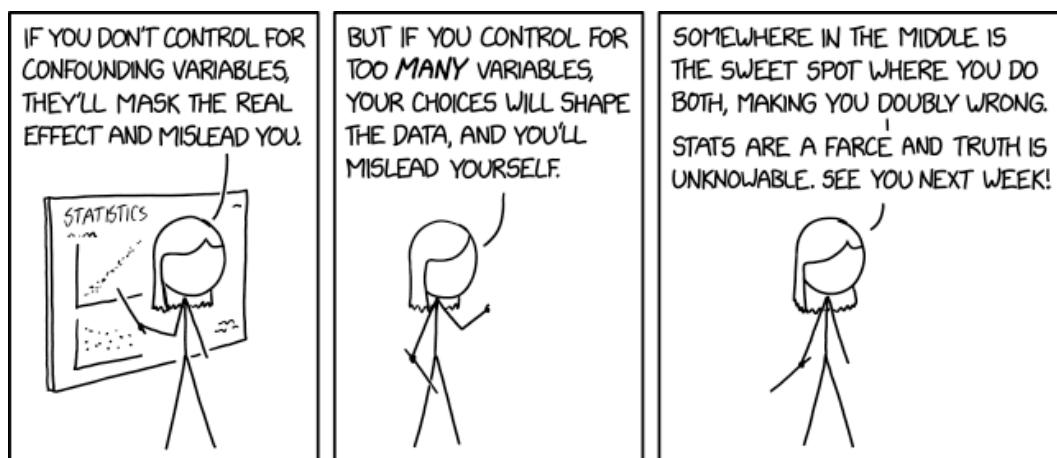
3.2.1. General requirements.....	94
3.2.2. Experiment 1.....	95
3.2.2.1. Hypothesis.....	95
3.2.2.2. Participants.....	95
3.2.2.3. Material and stimuli.....	96
3.2.2.4. Eye-tracking apparatus.....	96
3.2.2.5. Protocol.....	97
3.2.3. Analyses.....	99
3.2.3.1. Eye-movements.....	99
3.2.4. Results.....	101
3.2.4.1. Culture, social orientation priming, and eye-movements	101
3.2.4.2. Discussion.....	104
3.2.5. Experiment 2.....	105
3.2.5.1. Hypothesis.....	105
3.2.5.2. Participants.....	105
3.2.5.3. Material and stimuli.....	106
3.2.5.4. Eye-tracking apparatus.....	106
3.2.5.5. Protocol.....	107
3.2.6. Analyses.....	107
3.2.6.1. Questionnaires.....	107
3.2.6.2. Eye-movements.....	108
3.2.7. Results.....	109
3.2.7.1. Questionnaires.....	109
3.2.7.2. Culture and eye-movements.....	111
3.2.7.3. Social values and eye-movements.....	113
3.2.7.4. Discussion.....	116
3.3. General discussion.....	120
3.3.1. Cultural differences.....	121
3.3.2. Social orientation.....	122
3.3.3. Are Chinese participants really more individualistic?.....	122
3.3.4. Individual differences.....	123
3.3.5. Measurement limitations.....	124
3.4. Conclusion and future directions.....	127
CHAPITRE IV ARTICLE 3.....	128
RÉSUMÉ EN FRANÇAIS.....	129
ABSTRACT.....	129

MYOPIA CHANGES PERCEPTUAL STRATEGIES FOR FACE AND PATTERN RECOGNITION.....	131
4.1 Introduction.....	131
4.2. Method.....	135
4.2.1. General requirements.....	135
4.2.2. Experiment 1: Myopia and perceptual bias with non-social stimuli.....	136
4.2.2.1. Hypothesis.....	136
4.2.2.2. Participants.....	136
4.2.2.3. Material and stimuli.....	136
4.2.2.4. Protocol.....	137
4.2.2.5. Analyses.....	138
4.2.2.6. Results and discussion.....	138
4.2.3. Experiment 2: Myopia and eye-movements for face recognition	140
4.2.3.1. Hypothesis.....	140
4.2.3.2. Participants.....	140
4.2.3.3. Material and stimuli.....	140
4.2.3.4. Eye-tracking apparatus.....	141
4.2.3.5. Protocol.....	142
4.2.3.6. Analyses.....	143
4.2.4. Experiment 3: Myopia and spatial frequency tuning for face recognition.....	147
4.2.4.1. Hypothesis.....	147
4.2.4.2. Participants.....	147
4.2.4.3. Material and stimuli.....	147
4.2.4.4. Protocol.....	150
4.2.4.5. Analyses.....	151
4.2.4.6. Results and discussion.....	152
4.3. General discussion.....	153
4.3.1. Myopia does not explain cultural differences.....	153
4.3.2. Double rainbow: what does this mean?.....	155
4.3.3. Conclusion.....	158
CHAPITRE V DISCUSSION GÉNÉRALE.....	160
5.1. Retour sur les objectifs.....	160
5.2. Retour sur les études.....	160
5.2.1. Culture et fréquences spatiales en reconnaissance faciale.....	161
5.2.2. Reconnaissance de visages et facteurs socioculturels.....	164

5.2.3. Perception visuelle et myopie.....	170
5.3. Intégration et contribution des résultats.....	175
5.4. Limites et recherches futures.....	177
5.4.1. Mécanismes impliqués.....	177
5.4.2. Facteurs culturels, sociaux et individuels.....	182
5.5. Conclusion.....	186
ANNEXE A.....	188
ANNEXE B.....	190
ANNEXE C.....	192
RÉFÉRENCES.....	202

AVANT-PROPOS

Le texte du Chapitre II, Article 1, est une reproduction de l'article « *Time Course of Cultural Differences in Spatial Frequency Use for Face Identification* » (publié en 2018 dans *Scientific Reports*, doi : [10.1038/s41598-018-19971-1](https://doi.org/10.1038/s41598-018-19971-1)) dont je suis la première autrice. Le texte du Chapitre III, Article 2, est une reproduction de l'article « *Social Orientation Does Not Account For Cultural Differences in Face Recognition* » (en préparation) dont je suis la première autrice. Le texte du Chapitre IV, Article 3, est une reproduction de l'article « *Myopia changes perceptual strategies for face and pattern recognition* » (en préparation) dont je suis la première autrice. Je tiens à souligner la contribution précieuse de ma grande équipe de recherche à la réalisation de ce travail d'envergure. Merci à Camille Saumure, Marie-Pier Plouffe-Demers, Carine Charbonneau, Jessica Limoge, Virginie Leblanc (Université du Québec en Outaouais) pour votre aide avec la collecte de données au Québec; merci à Ye Zhang, Dan Sun, Canhuang Luo (Hangzhou Normal University) et He Lingnan (Sun Yat-Sen University) pour votre aide avec la collecte de données en Chine; finalement, merci à Roberto Caldara et Meike Ramon (Université de Fribourg) pour votre aide avec la collecte de données en Suisse et la révision d'articles.



Note. Auteur : Randall Patrick Munroe (<https://xkcd.com/2560/>; licence: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/>)

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1. Représentations visuelles de variations cycliques de luminance de a) basses fréquences spatiales et b) hautes fréquences spatiales. L'image en c) représente un visage en basses fréquences spatiales et l'image en d) représente un visage en hautes fréquences spatiales.....	5
1.2. Exemple de la tâche “Rod-and-Frame”. L'image de gauche représente ce que le participant ou la participante voit durant la tâche; l'image de droite représente le mécanisme pour faire pivoter la barre et le cadre de manière indépendante. Image originale créée par ThsTorturedSoul, consultée via https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Example_of_Perceived_Vertical.jpg et partagée sous la license Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.....	10
1.3. Exemple du test “Framed-line” employé dans l'étude de Kitayama et al., 2003. Image tirée de l'article de Kitayama et al., 2003, avec la permission de SAGE Publications (voir Annexe B).....	11
1.4. Exemples d'essais présentés aux participants pour la tâche de Navon. Image tirée de McKone et al., 2010, avec la permission de Elsevier (voir Annexe C).....	13
1.5. Biais de fixations pour les individus occidentaux en rouge (WC) et pour les individus asiatiques de l'Est en bleu (EA). Les biais de fixations sont calculés en soustrayant les patrons de fixations des Asiatiques de l'Est de ceux des Occidentaux. Les régions significatives sont délimitées par des bordures blanches. Image tirée	

de Blais et al. (2008), accessible sous la licence Creative Commons Attribution. (voir https://journals.plos.org/plosone/s/licenses-and-copyright).....	20
1.6. La courbe grise et la courbe noire représentent à quel point chaque fréquence spatiale (axe des x; en nombre de cycles par visage) est utilisée systématiquement (scores t) par les personnes chinoises et canadiennes. La courbe rouge représente la différence entre les personnes chinoises et canadiennes. Les deux lignes horizontales indiquent les seuils de significativité pour un test-t bilatéral ($p < 0.025$). Image tirée de Tardif et al. (2017), conformément à la politique des droits d'auteur ou autrice du American Psychological Association (voir https://www.apa.org/about/contact/copyright/#not-required).....	26
2.1. Example of a sequence of the SFs sampled across time, with the resulting image, for one trial. In order to save space, only a subset of the 18 frames were selected for display.....	52
2.2. Example of the creation of one stimulus with the temporal SF filtering method.....	57
2.3. Classification images illustrating Canadian and Chinese observers' significant use of spatial frequencies across time, for Western Caucasian faces, East Asian faces and both face ethnicities combined. Group differences (i.e. Canadian observers - Chinese observers) are marked for each group and stimulus category: red edges delineate significant SF use biases for each cultural group.....	65
2.4. Canadian and Chinese observers' SF tuning peaks (group average), for Western Caucasian and East Asian faces respectively.....	69

2.S1. Illustration of the four possible target spatial frequency gabor sequences (a to d) and their corresponding classification images (e to h) representing the spatial frequency filters useful for correct sequence matching.....	80
2.S2. Illustration of the classification curves, representing the spatial frequency filters useful for correct grating matching, for spatial frequencies from 20 to 25.....	82
2.S3. Classification images illustrating Canadian and Chinese observers' significant use of spatial frequencies across time, for Caucasian faces, Asian faces and both face ethnicities combined. Results obtained from subgroups of 12 Canadian and 12 Chinese participants, matched according to accuracy rate. Group differences (i.e. Canadian observers - Chinese observers) are marked for each group and stimulus category: red edges delineate significant SF use biases for each cultural group.....	83
2.S4. Classification images illustrating Canadian and Chinese observers' significant use of spatial frequencies across time, for Caucasian faces, Asian faces and both face ethnicities combined. Results obtained from 1000 bootstrap resamples. Group differences (i.e. Canadian observers - Chinese observers) are marked for each cultural group and stimulus category: red edges delineate cultural SF use biases that were revealed for 95% of subsamples.....	85
3.1. Old/New face recognition experimental design and examples of stimuli: a) learning period (sequence of 14 faces per block; presentation time of 5 seconds per face); b) recognition period (sequence of 28 faces -- 14 new -- per block; presentation until response).....	99

3.2. Average face stimulus with ROI corresponding to eyes (red), nose (blue), mouth (yellow), and rest of face (green).....	101
3.3. First column illustrates Swiss participants' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates Chinese participants' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; third column illustrates Swiss (yellow) and Chinese (blue) fixation biases for learning and recognition periods respectively (no significant cultural differences were revealed by iMap4). The term "fixation bias" refers to fixation locations that are associated more with one group compared to the other.....	102
3.4. First column illustrates the "I" personal pronoun priming group's average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates the "We" personal pronoun priming group's average fixation maps for learning and recognition periods respectively; third column illustrates the "I" priming group (yellow) and "We" priming group (blue) fixation biases for learning and recognition periods respectively (no significant priming group differences revealed by iMap4).....	103
3.5. a) Z-score distributions for Canadian and Chinese participants on IND/COL general dimensions and subdimensions of AICS; b) Z-score distributions for Canadian and Chinese participants on IND/COL general dimensions and subdimensions of HVICS; Error bars represent standard deviations.....	110
3.6. First column illustrates Canadian participants' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates Chinese participants' average fixation maps for learning	

and recognition periods respectively; third column illustrates Canadian (yellow) and Chinese (blue) fixation biases for learning and recognition periods respectively (significant cultural differences revealed by iMap4 are delineated in black).....	112
4.1. Examples of stimuli in the Navon task: a) Stimuli with the target letter "E" at the global (left) or local (right) level; b) Stimuli with no target letter.....	138
4.2. Group distributions of global/local biases for a) reaction times (in milliseconds; ms) and b) accuracy (in percentage; %). Global/local biases are obtained by subtracting the average reaction time or accuracy of local trials from that of global trials (i.e. global - local). For reaction times, a negative value indicates a global bias, meaning shorter reaction times for global trials. For accuracy, a positive value indicates a global bias, meaning higher accuracy for global trials.....	139
4.3. Old/New experimental design and examples of stimuli: a) learning period (sequence of 14 faces per block; presentation time of 5 seconds per face); b) recognition period (sequence of 28 faces -- 14 new -- per block; presentation until response).....	143
4.4. Average face stimulus with ROI corresponding to eyes (red), nose (blue), mouth (yellow), and rest of face (green).....	144
4.5. First column illustrates emmetropes' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates myopes' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; third column illustrates emmetropes' (yellow) and myopes' (blue) relative fixation biases for learning and recognition periods respectively.....	145

4.6. Example of stimulus creation with the SF Bubbles method.....	149
4.7. Images of the 8 learned White European identities.....	150
4.8. Design of a single trial with a filtered image.....	151
4.9. Average SF tuning curves for myopes (black) and emmetropes (gray). Group difference in dotted red and pixel test significance threshold in dotted black.....	153

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
3.1. Mean difference of fixation percentage for each ROI between Swiss and Chinese participants (Swiss – Chinese), during learning and recognition periods respectively.....	103
3.2. Mean difference of fixation percentage for each ROI between Individualist Priming Condition (I) and Collectivist Priming Condition (We) (I – We), during learning and recognition periods	104
3.3. Mean difference of fixation percentage for each ROI between Canadian and Chinese participants (Canadian – Chinese), during learning and recognition periods respectively.....	113
3.4. Skipped correlations (r) between ROI and AICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for learning periods (n = 112). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction.....	117
3.5. Skipped correlations (r) between ROI and AICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for recognition periods (n = 111). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction.....	118
3.6. Skipped correlations (r) between ROI and HVICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for learning periods (n = 92). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction.....	119

3.7. Skipped correlations (r) between ROI and HVICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for recognition periods ($n = 91$). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction.....	120
4.1. Average fixation percentages for each ROI and each group. Standard deviations are in parenthesis. The third column lists the fixation percentage differences between emmetropes and myopes (emmetropes – myopes) for learning and recognition periods respectively.....	146

RÉSUMÉ

Il a été démontré que la culture influence une multitude de processus visuels, à différents degrés variant d'un lien intime à l'absence de lien observable. De telle manière, l'hétérogénéité des résultats obtenus au fil d'études portant sur ce sujet souligne la complexité de l'interaction entre la culture et le système visuel; en outre, les phénomènes concernés demeurent à ce jour mal compris. C'est dans un tel contexte que ce projet de recherche a été formulé, s'appuyant sur des travaux antérieurs ayant dévoilé l'existence de différences entre des Asiatiques et des Occidentaux quant aux mouvements oculaires effectués au cours des tâches de reconnaissance de visages : comparativement aux Occidentaux, les Asiatiques déploient leur attention sur une portion plus large de leur champ visuel. L'hypothèse dominante est que ces différences culturelles seraient façonnées par l'orientation sociale (individualiste ou collectiviste) de ces cultures respectives. Cependant, les mécanismes et facteurs en jeu sont soumis à débat. D'une part, d'autres chercheurs n'ont observé aucune différence culturelle du même ordre durant les premières fixations, pourtant considérées cruciales pour la reconnaissance faciale. D'autre part, le lien entre l'orientation sociale et la perception a été remis en doute pour la reconnaissance de visage. De plus, des études récentes ont mis en lumière des particularités individuelles, affaiblissant ipso facto les catégories culturelles caractérisant précédemment les différences perceptives observées.

En vue de mieux comprendre les mécanismes et facteurs impliqués dans ces différences interculturelles, trois expériences ont été conçues dans le cadre de la présente thèse. Premièrement, les mouvements oculaires demeurent une mesure inexacte de l'attention, et ainsi de l'information extraite par le système visuel. La présente thèse propose de mesurer, de manière directe, le type d'information utilisé par les Asiatiques et les Occidentaux pour reconnaître un visage, ainsi que la chronologie de cette utilisation (expérience 1). Deuxièmement, compte tenu des variations individuelles soulevées dans la littérature scientifique, cette thèse tentera de déconstruire le concept de "culture", en examinant, d'une part, si les différences culturelles peuvent être expliquées par l'exposition à des systèmes de valeurs socioculturelles (expérience 2), et d'autre part, si elles peuvent être expliquées par des prévalences différentes de myopie chez les Asiatiques et les Occidentaux (expérience 3).

Les résultats de l'expérience 1 révèlent que les Asiatiques utilisent de l'information visuelle de plus basse résolution que les Occidentaux, ce qui est cohérent avec un déploiement plus large de l'attention visuelle. Ces différences surgissent très tôt et précèdent les mouvements oculaires. Les résultats de l'expérience 2 suggèrent que le lien entre les valeurs sociales et les mouvements oculaires en reconnaissance de visages est complexe et ne peut pas expliquer les différences interculturelles. Finalement, les résultats de l'expérience 3

suggèrent que la myopie n'informe pas les différences culturelles; les données vont même dans le sens contraire de l'hypothèse initiale.

Ensemble, les résultats de la présente thèse permettent d'approfondir les connaissances actuelles sur les mécanismes en jeu dans les différences culturelles en reconnaissance de visages. Néanmoins, la quête pour dénouer l'effet de la culture sur le système visuel reste inachevée. D'autres facteurs ainsi que des populations d'autant plus variées devront être étudiés pour arriver à tisser une image plus claire du rôle de l'environnement dans le développement perceptif.

Mots clés : perception, reconnaissance de visages, culture, fréquences spatiales, myopie, orientation sociale

ABSTRACT

Title: Cultural differences in face recognition: what are the mechanisms and factors involved?

Culture shapes visual processes in many ways and to varying degrees, spanning from seemingly deep rooted effects to no observable effect. This diverse array of results reflects the complexity of culture's influence on the visual system. To this day, why and how culture affects vision remains ill-understood. The present thesis aims to uncover some of the mechanisms and factors that potentially underlie these cultural differences. Notably, the present work explores the possible causes and ramifications of the frequently observed differences between Easterners and Westerners in eye movements during face recognition. That is, Easterners tend to deploy their visual attention more broadly than Westerners when processing a face. The dominant hypothesis to explain these cultural differences posits that they might be linked to Easterners being more collectivistic and Westerners more individualistic (the social orientation hypothesis). However, the precise mechanisms and factors involved are still a matter of debate.

On the one hand, some researchers have failed to find similar cultural differences during initial fixations, which are considered to be crucial for face recognition. On the other hand, the link between social orientation and face perception strategies is still under debate. In addition, recent studies have found individual differences that blur cultural categories relative to face recognition strategies.

In order to better understand the mechanisms and factors involved in these cultural differences, three experiments have been formulated here. Firstly, eye movements are an inaccurate measure of visual attention and information use. The present thesis proposes to directly measure the type of information used by Easterners and Westerners, and the time course of these cultural differences in face recognition (experiment 1). The second aim of the present thesis is to tease out possible explanations for the existing cultural differences in eye movements during face recognition. To begin, the social orientation hypothesis will be explored (experiment 2); then, the prevalence difference of myopia between Easterners and Westerners will be explored as a potential biological explanation (experiment 3).

Results of experiment 1 reveal that Easterners use lower resolution information than Westerners, a finding that fits with broader attention distribution. Crucially, this cultural difference appears very early and precedes eye-movements. Results of experiment 2 suggest that the link between social values and eye-movements is complex and cannot explain cultural differences. Finally,

results of experiment 3 suggest that myopia cannot explain cultural differences either, and might even interfere with them.

Together, the results of the present thesis shed some light on the mechanisms involved in cultural differences in face recognition. However, the quest to untangle the effect of culture on the visual system remains unsolved. Other factors as well as more diverse populations should be studied in order to paint a clearer image of how the environment shapes perception.

Keywords: perception, face recognition, culture, spatial frequencies, myopia, social orientation

CHAPITRE I INTRODUCTION

1.1. Préambule

La perception réfère au processus d'organisation, de catégorisation et d'interprétation de l'information sensorielle donnant lieu à la création d'une représentation utile du monde externe (voir, p. ex., Blake & Sekuler, 2006). En ce sens, la perception peut être caractérisée comme un processus inférentiel par lequel les stimuli sensoriels sont associés à une signification. L'idée que la perception visuelle implique la mise en œuvre « d'inférences inconscientes », c'est-à-dire des suppositions automatiques quant à l'apparence attendue d'un stimulus physique, est bien établie (voir, p. ex., Helmholtz, 1886/1962). Ces inférences s'enracinent dans les mémoires et les processus attentionnels de l'individu : les connaissances qu'une personne emmagasine sur le monde sont centrales à sa façon de traiter l'information provenant de stimuli visuels (Palmer, 1975). Ceci étant dit, les procédés d'acquisition de connaissances sur le monde varient d'un contexte de vie à l'autre, de même que les règles implicites qui font partie intégrante du processus d'attribution de sens aux sensations visuelles (voir, p. ex., Segall, Campbell & Herskovits, 1966 ; Nisbett & Miyamoto, 2005). Ces « contextes de vie » peuvent prendre plusieurs formes. Notamment, les règles implicites culturellement apprises, l'exposition à différents environnements visuels et géographiques, ainsi que certains facteurs biologiques, peuvent affecter les représentations visuelles que nous formons du monde.

Il semble donc essentiel de prendre en considération différents contextes afin de comprendre comment l'information en provenance de stimuli visuels est encodée et associée aux réseaux de connaissances collatérales emmagasinées dans le cerveau humain. Néanmoins, les théories formulées concernant les processus

impliqués dans le traitement et la représentation d'information se sont basées, pour des décennies, sur des données empiriques provenant strictement de populations occidentales, éduquées, industrialisées, riches, et démocratiques (Western, educated, industrialized, rich, and democratic (WEIRD); Henrich, Heine & Norenzayan, 2010). Ces théories qui se veulent des modèles de la perception humaine souffrent donc d'une validité externe amoindrie, et ne peuvent pas nécessairement être généralisées à d'autres populations.

En réponse à ce problème d'échantillonnage, les recherches actuelles sur la perception visuelle se sont notamment mises à explorer « l'effet de la culture » sur les mécanismes qui sous-tendent le traitement de stimuli visuels. Autrement dit, plusieurs études récentes ont comparé différentes populations sur des tâches de perception visuelle afin de mieux comprendre comment l'environnement module les habitudes perceptives. En particulier, des études en psychologie interculturelle ont souligné des différences notables dans la façon dont des individus provenant de l'Amérique du Nord / Europe de l'Ouest (Occident) et des individus provenant de l'Asie de l'Est allouent leur attention de part en part du champ visuel (voir, p. ex., Nisbett et al., 2001 ; Masuda et al., 2008 ; Boduroglu et al., 2009 ; McKone et al., 2010). Ces résultats ont révolutionné le champ de recherche de la perception visuelle. Par le fait même, ces études novatrices ont aussi provoqué plusieurs questionnements quant à la validité et implications de leurs conclusions. En effet, les différences perceptives et cognitives soulevées entre les populations occidentales et celles d'Asie de l'Est sont loin d'être homogènes à travers la littérature scientifique. Cette grande variabilité au sein des études dans le domaine de la perception culturelle soulève deux questions particulièrement cruciales à la compréhension des phénomènes à l'étude : quels sont les mécanismes impliqués dans les différences interculturelles en perception visuelle et quels facteurs de l'environnement culturel sont en jeu. Ce sont ces deux grandes questions qui ont donné naissance et qui donneront forme à la présente thèse.

En particulier, le présent travail se concentre sur les différences interculturelles en perception de visages humains, puisque ces derniers détiennent une place importante sur le plan socio-évolutif et culturel, ainsi que dans les relations interpersonnelles quotidiennes. En effet, la perception des visages s'inscrit dans une structure socioculturelle complexe et hérite donc potentiellement d'un bagage culturel riche. De ce fait, il semble raisonnable de croire que les mécanismes de traitement de l'information à la base de ce processus soient potentiellement sujets à l'influence de phénomènes sociaux et culturels.

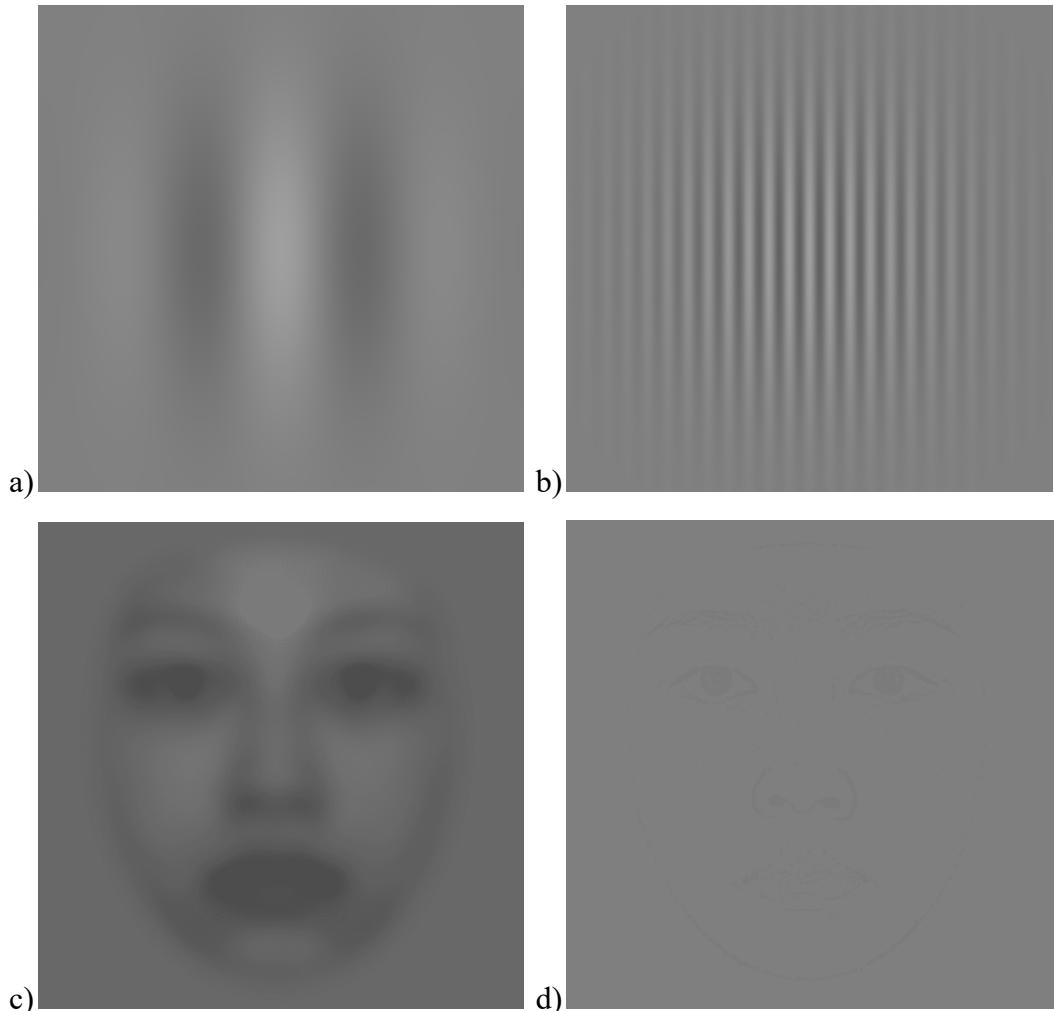
Avant d'aborder les questions au cœur de la présente thèse, les notions centrales de « mécanismes visuels » et d'« environnement culturel » seront définies.

1.2. Mécanismes visuels

Tout d'abord, un mécanisme peut être défini comme un système dynamique composé de plusieurs parties en interaction. En l'occurrence, l'appareil d'intérêt est le système visuel. Celui-ci comprend plusieurs mécanismes qui permettent au cerveau de capter la lumière reflétée par des objets et la transformer en représentation significative de ces objets. Cette information lumineuse qui provient du monde externe est d'abord captée par la rétine de l'œil (voir Wolfe et al., 2009). Ensuite, elle passe par plusieurs étapes de traitement avant de devenir l'expérience sensorielle dont nous avons conscience et qui est dévoilée par les mesures comportementales notamment employées dans les études en perception visuelle. Chacune de ces étapes de traitement de l'information visuelle peut potentiellement être modelée par l'environnement et l'expérience culturelle. La question que la présente thèse cherche à examiner est à quel point l'influence de l'environnement d'une personne sur le système visuel peut se manifester tôt durant le traitement de l'information. Pour répondre à cette question, le présent travail explore l'influence de la culture sur un des mécanismes les plus fondamentaux du système visuel : l'extraction de fréquences spatiales. Comme

mentionné précédemment, la perception visuelle commence par la lumière qui est captée par la rétine. L'information lumineuse provenant d'un objet peut prendre plusieurs formes que le cortex visuel primaire traite en termes de variations cycliques de luminance, ou fréquences spatiales de la lumière (voir De Valois et De Valois, 1990). Ces différentes fréquences spatiales renvoient à des propriétés particulières d'un objet. Les hautes fréquences spatiales, caractérisées par des variations cycliques de luminance fréquentes et concentrées, sont associées aux détails fins d'un objet (p. ex., un visage) ou de son image; les basses fréquences spatiales, caractérisées par des variations cycliques de luminance plus espacées, sont associées aux formes grossières d'un objet ou de son image (voir Figure 1.1).

Figure 1.1



Note. Représentations visuelles de variations cycliques de luminance de a) basses fréquences spatiales et b) hautes fréquences spatiales. L'image en c) représente un visage en basses fréquences spatiales et l'image en d) représente un visage en hauts fréquences spatiales

Les fréquences spatiales ont été très utiles dans la compréhension du fonctionnement du système visuel et sont encore, depuis plusieurs décennies, l'objet d'une multitude d'études variées, notamment sur la reconnaissance de scènes (e.g. Schyns et Oliva, 1994; Bar, 2003; Kauffmann et al., 2014), sur la reconnaissance d'expressions émotionnelles (e.g. Vuilleumier et al., 2003; Kumar

& Srinivasan, 2011; Plouffe-Demers et al., 2019) et sur la lecture (e.g. Lovegrove et al., 1980; Kwon & Legge, 2012; Tadros et al., 2013).

Par conséquent, le premier objectif de la présente thèse est d'explorer l'influence de l'environnement culturel sur l'utilisation des fréquences spatiales, et en particulier, circonscrire le moment auquel émergent ces différences interculturelles.

1.3. Environnement culturel

Puisque la présente thèse s'intéresse à l'impact de la culture sur la perception visuelle, il est crucial de proposer, ici, une définition opérationnelle du concept de « culture ». Plusieurs problèmes émergent inévitablement lorsque nous entreprenons de classer des individus dans des groupes pour les comparer. Premièrement, qu'entendons-nous par « culture » et comment arrivons-nous à délimiter les différents groupes culturels ? Il existe plusieurs façons de définir la culture. Par exemple, dans le domaine de l'anthropologie, plus de 150 définitions différentes sont répertoriées dans le livre *Culture: a critical review of concepts and definitions* (Kroeber et Kluckhohn, 1952), cité plus de 9000 fois selon l'*American Psychological Association*. En psychologie interculturelle, une des définitions souvent utilisée et généralement bien acceptée conçoit la culture comme l'ensemble des habitudes, conventions et rituels qui prennent place et sont transmises au sein de sociétés circonscrites (Heine, 2010; 2012). Par opposition à la transmission génétique, la culture réfère aux connaissances (ou système de sens) acquises et transmises au sein d'une communauté. Cependant, cette définition est très large, comporte plusieurs facettes, et peut s'appliquer à plusieurs types de groupes, par exemple, la culture d'une nation, d'une province, d'une communauté ou quartier, et même d'une entreprise. Donc, dans le cadre d'études sur les différences interculturelles en psychologie, ou plus

spécifiquement en perception visuelle, quels types de « groupes culturels » devraient être choisis?

Dans le cadre d'études visant à mieux comprendre l'effet de culture sur la perception visuelle, la manière la plus évidente de tracer des délimitations culturelles relativement stables est par l'entremise de grandes zones géographiques. Des études suggèrent que certaines grandes frontières géopolitiques définissent de manière fiable les frontières culturelles (Fincher et al., 2008; Schwartz & Boehnke, 2004). En ce sens, pour, d'une part, s'assurer d'inclure des populations suffisamment différentes dans les études en perception visuelle, et d'autre part, afin d'éviter la réification culturelle, c'est-à-dire la réduction de l'environnement culturelle d'une population à une seule ou quelques dimensions limitées, les premières études interculturelles en psychologie et en perception visuelle ont choisi de comparer des populations de régions géopolitiques diamétralement éloignées (p. ex., Nisbett et al., 2001; Ji et al., 2000; Kitayama et al., 2003; Masuda et al., 2008; Boduroglu et al., 2009; McKone et al., 2010). Cette stratégie permettait effectivement d'augmenter la validité externe des études en perception visuelle, en incluant des données de populations largement distinctes dans les modèles théoriques de la perception.

Cependant, il est à noter que lorsque nous prenons comme point de départ des régions géographiques, nous comparons non seulement la culture de ces régions, mais aussi la géographie et le bagage biologique de ces endroits. En prenant des régions qui diffèrent globalement sur plusieurs aspects, bien que nous augmentons les chances de déceler des différences, nous augmentons aussi le nombre de facteurs qui pourraient y contribuer.

Donc, une des limites importantes de ces études interculturelles est qu'elles ne comparent pas tout à fait des cultures, mais bien des populations qui viennent de régions géopolitiques distinctes. Dans les faits, la culture pratiquée par les individus à l'étude n'est pas réellement connue; ce qui est connu est leur origine

nationale. Certes, ces études partent de la prémissse que ces régions diffèrent de manière assez remarquable et fiable sur le plan culturel (Fincher et al., 2008; Schwartz & Boehnke, 2004). Cependant, il demeure qu'elles ne comparent pas seulement des cultures, mais bien des cultures dont le développement est inextricablement lié au milieu géographique d'appartenance ainsi qu'aux contraintes biologiques des habitants de l'écosystème. Dans ce cas, il n'est pas possible de spécifiquement parler de différences interculturelles, mais bien de différences entre des populations de régions géographiques distinctes ayant, entre autres, des cultures différentes.

En réalité, la critique méthodologique ci-dessus s'applique à la majorité des études en perception visuelle et à la quasi-totalité des études en perception des visages qui tentent d'investiguer le rôle de facteurs environnementaux et génétiques dans le développement de la perception. Afin de pallier cette limite scientifique, la présente thèse livre une des premières investigations des facteurs culturels et biologiques pouvant expliquer les différences observées entre les populations d'Asie de l'Est et de l'Occident en perception des visages.

Enfin, il est à noter qu'en raison de la nature incertaine quant à l'origine des différences interculturelles en perception visuelle, le terme « différences interculturelles » qui sera employé au cours de ce travail référera uniquement au fait que les différences rapportées surviennent entre des groupes de différentes régions géographiques et culturelles, et ainsi, ne suggère pas que la source soit nécessairement culturelle. En l'occurrence, la notion de « différences interculturelles » référera plus particulièrement à des différences entre des individus provenant de certains pays de l'Asie de l'Est, et des individus provenant de l'Amérique du Nord (à descendance européenne) et de certains pays de l'Europe de l'Ouest (Occident).

1.4. Diversité et attention visuelle

Bien que le présent travail se concentre sur les différences interculturelles en perception des visages, cette thématique s'intègre dans un vaste corpus d'écrits scientifiques sur les différences interculturelles en perception visuelle d'objets et de scènes. En effet, des données amassées dans le cadre d'études mettant en œuvre des paradigmes expérimentaux substantiellement différents ont mené à l'hypothèse que les individus provenant de l'Occident et les individus provenant de l'Asie de l'Est déploient leur attention visuelle de façon distinctive (Nisbett et al., 2001). De manière générale, les Asiatiques de l'Est accordent plus d'importance à l'information contextuelle entourant un objet d'intérêt. Par exemple, dans l'étude de Ji et al. (2000), des personnes chinoises et américaines participent à une tâche au cours de laquelle elles doivent juger l'orientation absolue d'une barre située à l'intérieur d'un cadre. La barre et le cadre subissent des rotations indépendantes et le participant ou la participante doit indiquer quand l'orientation absolue de la barre devient verticale (le test « *Rod-and-Frame* » développé par Witkin et al., 1954; voir Figure 1.2 pour un exemple). L'orientation absolue réfère, en l'occurrence, à la position (l'angle) de la barre dans l'espace général, sans prendre en considération l'orientation du cadre. Durant cette tâche, les personnes chinoises font significativement plus d'erreurs d'estimation que les personnes américaines (Ji et al., 2000). En d'autres mots, les jugements de personnes chinoises sont plus influencés par la position du cadre.

Figure 1.2

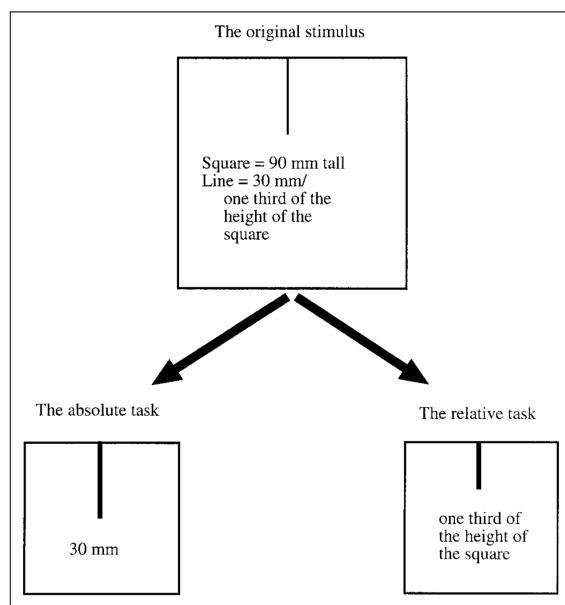


Note. Exemple de la tâche « *Rod-and-Frame* ». L'image de gauche représente ce que le participant ou la participante voit durant la tâche; l'image de droite représente le mécanisme pour faire pivoter la barre et le cadre de manière indépendante. Image originale créée par *ThsTorturedSoul*, consultée via https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Example_of_Perceived_Vertical.jpg et partagée sous la license [Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported](#).

Des résultats analogues ont été obtenus par Kitayama et al. (2003) en administrant le test « *Framed-Line* » (voir Figure 1.3 pour un exemple) à des participants et participantes japonaises et américaines. Durant cette tâche, les personnes voient, sur une feuille de papier, un carré à l'intérieur duquel une ligne verticale, partant de la bordure supérieure du carré, est tracée. Les personnes voient aussi un carré vide d'une taille différente du premier carré. Deux différentes consignes leur sont données à des moments distincts. La première est de tracer dans le deuxième carré une ligne de longueur égale à celle qui figure dans le premier carré. Cette tâche implique de reproduire la longueur absolue de la ligne dans un carré de différente

taille (tâche absolue). La deuxième consigne est de tracer dans le deuxième carré une ligne de sorte à ce que la proportion de cette ligne par rapport à la hauteur du carré soit la même que la proportion originale. Cette tâche implique de reproduire la longueur relative de la ligne par rapport à son carré (tâche relative). La performance de personnes japonaises était significativement meilleure que celle de personnes américaines dans la tâche relative. Par opposition, la performance de personnes américaines était significativement meilleure que celle de personnes japonaises dans la tâche absolue (Kitayama et al., 2003). Donc, les personnes japonaises ont plus de facilité que les personnes américaines dans une tâche où l'on doit prendre en compte les éléments contextuels (en l'occurrence, la taille du carré) d'une image et ont plus de difficulté que les personnes américaines à inhiber ce contexte lorsque celui-ci n'est pas pertinent pour la tâche.

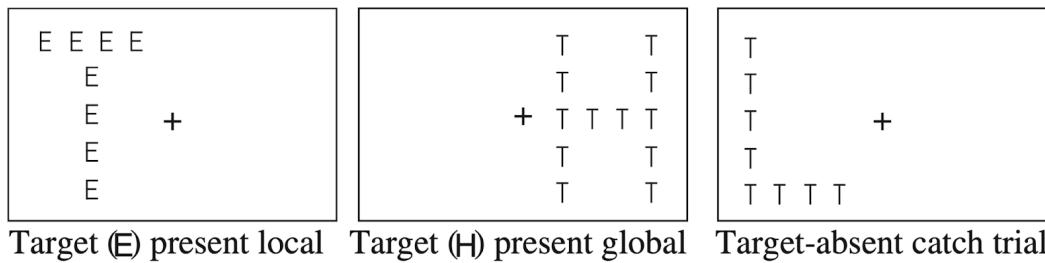
Figure 1.3



Note. Exemple de la tâche « *Framed-line* » employé dans l'étude de Kitayama et al., 2003. Image tirée de l'article de Kitayama et al., 2003, avec la permission de SAGE Publications (voir Annexe B).

Dans l'ensemble, les résultats de ces deux études suggèrent que les individus de l'Asie de l'Est (en l'occurrence, de nationalité chinoise et japonaise) ont plus de difficulté que les individus américains à inhiber l'information contextuelle durant le traitement d'un stimulus visuel. De plus, une étude dans une population australienne dévoile des résultats qui vont dans le même sens que les études susmentionnées en employant un paradigme de Navon (Mckone et al., 2010). Dans cette tâche, les participants et participantes voient apparaître à l'écran une figure dite hiérarchique (figure de Navon; Navon, 1977; voir Figure 1.4 pour un exemple). Ces figures ont une forme générale de lettres (lettres globales) qui sont chacune composées de plus petites lettres (lettres locales). La tâche des participants et participantes est de détecter la présence d'une lettre donnée, apparaissant soit sous la forme de la lettre globale ou sous la forme des lettres locales de la figure présentée. Dans cette étude, les personnes australiennes à descendance européenne sont plus rapides pour détecter les lettres cibles au niveau local, tandis que les personnes de l'Asie de l'Est (récemment immigrées en Australie) sont plus rapides pour détecter les lettres cibles au niveau global. Ces résultats suggèrent que les Asiatiques de l'Est ont un biais plus prononcé que les personnes d'origine australienne à traiter l'information globale d'un stimulus (le contexte) par rapport aux éléments locaux. Cet avantage global chez les Asiatiques de l'Est a été confirmé par des données électroencéphalographiques avec des figures de Navon et des échantillons complètement différents (Lao et al., 2013).

Figure 1.4



Note. Exemples d'essais présentés aux participants pour la tâche de Navon. Image tirée de McKone et al., 2010, avec la permission de Elsevier (voir Annexe C)

Finalement, les Asiatiques de l'Est (nationalité non spécifiée dans l'étude en question) sont meilleurs que les Américains pour détecter un changement qui se présente en périphérie de leur champ visuel, mais pire pour détecter un changement si celui-ci se produit au centre du champ visuel (Boduroglu et al., 2009). Dans cette étude, un paradigme de détection de changement (« *change detection* ») a été utilisé. D'abord quatre petits carrés de couleurs différentes étaient présentés autour du centre de l'écran (chaque carré était placé dans un quadrant différent de l'écran, de sorte à ce que le tout forme un carré de carrés). Ensuite, cet affichage disparaissait pour être remplacé par d'autres carrés disposés de manière similaire. Deux conditions expérimentales étaient imposées : dans l'une d'elles, les carrés se rapprochaient du centre au deuxième affichage (condition de focalisation); dans l'autre, les carrés s'éloignaient du centre au deuxième affichage (condition de dispersion). Dans les deux conditions, la tâche consistait à indiquer si l'un des carrés changeait de couleur ou non d'un affichage à l'autre; en d'autres mots, il s'agissait donc de détecter la présence ou l'absence d'un changement de couleur. Les résultats montrent que les personnes de l'Asie de l'Est étaient meilleures que les personnes américaines pour détecter un changement de couleur dans la condition de dispersion, tandis que les personnes américaines étaient meilleures que les personnes d'Asie de l'Est dans la condition de focalisation. Le premier affichage était présenté pendant seulement 150 ms et le second était présenté jusqu'à la réponse du participant ou de la participante. Les

personnes prenant part à l'expérience avaient pour consigne de fixer le centre de l'écran en tout temps. Cette exigence permet de mesurer la distribution attentionnelle extra-foviale, puisque le regard de l'observateur ou de l'observatrice ne se déplace pas. Cependant, puisque le temps de présentation n'était pas contrôlé durant le deuxième affichage et que les mouvements oculaires n'étaient pas enregistrés durant la tâche, les résultats obtenus manquent de rigueur. Par ailleurs, des différences entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux dans le traitement de l'information globale et locale ont été identifiées assez tôt au niveau cérébral. À partir de 80 millisecondes, les personnes d'Asie de l'Est ont une plus grande sensibilité au niveau de la composante attentionnelle P1 pour la forme globale d'une figure de Navon que les personnes d'origine occidentale (Lao et al., 2013). Les études rapportées dans la présente section mettent en lumière des différences interculturelles notables quant aux habitudes attentionnelles d'individus provenant de l'Asie de l'Est et d'individus provenant de pays occidentaux. Précisément, ces études soulignent systématiquement que les personnes d'Asie de l'Est distribuent leur attention visuelle de manière plus étendue que les personnes occidentales.

Ceci étant dit, les études présentées supra utilisaient des stimuli relativement simples, c'est-à-dire des formes géométriques, telles que des lignes et des carrés, visuellement rudimentaires et sans contenu sémantique riche. Les études employant des figures de Navon (lettres alphabétiques) sont incluses dans cette section puisque les stimuli demeurent visuellement simples et le contenu sémantique relativement élémentaire. En effet, il est théoriquement possible d'effectuer cette tâche sans avoir recours au contenu sémantique des lettres. Il s'agit seulement de détecter la présence d'une figure ayant une forme de lettre. Certes, une connaissance de l'alphabet peut aider la détection, mais n'est pas nécessaire.

D'autres études ont trouvé des différences interculturelles importantes avec des stimuli visuels plus complexes, tels que des scènes et des expressions faciales. Par

exemple, une étude montre que les personnes japonaises portent davantage attention à l'arrière-plan d'une scène et se souviennent mieux de l'information qui s'y trouve que les personnes américaines, qui orientent principalement leur attention vers l'objet focal de la scène et se rappellent particulièrement des attributs de celui-ci (Masuda & Nisbett, 2001). En contrepartie, les personnes japonaises ont plus de difficulté à se rappeler d'un objet préalablement visionné si celui-ci leur est présenté sur un arrière-plan différent (Masuda & Nisbett, 2001). Comparativement aux Asiatiques de l'Est, les Américains sont meilleurs à mémoriser les attributs d'un objet plutôt que les éléments de l'arrière-plan (Millar et al., 2013). De plus, des résultats provenant de l'analyse des mouvements oculaires durant le traitement visuel de scènes naturelles démontrent que les personnes chinoises fixent plus souvent et longtemps l'arrière-plan que les personnes américaines (Chua et al., 2005; voir cependant Rayner et al., 2007; Evans et al., 2009; Miellet et al., 2010). Ces données supportent l'hypothèse stipulant que les Asiatiques de l'Est intègrent généralement davantage un objet focal à son contexte, tandis que les Occidentaux ont tendance à encoder l'objet focal et son contexte séparément durant le processus de mémorisation. Cette tendance chez les Asiatiques de l'Est a aussi été observée dans le cadre de la perception d'expressions faciales. Masuda et al. (2008; 2012) ont révélé que des personnes japonaises sont manifestement plus influencées que des personnes américaines par les expressions faciales de personnages situés en arrière-plan lorsqu'ils doivent évaluer l'intensité de l'émotion d'un personnage situé en avant-plan.

Somme toute, ces études soutiennent l'hypothèse selon laquelle, comparativement aux Occidentaux, les Asiatiques de l'Est traitent plus globalement l'information visuelle provenant d'un stimulus simple ou complexe et sont, ainsi, davantage influencés par les éléments contextuels d'une image.

1.5. Origine des différences perceptives - Théories principales

Nisbett et al. (2001) ont élaboré une théorie sur les différents modes de pensée qui pourraient expliquer et prédire les variations culturelles systématiquement observées à l'égard de la perception visuelle. Cette théorie postule que les Asiatiques de l'Est ont un mode de pensée « holistique » alors que les Occidentaux ont un mode de pensée « analytique », et que ces différents modes sont enracinés dans des croyances communes sur les plans métaphysique, épistémologique et social provenant respectivement de la Chine et de la Grèce antique. À ce propos, l'hypothèse de Nisbett et al. (2001) suggèrent que ces modes de pensée naissent à travers l'expérience d'individus socialisés au sein de cultures respectivement individualistes et collectivistes. Plus spécifiquement, en Asie de l'Est, la valorisation de l'harmonie et la pratique de la dialectique en vue de transcender les contradictions amènent la population à accorder de l'importance aux nuances et au contexte dans lequel se produisent les événements ; en Occident, au contraire, une tradition de débats ouverts favorise un fonctionnement social fondé sur des règles logiques de non-contradiction amenant la population à accorder de l'importance aux attributs invariables et catégoriels des objets.

Selon cette théorie, ces manières divergentes de voir le monde orientent l'attention des individus vers des aspects différents de leur environnement. Les Asiatiques de l'Est se représentent le monde comme un réseau d'éléments interdépendants composant un tout unifié, et portent donc une attention particulière au contexte, expliquant les phénomènes en termes de relations entre les objets et leur contexte (Nisbett et al., 2001). Au contraire, les Occidentaux interprètent les phénomènes du point de vue de l'action indépendante de sujets libres et d'objets individuels, et portent donc une attention particulière à l'objet focal qui devient l'aspect central de leurs explications (Nisbett et al., 2001). Pour comprendre le monde, les Occidentaux établissent des catégories d'objets selon les attributs particuliers de ceux-ci et tentent d'expliquer et de prédire le

comportement des objets selon des règles abstraites et statiques correspondant aux catégories dans lesquelles les objets s'inscrivent (Nisbett et al., 2001).

Parallèlement, l'organisation sociale de même que la direction vers laquelle l'attention est systématiquement orientée guident le développement de l'épistémologie tacite d'une culture, c'est-à-dire la façon dont les connaissances sur le monde sont acquises (Nisbett et al., 2001). Les Asiatiques de l'Est recueillent leurs connaissances du monde à travers un sens intuitif et expérientiel, accordant par conséquent surtout de l'importance au contexte dans lequel l'expérience a lieu, tandis que les Occidentaux acquièrent des connaissances à travers le raisonnement et les règles logiques, ce qui les conduit surtout à catégoriser les éléments de l'expérience selon leurs attributs (Norenzayan et al., 2002). Enfin, les croyances relatives à la façon d'acquérir des connaissances et, ergo, d'orienter l'attention visuelle influencent distinctement les habitudes perceptives des cultures individualistes et collectivistes (Nisbett et al., 2001; Varnum et al., 2010).

Une conceptualisation complémentaire à celle de l'organisation sociale individualiste et collectiviste pour expliquer les différents modes de pensée et attentionnels des Asiatiques de l'Est et des Occidentaux est celle du concept de soi indépendant versus interdépendant (Markus et Kitayama, 1991). Selon cette autrice et auteur, un concept de soi indépendant serait associé à une organisation sociale favorisant l'individualisme, et un concept de soi interdépendant serait associé à une organisation sociale favorisant le collectivisme (Markus et Kitayama, 1991). Bien que l'organisation sociale telle que définie par Nisbett et al., 2001 et le concept de soi tel que défini par Markus et Kitayama (1991) soient largement corrélés, ces deux théories renvoient à différentes facettes de l'expérience sociale. L'organisation sociale individualiste ou collectiviste réfère à la valeur qu'une personne accorde à l'individu versus à la collectivité au sein d'un système hiérarchique ou social; le concept de soi indépendant ou interdépendant réfère à la manière dont une personne se définit par rapport aux autres, soit

conceptuellement distincte de ses relations interpersonnelles et/ou de son groupe d'appartenance (concept de soi indépendant), ou conceptuellement définie par ceux-ci (concept de soi interdépendant). Il est important de bien noter que ces deux théories définissent des pôles opposés de continuums, et qu'un individu se situe généralement quelque part entre l'individualisme et le collectivisme, et quelque part entre l'indépendance et l'interdépendance. Malgré que certains pays puissent se situer à un extrême ou l'autre de ces deux continuums, les individus d'un même pays peuvent potentiellement se positionner à des endroits relativement variés au sein de ces continuums. Enfin, les études s'intéressant aux origines sociales des différences cognitives et attentionnelles entre cultures, utilisent le terme « orientation sociale » pour référer autant à l'organisation qu'au concept de soi social (p. ex., Varnum et al., 2010).

En psychologie interculturelle, la théorie de l'orientation sociale demeure l'explication dominante des différences perceptives observées entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux. Cependant, d'autres hypothèses quant à la source de ces différences ont été proposées, et à ce jour, les données ne permettent pas de les démêler adéquatement. En effet, les études appuyant la théorie des valeurs individualistes et collectivistes incluent principalement des populations provenant de deux types d'environnements culturels et géographiques : l'Occident et l'Asie de l'Est. Par opposition, des recherches effectuées au sein de tribus d'Afrique du Sud-Ouest soulèvent que les individus de cette population manifestent un biais attentionnel plutôt local lors du traitement d'objets non-sociaux (p. ex., figures hiérarchiques ou cercles de Titchener), malgré que ces tribus adhèrent typiquement à des valeurs plutôt collectivistes (Davidoff et al., 2008; Caparos et al., 2012). Par conséquent, une théorie alternative propose que les différences observées entre les Asiatiques de l'Est, les Occidentaux et les Sud-Africains quant à la façon dont ces populations distribuent leur attention visuelle pourraient être expliquées par le degré de densité visuelle à laquelle elles sont respectivement exposées (Caparos et al., 2012). Cette théorie suggère que l'exposition à un environnement visuellement dense (versus clairsemé) pourrait prédire un biais

perceptif davantage global (versus local). En effet, Caparos et al. (2012) montrent que les individus de Namibie (Afrique du Sud-Ouest) ayant vécu dans un environnement rural – donc, moins populeux et moins visuellement dense – manifestent un biais attentionnel davantage local, en comparaison aux Namibiens ayant vécu dans un milieu urbain – donc, plus populeux et plus visuellement dense (Caparos et al., 2012). Considérant que l'âge et le niveau d'éducation étaient contrôlés dans cette étude, l'hypothèse de la densité visuelle - ou plus généralement de l'environnement urbain vs. rural - pourrait aussi expliquer les différences observées entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux, puisque les populations d'Asie de l'Est typiquement échantillonnées proviennent de milieux visuellement plus denses que les populations sélectionnées en Occident (pour une revue récente de la littérature sur les différences interculturelles en perception des visages, voir Blais et al., 2021).

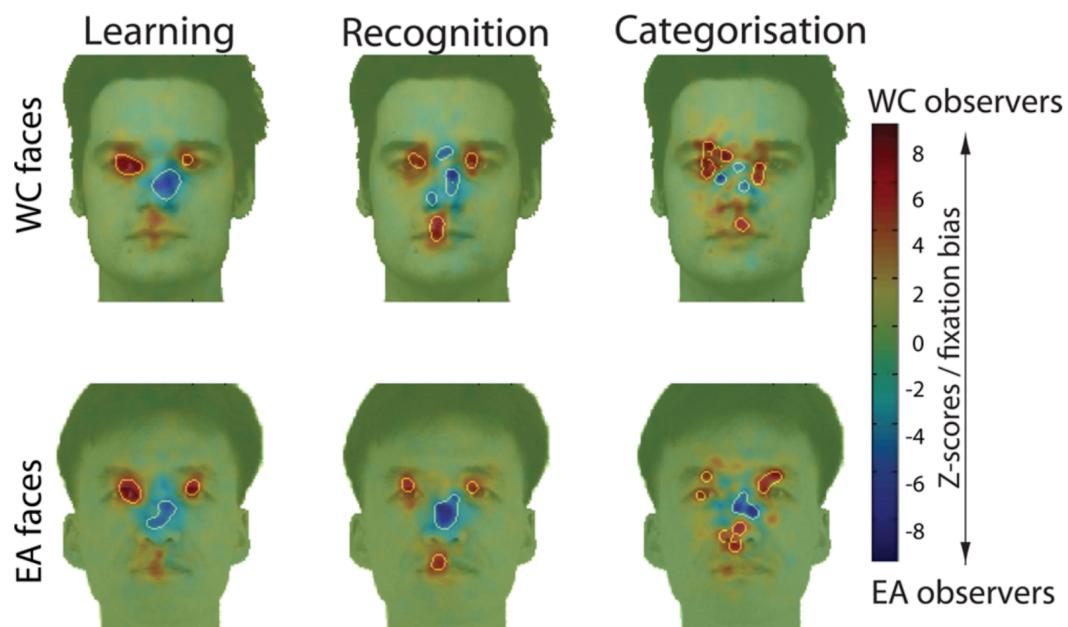
En dernière analyse, il demeure difficile d'attribuer les différences en perception visuelle trouvées entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux à une ou l'autre de ces deux théories. En effet, les Asiatiques de l'Est typiquement échantillonnés sont à la fois plus collectivistes et vivent dans des régions plus peuplées (cependant, voir Varnum et al., 2010 pour des comparaisons de groupes divers).

1.6. Diversité et traitement des visages

Bien que l'étude des différences interculturelles en perception visuelle puisse être retracée jusqu'en 1901 (Rivers, 1901; Segall et al., 1963), ce n'est que très récemment que l'étude des différences interculturelles en reconnaissance de visages a émergé. Les travaux récents dans le domaine de la reconnaissance faciale ont approfondi l'étude du traitement des visages au sein de populations diversifiées. Les observations majeures qui en sont ressorties semblent en accord avec les différences interculturelles sur le plan attentionnel mises en évidence précédemment. En effet, une première étude en son genre dévoile que,

comparativement aux Occidentaux, les Asiatiques de l'Est fixent moins les traits focaux d'un visage – c'est-à-dire les yeux et la bouche – mais plus la région centrale de celui-ci, durant l'apprentissage, la reconnaissance et la catégorisation ethnique de visages (voir Figure 1.5; Blais et al., 2008). Afin de mesurer les stratégies de reconnaissance de visages, cette étude a employé une tâche de type *Old/New*. Cette tâche consiste, dans un premier temps, à mémoriser une série de visages, et dans un deuxième temps, à indiquer parmi une nouvelle série, composée à la fois de visages mémorisés et de nouveaux visages, lesquels ont préalablement été mémorisés. Dans cette étude, la tâche incluait des visages européens et des visages asiatiques. Les mouvements oculaires des participants et participantes étaient enregistrés à toutes les étapes.

Figure 1.5



Note. Biais de fixations pour les individus occidentaux en rouge (WC) et pour les individus asiatiques de l'Est en bleu (EA). Les biais de fixations sont calculés en soustrayant les patrons de fixations des Asiatiques de l'Est de ceux des Occidentaux. Les régions significatives sont délimitées par des bordures blanches.

Image tirée de Blais et al. (2008), accessible sous la licence [Creative Commons Attribution](#) (voir <https://journals.plos.org/plosone/s/licenses-and-copyright>).

Ces résultats ont ensuite été reproduits plusieurs fois (Caldara et al., 2010; Rodger et al., 2010a; Kelly et al., 2011a; Miellet, He, Zhou, Lao & Caldara, 2012; Miellet, Vizioli, He, Zhou & Caldara, 2013). Il est important de bien noter que, dans l'ensemble, les preuves n'appuient pas l'idée que ces différences soient uniquement attribuables à des normes sociales de politesse (p. ex., celles de certains pays de l'Asie de l'Est dictant qu'il soit impoli de regarder son interlocuteur ou interlocutrice dans les yeux). D'une part, ces résultats ont été retrouvés avec des objets homogènes (c'est-à-dire, des stimuli qui possèdent une forme généralement uniforme) qui ne sont pas des visages (Kelly et al., 2010). D'autre part, aucune différence n'a été trouvée entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux au niveau de l'utilisation des yeux durant d'autres tâches avec des visages, comme la reconnaissance d'expressions faciales (p. ex., Jack et al., 2009). Par ailleurs, d'autres différences interculturelles ont été soulevées entre ces deux populations sur le plan du traitement et de la représentation d'expressions faciales (Jack et al., 2009; Jack et al., 2010; Jack et al., 2012; Geangu et al., 2016; pour une revue, voir Caldara, 2017). Toutefois, ces études ne seront pas abordées dans le cadre de la présente thèse.

De manière importante, Caldara et al. (2010) ont révélé que le patron de mouvements oculaires typique des Asiatiques de l'Est persiste malgré qu'ils paraissent utiliser l'information des mêmes régions faciales que les Occidentaux – les yeux et la bouche – pour reconnaître un visage. Cette interprétation résulte d'un paradigme expérimental qui consiste en l'application d'un filtre opaque muni d'une fenêtre de taille variable sur un visage affiché à l'écran. Cette fenêtre se déplace à travers le visage en contingence avec le regard de l'observateur ou de l'observatrice. À travers cette fenêtre, dépendamment de la taille, les personnes ont accès à l'information faciale soit en vision fovéale seulement – lorsque la fenêtre occupe 2 degrés d'angle visuel – soit en vision fovéale et parafovémale –

quand la fenêtre occupe 5 degrés d'angle visuel – soit en vision fovéale et périphérique – lorsque la fenêtre occupe 8 degrés d'angle visuel. Durant cette tâche, les personnes asiatiques adoptent un patron de mouvements oculaires similaire à celui des Occidentaux lorsque l'information périphérique leur est inaccessible, mais adoptent, en contrepartie, un patron qui leur est typiquement associé lorsque l'information située en périphérie leur est accessible. Ces résultats ont été interprétés de manière à appuyer l'idée que les Asiatiques de l'Est apposent plus de fixations que les Occidentaux sur la partie centrale d'un visage de manière à traiter en vision périphérique l'information provenant des traits utiles à la reconnaissance faciale. Ces résultats soulignent par conséquent que les mouvements oculaires ne semblent pas être un indicateur robuste du déploiement de l'attention visuelle. La position des fixations oculaires n'est pas une mesure adéquate pour déterminer quelle information est utilisée pour identifier un stimulus.

Effectivement, les mouvements oculaires sont relativement lents par rapport au temps typiquement nécessaire pour reconnaître un visage. En effet, le temps de réaction minimal pour identifier un visage se situe entre 260 et 380 ms, dépendamment du type de tâche (p. ex., indiquer si une identité donnée est présentée ou non versus indiquer si un visage est celui d'une personne connue ou non; Besson et al., 2017). De manière cruciale, des données en électrophysiologie suggèrent que la reconnaissance d'un visage familier peut, en fait, s'accomplir en l'espace de 200 ms (Caharel et al., 2014). L'électrophysiologie est une mesure plus précise du traitement visuel que les temps de réactions, puisqu'elle permet de contourner les limites inhérentes à ces derniers, nommément les pénalités temporelles du système moteur (c'est-à-dire, le temps additionnel entre la reconnaissance visuelle d'un stimulus et la réponse motrice du participant ou de la participante).

En comparaison, le temps d'initiation d'une seule saccade oculaire est d'environ 200 ms (Purves et al., 2001), potentiellement 100 ms pour la détection de visage

(Crouzet et al., 2010). Une saccade oculaire décrit l'action de déplacer le regard vers un endroit fixe, le mouvement oculaire en soi (autrement dit, le trajet d'une fixation à l'autre); en revanche, une fixation représente la période durant laquelle le regard est posé à un endroit fixe. De ce fait, il n'est pas surprenant que Hsiao et Cottrell (2008) aient découvert que seulement deux fixations (incluant les saccades entre celles-ci) sont suffisantes pour reconnaître un visage.

Pour cette raison, les conclusions, basées sur les mouvements oculaires, quant aux processus cognitifs sous-jacents à la reconnaissance faciale sont sujets à débat. En fait, Or et al. (2015) révèlent que les premières fixations durant la reconnaissance d'un visage sont apposées au centre de celui-ci autant chez les Occidentaux que chez les Asiatiques de l'Est (voir aussi Rodger et al., 2010b). Comme mentionné, ces premières fixations sont généralement suffisantes pour reconnaître un visage (Hsiao & Cottrell, 2008). Donc, Or et al. (2015) ont remis en question l'hypothèse d'une influence culturelle sur les mécanismes attentionnels et visuels fondamentaux de la reconnaissance faciale en tant que telle, et ont préféré proposer que les différences interculturelles observées sur le plan des mouvements oculaires sont un reflet des normes culturelles, se manifestant plus tard durant le traitement d'un stimulus.

Néanmoins, il est tout à fait possible pour deux groupes d'individus de fixer la même région tout en traitant des informations différentes (Arizpe et al., 2012). Il est donc probable d'observer les mêmes fixations oculaires initiales chez deux groupes malgré que ceux-ci soient en train d'extraire différents types d'information provenant de stimuli visuels. Par ailleurs, une multitude d'études soutiennent l'idée que les mouvements oculaires sont en partie guidés par des processus descendants (top-down) (voir, p. ex., Borji et Itti, 2014 ; DeAngelus et Pelz, 2009 ; Torralba et al., 2006 -- il est à noter que dans la plupart de ces études les mouvements oculaires sont enregistrés et analysés sur des périodes qui dépassent largement le temps réellement nécessaire pour traiter l'information). Autrement dit, les mouvements oculaires pourraient être dirigés par des processus cognitifs et

attentionnels précoce, et donc en être un reflet. Par conséquent, en dépit du fait que les Occidentaux et les Asiatiques de l'Est fixent en premier lieu les mêmes régions d'un visage pour le reconnaître, les différents patrons de mouvements oculaires observés subséquemment pourraient être le résultat de la façon initiale dont ces deux groupes déploient respectivement leur attention extra-foviale (périphérique) de part en part du visage. L'étude de Boduroglu et al. (2009; « *change detection* »), mentionnée dans la section qui s'intitule « Diversité et attention visuelle » de la présente thèse, soutient l'hypothèse de différences culturelles dans la distribution périphérique de l'attention visuelle. Cette étude a montré que les Asiatiques de l'Est, relativement aux Occidentaux, témoignent d'une sensibilité supérieure aux changements en périphérie, tout en ayant une sensibilité inférieure aux changements en vision centrale. De manière importante, les stimuli étaient seulement présentés pendant 150 millisecondes. L'étude électrophysiologique de Lao et al. (2013) appuie aussi l'hypothèse de différences attentionnelles précoce. Ceci pourrait potentiellement suggérer l'existence de différences interculturelles dans la distribution initiale de l'attention, relativement tôt durant le traitement des visages.

1.7. Attention visuelle et fréquences spatiales

Dans le préambule de cette thèse, il a été mentionné que le système visuel encode l'information lumineuse projetée par les objets sous formes de fréquences spatiales. Ces fréquences spatiales représentent les variations dans la luminance d'un stimulus associées aux différents aspects visuels de celui-ci (p. ex., les aspects grossiers vs. plus fins). Comme mentionné précédemment, des fréquences spatiales plus hautes sont associées aux détails fins d'un stimulus, par exemple d'un visage, et des fréquences spatiales plus basses sont associées aux aspects plus grossiers de ce même visage. Il existe un lien important entre l'attention visuelle et la sensibilité aux fréquences spatiales. En effet, les cellules photoréceptrices qui composent la rétine de l'œil et qui captent la lumière externe

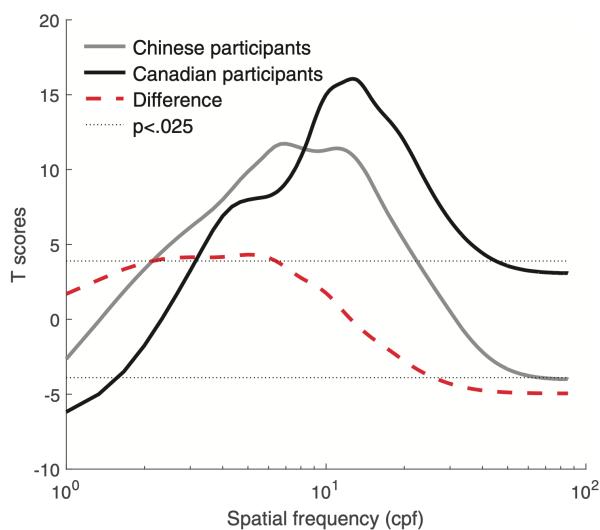
ne sont pas uniformément distribuées : il y a une plus grande concentration de cellules photoréceptrices dans la régions de la fovéa (correspondant au centre du champ visuel), et une concentration décroissante de ces cellules en s'éloignant de la fovéa (dans les régions de la rétine correspondant à la vision périphérique) (voir Wolfe et al., 2009).

Par conséquent, la vision fovéale (vision centrale) est davantage détaillée (donne accès à des plus hautes fréquences spatiales), tandis que la vision périphérique est plus floue (permet seulement l'extraction de plus basses fréquences spatiales; Hilz & Cavonius, 1974). L'attention visuelle permet à un observateur ou une observatrice de sélectionner différentes parties de son champ visuel, et ce de différentes manières. Par exemple, l'attention visuelle peut être concentrée au centre du champ visuel afin d'y extraire de l'information précise, ou elle peut être distribuée plus largement à travers le champ visuel pour y extraire de l'information plus globale. En ce sens, il a été démontré que traiter la forme globale d'un stimulus favorise en effet l'extraction de plus basses fréquences spatiales, tandis que traiter les détails d'un stimulus favorise l'extraction de plus hautes fréquences spatiales (Shulman & Wilson, 1987).

Donc, si l'on accepte l'hypothèse que les Asiatiques de l'Est distribuent leur attention plus largement sur un visage, de manière à traiter l'information faciale en vision périphérique, et que l'on accepte le fait bien établi que le traitement périphérique implique l'extraction de basses fréquences spatiales (Hilz & Cavonius, 1974), il serait attendu que les Asiatiques de l'Est soient plus sensibles aux basses fréquences spatiales que les Occidentaux. Dans cette optique, une récente étude, dont je suis co-autrice (voir Annexe A), a directement comparé l'utilisation des fréquences spatiales chez des personnes canadiennes et chinoises durant deux tâches de reconnaissance de visages (Tardif et al., 2017). Les résultats obtenus montrent que comparativement aux personnes canadiennes, les personnes chinoises utilisent davantage les basses fréquences spatiales. De plus, comparativement aux personnes chinoises, les personnes canadiennes utilisent

davantage les hautes fréquences spatiales pour identifier un visage (voir Figure 1.6). Dans cette étude, une tâche d'identification de visage a été employée. Cette tâche consistait d'abord à mémoriser huit visages européens et huit visages asiatiques. Ensuite, les visages étaient présentés un à la fois et devaient être identifiés à l'aide d'une lettre du clavier. Dans la phase d'identification, les visages étaient filtrés à l'aide de la méthode des Bulles de fréquences spatiales (Willenbockel et al., 2010a). Cette méthode permet de contrôler les fréquences spatiales contenues dans une image, en l'occurrence un visage. C'est-à-dire, chaque visage présenté dans la phase d'identification ne contenait qu'un sous-ensemble aléatoire de fréquences spatiales qui le constituaient au départ. De cette manière, il est possible de découvrir quelles fréquences spatiales permettent de correctement identifier un visage. La Figure 1.6 montre la courbe des fréquences spatiales (axe des x) en fonction de leur importance (axe des y) pour les personnes chinoises et canadiennes ayant pris part à l'étude de Tardif et al. (2017).

Figure 1.6



Note. Courbes d'utilisation des fréquences spatiales. Celles-ci représentent à quel point chaque fréquence spatiale (axe des x; en nombre de cycles par visage) est utilisée systématiquement (scores t) par les personnes chinoises (courbe grise) et

canadiennes (courbe noire). La courbe rouge représente la différence entre les personnes chinoises et canadiennes. Les deux lignes horizontales indiquent les seuils de significativité pour un test-t bilatéral ($p < 0.025$). Image tirée de Tardif et al. (2017), conformément à la politique des droits d'auteur ou autrice de l'*American Psychological Association*.

(voir <https://www.apa.org/about/contact/copyright/#not-required>)

Cette étude souligne donc un impact de la culture à un niveau de traitement visuel plus fondamental que les mécanismes de mouvements oculaires; des différences entre les individus chinois et les individus canadiens peuvent, en effet, être observées au niveau de la nature même de l'information extraite par le système visuel, notamment les fréquences spatiales utiles à la reconnaissance de visages. De plus, ces données permettent de supporter l'hypothèse que les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux distribuent leur attention différemment, et utilisent donc de l'information de nature différente pour reconnaître un visage. En ce sens, l'environnement culturel semble avoir un impact sur des mécanismes relativement précoces du traitement visuel.

1.8. Problématique

Sommairement, des différences perceptives ont été soulevées entre des populations nord-occidentales et asiatiques de l'Est, notamment sur le plan des mouvements oculaires durant le traitement de stimuli visuels non-sociaux (p. ex., scènes et objets divers) et sociaux (p. ex., visages et expressions faciales), qui semblent refléter des stratégies attentionnelles propres à chacune de ces régions. Cependant, quelques résultats hétérogènes soulevés dans la littérature scientifique jusqu'à présent soulignent la complexité de l'interaction entre l'environnement et le système visuel (p. ex., Davidoff et al., 2008 ; Caparos et al., 2012; 2013 ; Or et al., 2015 ; Rodger et al., 2010b; Ramon et al., 2016; Chuk et al., 2014; 2017).

1.8.1. Précocité des mécanismes impliqués

D'une part, les mécanismes précis et la chronologie des phénomènes perceptifs observés demeurent à ce jour mal compris. Bien que l'étude de Tardif et al. (2017) ait souligné un effet de la culture notable quant aux fréquences spatiales qui sont ultimement les plus utiles pour reconnaître un visage, plusieurs variables demeurent incertaines, notamment la précocité et la chronologie de ces différences. Afin d'être en mesure de comprendre l'origine des différences perceptives observées entre les populations de l'Asie de l'Est et de l'Occident, il semble qu'une des pierres angulaires de ce processus serait d'explorer, en premier lieu, la présence de divergences intergroupes aux différents niveaux de traitement de l'information visuelle.

1.8.2. L'hypothèse de l'orientation sociale

D'autre part, malgré que l'hypothèse dominante pour expliquer les différences observées entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux stipule que celles-ci seraient façonnées par l'orientation sociale (individualiste ou collectiviste) de leurs cultures respectives, le lien entre l'orientation sociale et la reconnaissance de visages a été remis en doute.

D'abord, il demeure difficile d'établir un lien causal entre l'orientation sociale et la reconnaissance de visage. En effet, la culture est un système complexe et les facteurs déterminants dans le développement des stratégies en reconnaissance de visages demeurent opaques. Toutefois, des études ont tenté de répondre à cette question. Une méthode judicieuse que les chercheurs et chercheuses en psychologie sociale et interculturelle mobilisent pour comprendre comment la culture interagit avec la pensée et la perception est l'amorçage (ou *priming*) culturel. Cette technique permet, notamment, d'investiguer l'existence d'un lien causal entre certaines composantes culturelles, comme l'orientation sociale

individualiste ou collectiviste, et la perception, puisque l'amorçage culturel permet de manipuler le « mode de pensée » culturel d'une personne.

De manière générale, l'idée derrière l'amorçage est de présenter à une personne des concepts particuliers dans le but d'activer un réseau sémantique associé aux concepts en question, et ainsi faciliter le traitement d'information connexe. Amorcer un concept devrait activer le réseau sémantique de ce concept, ce qui va rendre saillant d'autres attributs et représentations, soit conceptuelles, sensorielles, mnésiques, affectives, ou même procédurales, en lien avec ce réseau sémantique (p. ex., voir *Spreading-Activation Theory*; Collins & Loftus, 1975). Par exemple, la présentation subliminale du chiffre « 1 » rend plus rapide le traitement du mot « un » présenté subséquemment (Naccache et Dehaene, 2001). Il est aussi plus facile d'associer automatiquement deux concepts lorsque ceux-ci sont intégrés dans le même réseau sémantique, par exemple associer le métier d'enseignant/enseignante au fait d'être une femme (White & White, 2006), catégoriser plus rapidement un prénom comme féminin ou masculin lorsque celui-ci est précédé d'un amorçage de stéréotype de genre correspondant (p. ex., « infirmière » ou « médecin »; Banaji et Hardin, 1996), ou associer des mots négatifs à des visages de personnes noires (Implicit Association Test; Greenwald et al., 1998; Greenwald et al., 2009). L'amorçage, via l'activation du réseau sémantique, a le potentiel de rendre plus saillant certaines façons de penser et de percevoir, ainsi que certaines informations disponibles dans l'environnement.

L'amorçage culturel est une instance particulière d'amorçage qui consiste à rendre saillant dans l'esprit d'une personne des éléments (ou connaissances) propres à une certaine culture, soit des icônes (p. ex., le Capitole des États-Unis versus un temple chinois; Hong et al., 1997; voir aussi Hong et al., 2000) ou des concepts de soi (p. ex., Liu et al., 2015) culturels. Dans le cadre du lien entre l'orientation sociale et la perception, l'amorçage culturel permet de vérifier si l'orientation sociale est un élément déterminant dans le développement d'habitudes perceptives. Concrètement, cette technique permet de vérifier si le fait d'amener

des gens à réfléchir de manière plus individualiste ou collectiviste, via l'amorçage d'éléments culturels, peut mener à un changement dans la perception. L'amorçage culturel peut prendre plusieurs formes, telles que des histoires contenant des thèmes ou des valeurs particulières, une introspection guidée, par exemple réfléchir à ses qualités uniques (individuelles/indépendantes) versus à ses qualités partagées (collectives/interdépendantes), ou même un simple exercice d'encerclage de pronoms (soit individuel ou collectif) dans un texte.

Plusieurs études montrent un effet clair de l'amorçage individualiste/indépendant ou collectiviste/interdépendant sur la cognition sociale et la distribution de l'attention visuelle (voir, p. ex., Liu et al., 2015; voir aussi Oyserman et al., 2008 pour une revue des écrits scientifiques). Dans une méta-analyse, Oyserman et al. (2008) montre que l'amorçage individualiste ou collectiviste, qui consiste à rendre saillant un mode de penser soit orienté vers la collectivité ou vers l'individu, peut systématiquement influencer les attitudes, les croyances et les valeurs culturelles d'une personne, ses jugements éthiques (choix personnel ou norme sociale) vis-à-vis un dilemme, sa perception d'elle-même et de l'obligation sociale, le degré de dépendance au contexte de sa mémoire, ainsi que la façon dont une personne distribue son attention visuelle (Oyserman et al., 2008).

Par exemple, Kühnen et Oyserman (2002) ont employé un paradigme d'amorçage individualiste et collectiviste développé et validé par Gardner et ses collaboratrices (1999) pour tenter de moduler l'attention visuelle (locale versus globale) durant une tâche de Navon. L'étude consistait d'abord à soumettre les participants et participantes à un amorçage culturel soit individualiste/indépendant, soit collectiviste/interdépendant. L'amorçage individualiste impliquait de lire des courts textes écrits à la première personne du singulier (*je*) et y encercler tous les pronoms personnels; l'amorçage collectiviste impliquait de lire des courts textes écrits à la première personne du pluriel (*nous*) et y encercler tous les pronoms personnels. Les résultats de cette étude montrent que les personnes ayant reçu un amorçage individualiste/indépendant identifiaient

plus rapidement les lettres locales que la lettre globale dans une figure de Navon, tandis que les personnes ayant reçu un amorçage collectiviste/interdépendant identifiaient plus rapidement la lettre globale que les lettres locales dans une telle figure. De plus, ce type d'effet d'un amorçage individualiste/collectiviste sur l'attention visuelle globale/locale a été reproduit par plusieurs études employant le paradigme d'amorçage par les pronoms (*pronoun-circling priming*; Brewer et Gardner, 1996; Gardner et al., 1999) et une variété de tâches d'attention globale/locale (Lin et al., 2008; Lin et Han, 2009; Springer et al., 2012; Liu et al., 2015; Choi et al., 2016). Donc l'amorçage de valeurs culturelles individualiste ou collectiviste (ou l'orientation sociale) semble pouvoir moduler l'attention visuelle pour une variété de tâches. Cependant, qu'en est-il pour la reconnaissance de visages?

En 2019, Liu et ses collaborateurs et collaboratrices emploient le même type de paradigme d'amorçage individualiste ou collectiviste basé sur les pronoms, ainsi qu'une diversité de tâches de traitement facial. Les résultats de leur étude montrent que l'amorçage individuel ou collectif affecte certaines tâches liées au traitement des visages, telle que la tendance à traiter un visage partie par partie versus comme un tout, ainsi que la catégorisation ethnique d'un visage. Toutefois, l'amorçage ne module ni les stratégies oculaires pour reconnaître un visage ni la performance comme telle. Donc, l'effet d'un amorçage culturel sur les stratégies oculaires en reconnaissance faciale demeure nébuleux.

En revanche, en utilisant des questionnaires de valeurs sociales auto-rapportées, Kelly et al. (2011b) ont suggéré un lien potentiel entre les mouvements oculaires en reconnaissance de visages et des valeurs individualistes et collectivistes personnelles. Dans leur étude, une tâche de reconnaissance de visages similaire à celle de Blais et al. (2008) a été utilisée auprès d'un groupe de personnes chinoises nées en Grande-Bretagne. Tous les participants et participantes ont répondu à un questionnaire de valeurs sociales. Leurs résultats indiquent l'existence d'une relation solide, mais marginalement significative, entre les

valeurs sociales d'un individu et son patron de mouvements oculaires en reconnaissance de visages. Précisément, des valeurs individualistes sont plus fortement associées à un patron de mouvements oculaires typiquement observé chez les personnes d'Europe de l'Ouest (p. ex., voir Blais et al., 2008), tandis que des valeurs collectivistes sont plus fortement associées à un patron de mouvements oculaires typiquement observé chez les personnes Asiatiques (p. ex., voir Blais et al., 2008).

Donc, bien qu'il soit difficile d'observer un effet d'amorçage culturel (individualiste ou collectiviste) sur les mouvements oculaires en reconnaissance de visages, il semble tout de même exister un lien potentiel entre les valeurs culturelles (individualistes ou collectivistes) d'une personne et ses mouvements oculaires en reconnaissance de visages. Cependant, il faut demeurer prudent et prudente dans l'interprétation des résultats de l'étude à Kelly et al. (2011b), puisque leur échantillon de participants et participantes était très petit. Par ailleurs, il existe des distinctions importantes entre l'amorçage culturel et les questionnaires de valeurs sociales qui rendent ces deux approches ultimement complémentaires. D'un côté, l'amorçage individualiste ou collectiviste permet d'établir un lien causal entre l'orientation sociale et la reconnaissance de visages, puisqu'il s'agit d'une manipulation expérimentale. En revanche, les questionnaires de valeurs sociales ne permettent que d'établir des liens corrélationnels. D'un autre côté, l'amorçage culturel est limité dans la mesure où il ne fait que potentiellement ressortir les aspects contextuels de l'orientation sociale. En effet, il s'agit d'un amorçage ponctuel de l'orientation sociale qui pourrait potentiellement être lié aux éléments davantage malléables de ce concept. Au contraire, les questionnaires de valeurs sociales pourraient plutôt renvoyer à des tendances sociales plus stables. En ce sens, il est plausible que les mécanismes oculaires liés à la reconnaissance faciale soient relativement stables au cours d'une vie (p. ex., voir Kelly et al., 2011a). Finalement, contrairement à l'amorçage culturel, les questionnaires de valeurs sociales permettent de déceler des variations individuelles quant aux tendances sociales. Il semble donc pertinent de faire usage

de paradigmes d'amorçage culturel et de questionnaires auto-rapportés de manière complémentaire.

1.8.3. Facteurs biologiques et différences culturelles

Finalement, il ne faut pas oublier qu'un environnement social est imbriqué dans un milieu géographique, technologique, et biologique. Par conséquent, il demeure sage et utile d'explorer des sources d'explications alternatives, sortant du domaine de la psychologie à proprement dit.

Par ailleurs, des données amassées auprès de populations africaines ne cadrent pas avec l'hypothèse dominante de l'orientation sociale. Tel que souligné dans les sections précédentes de ce travail, les tribus semi-nomades - Himba - d'Afrique du Sud-Ouest ont un biais perceptif local durant le traitement de stimuli non sociaux (p. ex., figures de Navon; Davidoff et al., 2008; Caparos et al., 2012). Toutefois, ces communautés sont vraisemblablement collectivistes (voir, p. ex., Hofstede, 1980; Triandis, 1989 pour l'Afrique du sud; voir, p. ex., Ma & Schoeneman (1997) pour les populations pastorales nomades d'Afrique du sud).

Comme il a été évoqué précédemment, la perception se développe dans un environnement complexe multifactoriel. Bien que celle-ci puisse être le produit d'un processus inférentiel informé par la culture (e.g. Helmholtz, 1886/1962; Segall et al., 1966; voir cependant Firestone & Scholl, 2016), les processus visuels ont tout de même une base biologique. Dans leur récent ouvrage, Gutschess & Sekuler (2019) ont souligné l'importance de considérer les facteurs biologiques, et potentiellement génétiques, dans l'étude des différences culturelles en perception visuelle. Parmi les différentes cultures à l'étude, il existe notamment des variations biologiques directement liées à la vision. Parmi celles-ci, la myopie se taille une place d'intérêt. En effet, la prévalence de la myopie varie grandement d'une région géographique à l'autre. De manière intéressante, les différences de prévalence entre l'Europe de l'Ouest/Amérique du Nord, l'Asie de l'Est, et

l’Afrique du Sud semblent concorder avec les différences observées en perception et attention visuelle. Le taux de myopie est autour de 25-35% en Europe de l’Ouest et en Amérique du Nord (Holden, Fricke, Wilson, Jong, Naidoo, Sankaridurg, Wong, Naduvilath & Resnikoff, S., 2016; Rudnicka, Kapetanakis, Wathern, Logan, Gilmartin, Whincup & Owen, 2016), 70-90% en Asie de l’Est (Huang, Kawasaki, Liu & Wang, 2019; Rudnicka, Kapetanakis, Wathern, Logan, Gilmartin, Whincup & Owen, 2016; Morgan, Ohno-Matsui & Saw, 2012) et inférieur à 10% en Afrique du Sud (Atowa, Munsamy & Wajuihian, 2017; Rudnicka, Kapetanakis, Wathern, Logan, Gilmartin, Whincup & Owen, 2016). Donc, si on compare ces taux de myopie aux différences observées en attention visuelle, les Asiatiques de l’Est ont la plus grande prévalence de myopie et un plus grand biais attentionnel global que les Occidentaux (e.g. Mckone et al., 2010; Lao et al., 2013), et inversement, les personnes sud-Africaines (notamment, les Himba -- une tribu africaine semi-nomade isolée) ont une prévalence de myopie plus basse et un biais local prononcé (e.g. Davidoff et al., 2008; Caparos et al., 2012). Pris ensemble, ces résultats renvoient à l’importance d’examiner la myopie comme facteur potentiel des différences culturelles en perception visuelle.

Non corrigée, cette condition visuelle développementale entraîne une perte de focus pour les objets éloignés, et de fait, réduit la gamme de fréquences spatiales disponible dans un stimulus (ceux-ci apparaissent floues). Même corrigée, la myopie affecte la perception visuospatiale. Des données montrent que les individus myopes sont moins affectés que les individus emmétropes (c’est-à-dire, ayant une vision normale) par le phénomène de *crowding* en vision périphérique durant une tâche d’identification de lettres (Carroll et al., 2016). Le *crowding* visuel réfère au phénomène selon lequel des objets a priori visibles deviennent difficiles à distinguer lorsqu’ils sont trop rapprochés les uns des autres dans le champ visuel. (voir, p. ex., Pelli, 2008; Levi, 2008). Ce phénomène d’encombrement est significativement pire en vision périphérique, où les objets présentés en amalgame deviennent presque impossible à identifier. Selon les données de Carroll et al. (2016), les individus myopes ont plus de facilité que les

individus emmétropes à distinguer des lettres condensées en vision périphérique. L'idée en lien avec la présente thèse est que la facilité des individus myopes à discriminer et traiter l'information en périphérie pourrait être liée, comme chez les Asiatiques de l'Est, à une tendance plus grande à distribuer leur attention visuelle de manière à faire usage de l'information provenant de stimuli en périphérie du champ visuel. Par conséquent, les différences observées entre les groupes culturels dans les études antérieures pourraient potentiellement être associées aux différentes prévalences de myopie.

1.9. Objectifs

La présente thèse aura pour objectif de revisiter certaines des différences perceptives trouvées entre les populations provenant de l'Asie de l'Est et de l'Occident, tenter de mieux en comprendre les mécanismes et explorer les explications potentielles, qu'elles soient culturelles (sociales) ou biologiques. Le corps de ce travail sera divisé en trois chapitres de développement, chacun constitué d'un article scientifique.

1.9.1. Méthodologie générale privilégiée

La thématique centrale de la présente thèse se situe à l'intersection de la psychologie interculturelle et de la perception visuelle. Par conséquent, cette thèse mettra en œuvre des méthodologies issues des travaux en psychologie interculturelle telles que des comparaisons de groupes, des questionnaires de valeurs, et des méthodes d'amorçage de concepts culturels. En ce qui à trait à la branche de la perception visuelle, les mesures comportementales issues du domaine de la psychophysique seront priorisées. Cette discipline est cruciale à la recherche contemporaine en perception visuelle puisqu'elle permet de faire le pont entre la physique optique, le traitement de signal (tout ce qui concerne les éléments physiques et concrets d'un stimulus, et la manière dont c'est extrait par

le système visuel), et le comportement (tout ce qui concerne l'expérience consciente et significative d'un stimulus).

Dans le cadre de ce travail, des personnes nées, ayant grandi et vivant toujours en Chine ont été recrutées; ce pays est souvent utilisé comme représentant de l'Asie de l'Est dans une variété d'études en perception culturelle (p. ex., Ji et al., 2000; Chua et al., 2005; Rayner et al., 2009; Or et al., 2015; Tardif et al., 2017). Des personnes vivant en Suisse ou au Canada, nées et ayant grandi dans un pays occidental, ont aussi été recrutées, car des personnes d'Europe de l'Ouest et d'Amérique du Nord sont aussi typiquement échantillonnées dans les études en perception culturelle (p. ex., Ji et al., 2000; Kitayama et al., 2003; Boduroglu et al., 2009; Blais et al., 2008; Caldara et al., 2010; Tardif et al., 2017). Dans le cadre de cette thèse, la Chine sera donc le pays représentant de l'Asie de l'Est; la Suisse et le Canada seront les pays représentants de l'Occident.

1.9.2. Décours temporel de l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance faciale

La première question de ce travail vise à mesurer la chronologie de l'utilisation des fréquences spatiales chez les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux afin de circonscrire le moment auquel les différences observées durant l'identification de visages se manifestent. Cette question sera abordée dans l'article scientifique *Time Course of Cultural Differences in Spatial Frequency Use for Face Identification* qui compose le deuxième chapitre de la présente thèse. Dans cet article, une nouvelle méthode d'échantillonnage des fréquences spatiales dans le temps sera employée pour connaître quelles fréquences spatiales à travers le temps sont utiles pour la reconnaissance de visage.

1.9.2.1. Question de recherche et hypothèses

Cette question concerne la précocité de l'impact culturel sur les mécanismes visuels élémentaires (c'est-à-dire, l'extraction des fréquences spatiales). Tel que mentionné antérieurement, les fixations initiales durant la reconnaissance de visages tombent au même endroit, le centre du visage, pour les Asiatiques et les Occidentaux (Rodger et al., 2010b ; Or et al., 2015), suggérant à première vue que les différences culturelles observées surviennent relativement tardivement durant le processus.

Toutefois, si la distribution initiale de l'attention diffère entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux à l'occasion des premières fixations, des différences quant à l'utilisation des fréquences spatiales devraient se manifester relativement tôt au cours du traitement des visages. Au contraire, si les différences en termes de mouvements oculaires se produisant plus tard reflètent réellement des normes sociales, ceux-ci seraient associés à des différences tardives quant à l'utilisation des fréquences spatiales. En ce sens, avoir une mesure plus précise de la chronologie des différences culturelles survenant au cours de l'extraction des fréquences spatiales pourrait potentiellement contribuer à élucider le lien causal entre les différences culturelles sur le plan des mouvements oculaires et l'utilisation de l'information provenant des fréquences spatiales.

Afin de répondre à cette première question, une variante de la méthode des Bulles de fréquences spatiales (FS; Willenbockel et al., 2010a) sera utilisée durant une tâche d'identification de visages. Cette méthode permet de découvrir quelle séquence temporelle de fréquences spatiales permet de réussir la tâche. Le protocole détaillé, les analyses, ainsi que les résultats de la présente expérience sont rapportés dans l'article scientifique présenté au Chapitre II.

1.9.3. Hypothèse de l'orientation sociale et reconnaissance de visages

Dans un deuxième temps, cette thèse examinera l'hypothèse de l'orientation sociale comme explication potentielle des différences en reconnaissance de

visages, en utilisant deux paradigmes différents pour mesurer l'orientation sociale et son lien avec les stratégies de reconnaissance de visages. Cette question sera abordée dans l'article scientifique *Social Orientation Does Not Account for Cultural Differences in Face Recognition* qui compose le troisième chapitre de la présente thèse. Dans une première expérience, une tâche de reconnaissance de visages comme celle employée dans l'étude de Blais et al. (2008; *Old/New*) sera utilisée. Les mouvements oculaires seront enregistrés durant cette tâche. Pour examiner l'effet de l'orientation sociale, le présent travail mettra en place un paradigme d'amorçage (*priming*) individualiste et collectiviste validé (voir Brewer et Gardner, 1996; Gardner et al., 1999), pour ainsi créer deux conditions expérimentales. Les participants et participantes seront divisés en deux groupes : un groupe recevra un amorçage culturel individualiste/indépendant et l'autre groupe recevra un amorçage culturel collectiviste/interdépendant. L'amorçage individualiste consistera à lire des courts textes écrits à la première personne du singulier (je) et y encercler tous les pronoms personnels. L'amorçage collectiviste consistera à lire des courts textes écrits à la première personne du pluriel (nous) et y encercler tous les pronoms personnels. L'effet de l'amorçage sur les stratégies de mouvements oculaires sera analysé. Dans une deuxième expérience, le lien entre les mouvements oculaires en reconnaissance de visages et l'orientation sociale sera approfondi en utilisant des questionnaires de valeurs sociales, et en corrélant les scores d'individualisme et de collectivisme sur ces questionnaires avec les mouvements oculaires durant la tâche de reconnaissance de visages. Bien que le présent travail suggère d'aller au-delà des mouvements oculaires pour comprendre l'effet de culture sur le traitement des visages, il est important, dans le cadre de la deuxième étude, de revenir aux différences culturelles en mouvements oculaires puisqu'il s'agit des premières différences culturelles observées en reconnaissance de visages et des résultats les plus citées jusqu'à présent.

1.9.3.1. Question de recherche et hypothèses

L'hypothèse de l'orientation sociale suggère que les différences perceptives observées entre les populations de l'Asie de l'Est et de l'Occident soient liées à leurs structures sociales respectivement collectivistes et individualistes.

Si l'orientation sociale explique les différences interculturelles en mouvements oculaires durant la reconnaissance de visages, des différences analogues devraient être observées entre des individus individualistes et des individus collectivistes, peu importe le pays dans lequel ils ont grandi. Le protocole détaillé, les analyses, ainsi que les résultats de la présente expérience sont rapportés dans l'article scientifique présenté au Chapitre III.

1.9.4. Myopie et différences culturelles en attention visuelle

Finalement, la troisième question de la présente thèse concerne la contribution potentielle de facteurs biologiques, plus spécifiquement la myopie, aux différences interculturelles en perception visuelle. Cette question sera abordée dans l'article scientifique *Myopia changes perceptual strategies for face and pattern recognition* qui compose le quatrième chapitre de la présente thèse.

1.9.4.1. Question de recherche et hypothèses

Dans le cadre de cette étude, trois tâches visuelles durant lesquelles des différences interculturelles ont été révélées seront revisitées afin de vérifier si la myopie peut expliquer les différences perceptives précédemment observées. Pour explorer cette question, des participants et participantes canadien(nes) myopes et emmétropes (c.-à-d., ayant une vision normale) ont participé à ces trois tâches visuelles.

La première expérience mettra en œuvre une tâche employée par McKone et al. (2010), montrant auparavant que les personnes asiatiques ont un biais perceptif plus global (c.-à-d., elles ont plus de facilité à traiter la lettre globale d'une figure

hiérarchique de Navon) que les personnes australiennes, pour évaluer les stratégies attentionnelles des myopes et des emmétropes. Une tâche similaire a été employée dans les études de Davidoff et al. (2008) et Caparos et al. (2012) ayant révélé un biais local prononcé chez les individus de la tribu des Himba en Afrique du Sud-Ouest.

La deuxième expérience emploiera la tâche de reconnaissance de visages (*Old/New*) de Blais et al. (2008) pour évaluer les stratégies oculaires de myopes et d'emmétropes durant une tâche de reconnaissance de visages. À titre de rappel, cette étude avait montré que les personnes asiatiques fixent davantage le centre d'un visage, tandis que les personnes d'Europe de l'Ouest fixent davantage les yeux et la bouche pour reconnaître un visage.

Finalement, la troisième expérience emploiera une tâche de Tardif et al. (2017) pour évaluer l'utilisation des fréquences spatiales de myopes et d'emmétropes durant la reconnaissance de visages. À titre de rappel, cette étude avait montré que les personnes chinoises utilisent de plus basses fréquences spatiales et les personnes canadiennes utilisent de plus hautes fréquences spatiales pour reconnaître et identifier un visage.

L'hypothèse est la suivante : si la myopie explique les différences interculturelles observées durant les trois tâches perceptives rapportées ci-haut, des différences analogues devraient être observées entre des observateurs et observatrices myopes et emmétropes provenant d'une même région géoculturelle. Le protocole détaillé, les analyses, ainsi que les résultats de la présente expérience sont rapportés dans l'article scientifique présenté au Chapitre IV.

CHAPITRE II ARTICLE 1

Time Course of Cultural Differences in Spatial Frequency Use for Face
Identification

Amanda Estéphan^{1,2}, Daniel Fiset¹, Camille Saumure¹, Marie-Pier
Plouffe-Demers¹, Ye Zhang^{3,4}, Dan Sun^{3,4} & Caroline Blais¹

¹ Département de psychoéducation et psychologie, Université du Québec en
Outaouais

² Département de psychologie, Université du Québec à Montréal

³ Institute of Psychological Science, Hangzhou Normal University

⁴ Zhejiang Key Laboratory for Research in Assessment of Cognitive Impairments

Article publié dans *Scientific Reports*, 8, 1816, doi : [10.1038/s41598-018-19971-1](https://doi.org/10.1038/s41598-018-19971-1)

RÉSUMÉ EN FRANÇAIS

Plusieurs études antérieures en mouvements oculaires ont suggéré que les Asiatiques de l'Est distribuent leur attention visuelle plus largement que les Occidentaux durant la reconnaissance d'un visage. Récemment, il a été démontré que l'effet de la culture sur la perception des visages s'étend à des mécanismes plus fondamentaux que les mouvements oculaires, modulant la nature même de l'information extraite par le système visuel. Plus précisément, ces résultats montrent que les Occidentaux bénéficient davantage d'information plus fine d'un visage (codée en hautes fréquences spatiales), tandis que les Asiatiques de l'Est bénéficient davantage d'information plus grossière d'un visage (codée en basses fréquences spatiales). Cette découverte reflète une influence de la culture sur les mécanismes élémentaires du traitement visuel. Cependant, le point d'émergence et le décours temporel de ces différences perceptives demeurent opaques. Cet article examinera le décours temporel de l'utilisation des fréquences spatiales chez des personnes canadiennes (occidentales) et des personnes chinoises (asiatiques de l'Est) durant une tâche d'identification de visages. En premier lieu, les résultats de cette expérience confirment les découvertes antérieures que les Asiatiques de l'Est utilisent de plus basses fréquences spatiales que les Occidentaux, tandis que ces derniers utilisent de plus hautes fréquences spatiales. De manière cruciale, les présents résultats montrent que les différences culturelles apparaissent dès 34 millisecondes suivant la présentation du stimulus, et demeurent stables dans le temps. Ces résultats supportent l'hypothèse que les Occidentaux et les Asiatiques de l'Est utilisent de l'information différente de manière précoce durant le traitement des visages.

Mots clés : culture, perception, vision, reconnaissance de visages, fréquences spatiales, décours temporel

ABSTRACT

Several previous studies of eye movements have put forward that, during face recognition, Easterners spread their attention across a greater part of their visual field than Westerners. Recently, we found that culture's effect on the perception of faces reaches mechanisms deeper than eye movements, therefore affecting the very nature of information sampled by the visual system: that is, Westerners globally rely more than Easterners on fine-grained visual information (i.e. high spatial frequencies; SFs), whereas Easterners rely more on coarse-grained visual information (i.e. low SFs). These findings suggest that culture influences basic visual processes; however, the temporal onset and dynamics of these culture-specific perceptual differences are still unknown. Here, we investigate the time course of SF use in Western Caucasian (Canadian) and East Asian (Chinese) observers during a face identification task. Firstly, our results confirm that Easterners use relatively lower SFs than Westerners, while the latter use relatively higher SFs. More importantly, our results indicate that these differences arise as early as 34 ms after stimulus onset, and remain stable through time. Our research supports the hypothesis that Westerners and Easterners initially rely on different types of visual information during face processing.

Keywords: culture, perception, vision, face recognition, spatial frequencies, time course

TIME COURSE OF CULTURAL DIFFERENCES IN SPATIAL FREQUENCY USE FOR FACE IDENTIFICATION

2.1. Introduction

Perception is the process through which sensory information is organized, categorized and interpreted so as to create a meaningful subjective representation of the outside world. In this sense, perception can be viewed as an inferential process through which sensory input is associated to signification: for long, it has been a widely accepted theory that visual perception involves “unconscious inferences” – i.e. automatic assumptions about the way physical stimuli should appear – based on one’s memories, expectations and attention (see e.g. Helmholtz, 1886/1962), and generally, that world knowledge is central to how humans process visual information (Palmer, 1975). That said, the way knowledge about the world is acquired can vary from one culture to another, along with the type of implicit rules that lead to meaningful inferences about visual sensation (see e.g. Segall et al., 1966; Nisbett & Miyamoto, 2005). These culturally circumscribed implicit rules are essential to understand how visual information is coded and associated with stored knowledge. Nonetheless, theories on how visual information is represented and processed have, for decades, rested solely on empirical data from Western, educated, industrialized, rich and democratic (WEIRD) societies (Hendrich et al., 2008), and thus, cannot necessarily be generalized to other populations.

As a response, cross-cultural perspectives on human perception have gained increasing interest since the 20th century. For instance, ongoing research has been investigating the influence of culture on the processing of information contained in visual stimuli, and exposed striking differences in the way Western and Eastern

cultures allocate their attention across their field of vision (Nisbett et al., 2001; Masuda et al., 2008; Boduroglu et al., 2009; Mckone et al., 2010). As a matter of fact, culture seems to impact visual processes as basic as spatial frequency (SF) information extraction (DeValois & DeValois, 1988) during face recognition (Tardif et al., 2017). Although the effects of culture on perception target such elementary mechanisms, it is still quite unclear at what point during the course of visual information processing these differences between Westerners and Easterners arise, and in what way they unfold to create a visual representation of the world. Therefore, the aim of the present study is to measure the time course of cultural differences during the processing of information from facial stimuli. Studying the onset time of these cultural differences will allow us to get a better grasp of the extent to which the effect of culture on visual processes is etched, whereas the investigation into the time course of this effect can enlighten us on how visual information, encoded in SFs, is added up to form a meaningful image of one's respective cultural environment.

One of the dominant hypotheses in the literature pertaining to these cultural differences in perception argues that Easterners attend more “holistically” to their visual world than Westerners, whereas Westerners attend more “analytically” to their visual world than Easterners (Nisbett & Miyamoto, 2005; Nisbett et al., 2001). Indeed, evidence gathered from various experimental paradigms has led to this hypothesis (Nisbett et al., 2001). First, Easterners achieve lower accuracy rates than Westerners in simple visual tasks where participants are asked to inhibit contextual information (Ji et al., 2000; Kitayama et al., 2003). For instance, this tendency is observed when participants are asked to judge the absolute orientation of a line placed in a frame that rotates independently (i.e. judge its orientation regardless of the frame's presence; the Rod-and-Frame test; Witkin et al., 1954), or draw a line inside a square so as to match the absolute size (i.e. its size regardless of the square's presence) of another line featured in a square that differs in size (i.e. the Framed-Line test). Moreover, during a change-detection task featuring four uniquely colored squares, Easterners are better than Westerners at

detecting changes in the periphery, but worse at detecting changes in the central visual field (Boduroglu et al., 2009), which corroborates the propensity of Easterners to attend more to the periphery of their visual field than Westerners.

Second, Easterners' tendency to process the context more than Westerners has also been observed during the processing of more complex visual scenes. For instance, East Asian participants are more influenced, compared to Western Caucasian participants, by the expression of surrounding faces when asked to judge the intensity of a central figure's facial expression (Masuda et al., 2008; Masuda et al., 2012), and have more difficulty than Westerners recalling whether they previously viewed an object if it is presented to them on a different background than the one on which they had first seen it (Masuda & Nisbett, 2001; Chua et al., 2005). These findings have supported the assumption that Easterners integrate the focal object along with its background during memory encoding, whereas Westerners encode the focal object independently from its background.

Cross-cultural research on the visual processing of faces has unfolded in a way that ties in with the observed cultural differences in attention distribution. Specifically, during learning and recognition, Easterners allocate less fixations to the eyes and mouth than Westerners, and instead direct more fixations near the center of a face than the latter group (Blais et al., 2008). Many studies have henceforth replicated these findings using faces as well as other homogeneous object categories – i.e. classes of stimuli that possess a generally uniform shape (Caldara et al., 2010; Rodger et al., 2010a; Kelly et al., 2011a; Miellet et al., 2012; Miellet et al., 2013). Some data also highlights that Easterners' aforementioned eye movement pattern persists despite both cultures attending to and using the same facial areas – the eyes and mouth – to recognize faces (Caldara et al., 2010). This finding was interpreted as support to the idea that Easterners' tendency to fixate more than Westerners the central area of a face reflects a greater attentional diffusion to reach the facial areas required to perform the task. Consequently, Easterners' ability to process the important facial features in peripheral vision

might explain why they spend less time than Westerners directly fixating those features.

Nevertheless, eye movements are quite slow in comparison with the time needed to recognize a face, and the degree to which one can rely on this measure to make inferences regarding the cognitive processes underlying face recognition is debatable. As a matter of fact, a study by Or, Peterson and Eckstein (2015) has revealed that the initial fixations during face recognition, i.e. those that are actually necessary for face recognition (Hsiao & Cottrell, 2008), land on the same facial area for Easterners and Westerners, thus challenging the hypothesis that culture influences the attentional and visual mechanisms underlying face recognition *per se*. Instead, the authors proposed that the cultural differences observed in the eye fixation patterns reflect cultural norms that take place later during the stimulus processing. However, an important part of the visual information essential to recognition can be acquired through extrafoveal processing, which can happen during the first fixation (Henderson et al., 1989). In this sense, later eye movements can be relevant to delineate the patterns of covert visual attention initially deployed. Thus, even though Westerners and Easterners direct their first fixations towards identical facial regions during the recognition of a face, the way they originally respectively spread their extrafoveal attention across the face might differ, and be reflected in their subsequent eye movement patterns.

More recently, we have shown that the impact of culture on face processing goes deeper than the differences revealed in eye movement patterns, and can indeed be observed in the nature of the visual information extracted by both cultures, namely the SFs they use (Tardif et al., 2017). In fact, in light of evidence suggesting that a broader allocation of attention facilitates low SF information processing, while hindering the processing of higher SFs (Shulman & Wilson, 1987; Balz & Hock, 1997; Goto et al., 2001), we directly compared the SF tunings of Westerners and Easterners during two face processing tasks and found a clear

cultural difference in the use of SFs, to wit that Easterners relied on lower SFs, and Westerners relied on higher SFs to correctly identify a face. These results offer strong support to the hypothesis that both cultural groups spread their attention differently over a face, and suggest that culture impacts on relatively early visual mechanisms.

Although our previous study highlighted a strong cultural effect on the SFs that are ultimately more useful for facial recognition, this does not enable us to know when and how this cultural effect occurs. Notwithstanding the need for neurological data to further understand when and how lower and higher level perceptual mechanisms interact in the course of visual information processing, analyzing the variations along the time course of SF extraction makes it possible to get a sense of the earliness of the cultural impact on visual information sampling. More specifically, the onset time of the cultural differences can enlighten us on the extent to which the effect of culture on facial perception is engrained, whereas cultural differences in the time course itself can inform us on the way SFs are integrated across cultures during face identification.

With respect to the onset, an immediate cultural effect on SF extraction could suggest the presence of an early, perhaps overreaching, cultural bias for a specific set of SFs, whereas later cultural differences would suggest that both cultures' visual systems seem to initially operate in a similar way, and that later processes might be involved in the observed cultural differences. In fact, eye movement studies found similar initial gaze positions – near the center of the face – for Westerners and Easterners during face recognition (Or et al., 2015; Rodger et al., 2010b), but diverging fixation patterns throughout longer periods of stimulus observation (Blais et al., 2008; Caldara et al., 2010; Rodger et al., 2010a; Kelly et al., 2011a; Miellet et al., 2012; Miellet et al., 2013), which seems consistent with a later onset of cultural differences. However, as we previously mentioned, eye movements cannot inform us in real-time about the information that is actually used by an observer, but can only do so at a later time, insofar as they follow prior

related attentional strategies. Thus, if Westerners and Easterners deploy their attention differently during those first fixations, it is also possible that the onset of the cultural effect on SF sampling would be immediate, despite similar initial gaze positions, and thus precede the observed cultural differences in eye movements. In this sense, measuring the onset time of the effect of culture on SF sampling can contribute to understanding further the link between the observed cultural differences in eye movements and SF extraction. Indeed, the current available data is insufficient to clarify whether the type of visual information sampled is determined by the different eye movement patterns or the opposite.

Regarding the time course, on one hand, if Westerners and Easterners initially use the same SFs, and only later exhibit differences in their use of SFs, this could highlight cultural differences in how facial information is integrated. On the other hand, the SF sampling pattern of Easterners may be globally proportional to that of Westerners, but in comparison, consist in the extraction of altogether lower SFs. In this case, the cultural differences should be consistent through time, and highlight similarities in how both cultures integrate information during a face processing task. By specifically investigating the time course of the cultural differences in SF utilization, this study allows us to untangle these possibilities and acquire more accurate knowledge pertaining to the moment at which culture starts shaping the nature of the visual information sampled during facial recognition and the manner in which this phenomenon unfolds.

Evidence that cultural differences emerge quite early during visual processing of a stimulus has been obtained in a few other studies. For instance, the formerly cited study by Boduroglu, Shah, and Nisbett⁸ highlights divergences in how Easterners and Westerners allocate their attention during a change-detection task while the stimulus display time was limited to 150 ms, hence corroborating the hypothesis that, compared to Westerners, Easterners' attention is dispersed across a broader area of the visual space quite early during the processing of a display. Furthermore, Lao, Vizioli and Caldara (2013) measured Westerners' and

Easterners' attentional sensitivity to global or local visual characteristics, and tried to pinpoint the onset time of the corresponding neural activity. They found that for Easterners, but not Westerners, greater repetition suppression – a measure of neural adaptation to redundant information – on the attention-sensitive P1 event-related potential (ERP) occurred for repeated information at the global level compared to recurrent local information, as soon as 80 ms after stimulus onset. Thus, this study reveals evidence for an early attentional bias in Easterners toward the global visual features of Navon hierarchical stimuli, as shown by an attention-responsive ERP.

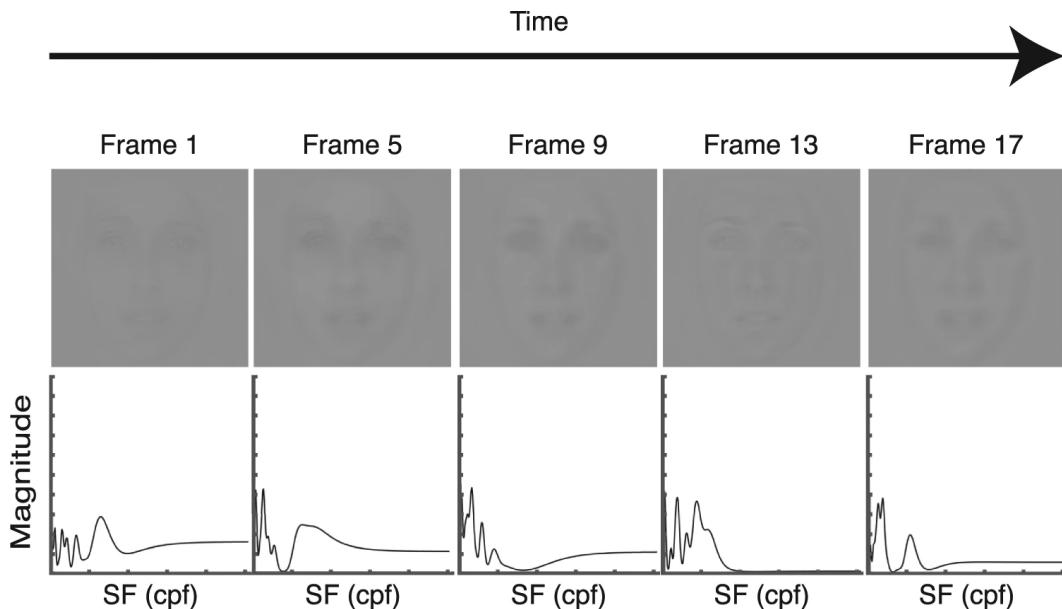
Notwithstanding the foregoing evidence of Easterners' early attentional bias toward visual information spanning over a wide visual range, as opposed to Westerners, the experimental paradigms used by previous studies were not devised to measure the temporal unfolding of corresponding differences in the use of visual information. In this vein, the method that was used in the present study was specifically implemented to reveal subtle changes in the time course of visual information extraction. This method, thus, makes it possible to reveal with heightened precision how early culture starts to shape the nature of the visual information sampled during the processing of a stimulus. Furthermore, this study is the first to investigate the earliness and time course of cultural differences in SF use during the recognition of faces, which will contribute to bridge the aforementioned gap between eye movements, attention and visual information extraction.

Along these lines, the present study measures the time course of the cultural differences in SF utilization during face identification by applying a SF filtering method specifically designed for this purpose. Our current method is based on the Bubbles method (Gosselin & Schyns, 2001), specifically on its more recent version focused on SF sampling (i.e. SF Bubbles, namely used in Tardif et al. 2011, as well as in several previous studies – see Willenbockel et al., 2010a; Thurman & Grossman, 2011; Willenbockel et al., 2012; Willenbockel et al., 2013; Tadros et

al., 2013; Caplette et al., 2014; Royer et al., 2017). This category of methods is designed to isolate parts of all the information contained in a visual stimulus, e.g. local image features, SFs, or orientations (see Duncan et al., 2017), in order to understand the relative importance of each piece of information for efficient visual processing.

With this in mind, the SF filtering technique used in the current study consists in randomly sampling, on each trial, a subset of the SFs that compose an image – here, faces – and vary this subset through time, within one trial (see Figure 2.1 for a stimulus example; see the Methods section for more details on the stimuli creation procedure). This allows to measure a participant’s ability to recognize a face containing only the selected SFs at each trial. Since ranges of SFs are more or less likely to be extracted and used by participants at specific time points in the course of visual processing, if the SFs useful for a participant to perform the task are sampled at the right moments, the participant is more likely to respond accurately, and if they are not, the participant is less likely to respond accurately. This method not only allows to assess which SFs are useful for face recognition, but will also give insight on the temporal dynamics of the SFs use as well as the onset of the cultural differences in the use of SFs during the processing of faces.

Figure 2.1



Note. Example of a sequence of the SFs sampled across time, with the resulting image, for one trial. In order to save space, only a subset of the 18 frames were selected for display.

2.2. Methods

2.2.1. Participants

Twenty-two Western Caucasian Canadian (7 men; mean age of 24; SD = 2.4) and twenty-three East Asian Chinese (7 men; mean age of 21; SD = 1.9) participants completed the task. Chinese participants were tested in Hangzhou (Zhejiang province), were all born in China, lived in China and had little to no experience with occidental cultures. Canadian participants were tested in Gatineau (Quebec province), were born in Canada, lived in Canada, and had little to no experience with oriental cultures. All participants had normal or correct- ed-to-normal vision.

Sample size was based on our previous article regarding cultural differences in SF use, in which a similar method was used (Tardif et al., 2017), as well as other studies that made use of the SF Bubbles method (Willenbockel et al., 2010a; Royer et al., 2017). Given our sample size and an expected F-test effect size (η^2) of 0.188, we have approximately 91% statistical power (as measured by G*Power 3.1) to observe an effect of this size with a repeated-measures mixed ANOVA, as will be applied in the present study. The theoretical effect size was derived from the average effect sizes across all significant two-way or three-way interactions found in several relevant studies, and one meta-analysis, pertaining to either cultural perception, facial or expression recognition (i.e. effect sizes: 0.0866, 0.1267, 0.1468, 0.2869, 0.3268).

The experimental protocol used in this study was approved by the Institutional Review Boards of Université du Québec en Outaouais and Hangzhou Normal University; all experiments conducted conformed to relevant guidelines and regulations with regard to the use of human participants. Each participant signed a written, informed consent form prior to the experiment.

2.2.2. Material and stimuli

All tasks were run on the MATLAB software with the Psychophysics Toolbox (Kleiner et al., 2007; Brainard, 1997; Pelli, 1997; see <http://psychtoolbox.org>). Western Caucasian face images were drawn from the Radboud (Langner et al., 2010), KDEF (Lundqvist et al., 1988) and the PICS (Hancock, 2008) databases, and Chinese face images were drawn from the CUFS (Wang & Tang, 2009) and from William Hayward's face database. All faces displayed a neutral facial expression. Accidental local features such as brown spots or rashes were removed using the Photoshop software. Faces were aligned as well as possible, using as parameter the least-square measure, on the positions of eyes, nose and mouth – by means of translation, rotation, and scaling. They were revealed through a uniform mask to hide external facial features such as hair and ears. Subsequently, the

luminance and spatial frequency content were equalized throughout all face images using the SHINE toolbox (Willenbockel et al., 2010b). Finally, for each face ethnicity, a subset of 8 identities was selected from a pool of 130 faces by using a custom image matching algorithm to ensure that both subsets contained images that were inherently of comparable difficulty to discriminate from an Ideal Observer perspective.

Due to limited material resources, stimuli were displayed on calibrated LCD (52×29 cm; 1920×1080 p) monitors for the experiment in Canada, and calibrated LCD (37×30 cm; 1024×768 p) and CRT (32×24 cm; 1024×768 p) monitors in China. In Canada, the stimuli face had an on-screen width of 5 cm and participants were seated at a viewing distance of 47.7 cm. In China, with the CRT monitors, the stimuli face had an on-screen width of 6 cm and participants were seated at a viewing distance of 57.1 cm, and with the LCD monitors, the stimuli face had an on-screen width of 7 cm and participants were seated at a viewing distance of 66.5 cm. To ensure that viewing distance was constant throughout the entire experiment, all participants were asked to position their head on a chin and forehead rest, facing the screen at the appropriate viewing distance. In consideration of the foregoing, the use of two different types of monitors in no way invalidates our results as the viewing distance was adjusted relative to the on-screen size of the stimuli so that the image face width ultimately subtended 6 degrees of visual angle. This means that the proximal stimuli (retinal images), and thus the actual SFs projected on the retina, were similar in both countries. Furthermore, all monitors had a calibrated luminance and a refresh rate of 60 Hz. In addition, Chinese participants had been tested with both LCD and CRT monitors in our previous study on how culture influences SF use (Tardif et al., 2017), and the results were not affected by the type of monitors used.

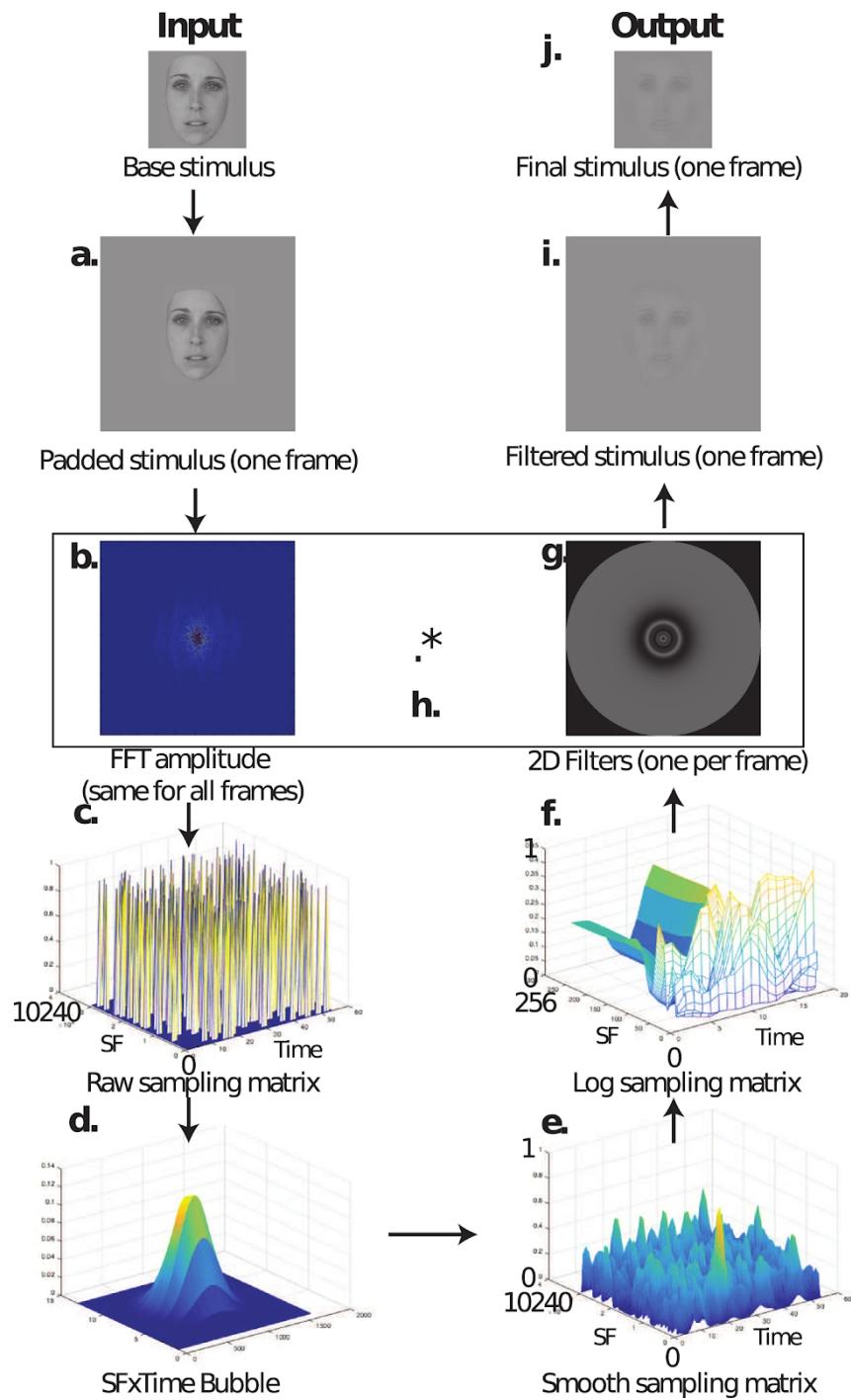
The stimuli were produced in real-time using a transient SF filtering technique. From a conceptual point of view, the method worked as follows. On every trial, one stimulus consisted in a series of faces each representing one ‘time frame’.

Each trial was composed of eighteen frames. One by one, all image frames independently underwent a SF filtering process. More specifically, among all the SFs available in the image, a subset was randomly sampled. Thus, each of the eighteen frames represented a face in which different subsets of SFs were available. The eighteen frames were first sampled independently from one another, so the SFs on different time frames varied randomly. However, the eighteen frames in the final stimuli were not completely independent from one another, because a temporal smoothing was applied to avoid abrupt changes in the SFs presented. This temporal smoothing had the effect to create an overlap in the SFs sampled in three successive frames. A spatial smoothing was also applied such that when one SF was sampled, its neighbouring SFs were also sampled. The number of neighbouring SFs that were sampled at the same time as the target SF depended on the specific target SF sampled: the higher it was, the more neighbouring SFs were sampled at the same time. This variation was implemented to adjust the SF selection to the human visual system's sensitivity to SFs (see DeValois & DeValois, 1988). Thus, in the following, what is called a 'bubble' is the smooth sampling of the randomly targeted SF along with its SF neighbours.

On a more technical ground, the creation of one stimulus integrates a manifold of computational steps illustrated in Figure 2.2. First, each 256×256 pixels image frame is centered on a uniform background twice its size as a means of minimizing edge artefacts in the SF domain (Figure 2.2a). Second, the padded image is converted to a complex amplitude matrix – representing the SF spectrum of the image – by way of a fast Fourier transform implementation (Figure 2.2b). Third, a random matrix of $10,240 \times 54$ elements containing N ones – representing the number of target SFs sampled – distributed among zeros is generated (raw sampling matrix; Figure 2.2c). This raw sampling matrix is the basis to create the eighteen SF filters that are used for each individual image frame. Then, a two-dimensional Gaussian kernel with standard deviations of 1.5 cycles per image (cpi) and 1.3 frames for the dimensions of SF and time respectively is produced, and is convoluted with the raw sampling matrix to create smooth 'bubbles'

through SFs and time (smooth sampling matrix; Figure 2.2d,e). This smoothing procedure makes it so that the SF information sampled at a given frame starts gradually appearing during the previous frames and gradually disappearing during the subsequent frames. The SF information is thus present with at least half of its maximum intensity for about three frames (Full Width at Half Maximum, or FWHM, of 3.06 frames), allowing for a visually smooth transition across time. Fourth, the smooth sampling matrix is re-sampled along the dimension of time in order to exclusively keep the center-most eighteen frames. Thereafter, the resulting eighteen SF vectors that constitute the smooth sampling matrix undergo a logarithmic transformation to adjust the SF selection to the human visual system's sensitivity to SFs (log sampling matrix; Figure 2.2f; see De Valois & De Valois, 1988). As a result, a 256×18 elements log sampling matrix is obtained. Thereafter, each one of the eighteen 256 element vectors is rotated about its origin to create a two-dimensional isotropic SF filter for each image frame (2D filters; Figure 2.2g). Then, the 2D filters are iteratively multiplied point-wise with the corresponding padded Fourier transformed image for each frame (Figure 2.2h), and an inverse fast Fourier transformation is applied to each product (Figure 2.2i). At each frame iteration, the central part of the filtered image (256×256 pixels) is cropped and sequentially integrated into a video which constitutes the final stimulus for a given trial (Figure 2.2j). On each trial, these frames were displayed in succession at the same rate of about 16–17 ms – in line with all monitors' vertical retrace rate of 60 Hz – adding up to a stimulus on screen appearance of 300 ms per trial (see Figure 2.1 for a stimulus example).

Figure 2.2



Note. Example of the creation of one stimulus with the temporal SF filtering method.

2.2.3. Procedure

The experiment comprised three phases. The first phase was a practice in which participants learned sixteen faces, including eight Western Caucasians (four males) and eight East Asians (four males). The second phase aimed at individually adjusting the difficulty level of the task such that all the participants reached an accuracy criterion of 51%. The third phase was the main task, used to measure the SF tuning of the participants. In all three phases, the task was the same: on each trial, following a 500 ms centred fixation cross, one of the sixteen learned faces was randomly presented at the center of the computer screen, and the participant was asked to identify it. The task was set up as a block design, each block featuring either one of the face ethnicities. The face ethnicity order was counterbalanced between subjects. More details about each phase are provided in the following paragraphs.

In the first phase, participants first familiarized themselves with eight faces of one ethnicity during a fixed period of eight minutes. Each face was associated with a keyboard key, and participants needed to learn this association in order to identify the faces during the experiment. The assigned keys covered one keyboard row so that participants could place both hands comfortably, and were consistent for all participants. After this first eight-minute familiarization period, participants completed one practice block by trying to identify the eight learned faces (unfiltered). On each trial of the practice phase, participants were instructed to first fixate the fixation cross that appeared in the middle of the screen for a duration of 500 ms. Then, a face was displayed until a response was given, and appropriate feedback was transmitted on the screen following each trial. Subsequently, a second eight-minute period of familiarization was provided to learn the eight faces of the other ethnicity and their associated keyboard keys. After this second familiarization period, participants then completed a practice block by trying to identify these eight new unfiltered faces. Practice blocks of 160 trials went on, while alternating between both face ethnicities, until participants

reached an accuracy of at least 92% for two consecutive blocks of both Western Caucasian and East Asian faces. Once this criterion was met, they could advance to the second phase, which implemented the dynamic SF filtering technique.

The second phase aimed to find the number of bubbles necessary to maintain an accuracy rate around 51% (the same threshold value as in Tardif et al. (2017) was used for the purpose of replication). Adjusting the number of bubbles is a procedure typically applied when using the SF Bubbles method to keep participants' performance level up to a fixed threshold. On one hand, this measure avoids dramatically hindering participants' accuracy which, if not significantly above chance level, offsets the validity of correct trials. On the other hand, it prevents participants from reaching a high level performance plateau making it difficult to reveal which SF information is actually useful and which information is superfluous. In practice, increasing the number of bubbles means that, on average, more SF information will be visible to the participant, whereas decreasing it means that, on average, less SF information will be visible to the participant. More specifically, the number of bubbles corresponds to the number of target SFs sampled across one trial (i.e. the number of 'ones' distributed across the 'raw sampling matrix'). Since the distribution of bubbles across the 'raw sampling matrix' is random, a higher number of bubbles can either increase the range of SF bands selected within one trial or, if the bubbles mostly fall within a small range of SFs, increase the magnitude (i.e. the intensity at which the SFs are present in the stimulus) of the selected SF bands. The procedure during that second phase was essentially the same as for the practice trials, but the faces were filtered using the transient SF Bubbles method explained above, and no feedback was given. Crucially, the stimulus was presented to the participant for 300 ms, and followed by a high contrast random noise mask. Participants completed blocks of 150 trials, alternating between blocks of Western Caucasian and East Asian faces in the same order as for the previous task. The number of bubbles was adjusted on a trial-by-trial basis using QUEST (Watson & Pelli, 1983). QUEST is a Bayesian adaptive procedure which, as implemented in the present task, estimated on each

trial the most probable number of bubbles needed by a participant to reach the target accuracy criterion. Participants completed as many blocks as needed to reach a stable number of bubbles with both face ethnicities. Once stability was achieved, the final number of bubbles needed to steadily attain threshold performance for blocks featuring the other-race faces (relative to the participant's ethnicity) was thereafter applied to stimuli of both ethnicities during the main task. We chose to base the final number of bubbles on the other-race faces because participants were generally worse with such faces, and we wanted to avoid a chance-level performance with them. We used the same number of bubbles for both face conditions to ensure that they were comparable in terms of the total amount of visual information they conveyed.

From that point on, the main task (i.e. third phase) started. The procedure during the main task was the same as for the second phase, except that the number of bubbles was fixed to the value obtained during the second phase. Participants completed 30 blocks, each consisting of 100 trials, again alternating between blocks of Western Caucasian and East Asian faces. Accuracy rate was monitored after each block to make sure that it did not reach an upper criterion of 75% with the same-race faces. If the accuracy rate was higher than 75%, a new block from the second phase (i.e. in which bubbles are adjusted with QUEST) was completed to readjust the number of bubbles. Only the blocks from the main task were included in the analyses, for a total of 3,000 trials.

2.2.4. Classification image computation

The analysis method is essentially hinged on an association between the participants' accuracy and the dynamic SF filter applied at each trial. More specifically, a linear combination is performed across all trials by appointing a positive weight to the raw sampling matrices (Figure 2.2c) that yielded a correct response, and a negative weight to those that led to an incorrect response. The values of these weights are calculated by transforming accuracy values on each

trial (i.e. ones and zeros) into Z scores using the average and standard deviation of the participant's accuracies. The result of this linear combination procedure is called a classification image. In fact, the procedure to compute the classification images is similar to a multiple linear regression in which there are 2304 independent variables (i.e. 128 spatial frequencies \times 18 frames), and the dependent variable is the accuracy. In the present case, the classification images represent how strongly the availability of each SF on each frame is associated with the participant's accuracy. For each participant, two classification images, one for each face ethnicity, were produced. Each classification image was then smoothed by convolving it with a 2-dimensional Gaussian kernel subtending standard deviations of 2.5 cpi by 1.3 time frames. Then, as was done for the experimental stimuli, a logarithmic transformation was applied to the classification images. Lastly, the classification image values were converted into Z scores using an estimate of the mean and standard deviation under the assumption of the null hypothesis, derived from a permutation procedure applied to the data. Finally, for each face ethnicity separately, and each cultural group, the individual classification images were summed together and divided by the square root of the number of participants.

2.3. Results

2.3.1. Behavioral performance

First, participants' accuracy level was entered into a mixed ANOVA with the between-subject factor participants' culture and within-subject factor stimulus ethnicity. Overall, Canadian participants reached a higher accuracy level ($M = 70.29\%$; $SD = 5.57\%$) than Chinese participants ($M = 58.71\%$, $SD = 7.67\%$), [$F(1,43) = 32.634$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.431$]. No significant effect of face ethnicity was found [$F(1,43) = 0.859$; $p = 0.359$; $\eta^2 = 0.020$], indicating that the stimuli were of comparable difficulty across face ethnicity. However, a significant

interaction between participants' culture and the stimuli's ethnicity was observed [$F(1,43) = 8.707; p = 0.005; \eta^2 = 0.168$]. Post hoc t-tests highlight that Canadian participants obtained a significantly higher average accuracy rate with Western Caucasian faces ($M = 72.18\%; SD = 6.68\%$) compared to East Asian faces ($M = 68.41\%; SD = 6.01\%$), [$t(21) = 3.259; p = 0.004$; Cohen's $d = 0.593$; 95% CI: 1.36%, 6.17%], whereas Chinese participants obtained similar average accuracies ($M = 57.73\%; SD = 9.02\%$ for Western Caucasian faces, $M = 59.69\%; SD = 7.99\%$ for East Asian faces) across face ethnicities [$t(22) = -1.272; p = 0.216$; Cohen's $d = 0.230$; 95% CI: -5.17%, 1.24%]. An equal performance for Chinese participants for both face ethnicities was also obtained in Tardif et al. (2017). Interestingly, other studies have also revealed a greater same-race bias for Western Caucasian observers compared to East Asian observers (e.g. see Tanaka et al., 2004; Walker & Hewstone, 2006; Gross, 2009). It is also important to note that the identities chosen for each face ethnicity category were objectively equalized in recognition difficulty prior to testing, using an ideal observer.

In light of the significant difference in accuracy rates between Canadian and Chinese participants, another mixed ANOVA with the same between and within-subject factors was conducted to verify if there was any difference in the time participants spent practicing with unaltered faces before reaching the main testing phase, during which the dynamic SF filtering was then applied. The analysis revealed no significant main effect of participants' culture [$F(1,40) = 1.299; p = 0.261; \eta^2 = 0.031$] or stimulus ethnicity [$F(1,40) = 3.246; p = 0.079; \eta^2 = 0.075$] on the number of practice blocks participants needed to achieve threshold performance in order to start the main task, i.e. a 92% accuracy rate for at least two consecutive blocks with both stimulus ethnicities (Canadian participants: $M = 1.11$ blocks; $SD = 0.32$ blocks for Western Caucasian faces, $M = 1.58$ blocks; $SD = 0.96$ blocks for East Asian faces; Chinese participants: $M = 1.48$ blocks; $SD = 0.85$ blocks for Western Caucasian faces, $M = 1.78$ blocks; $SD = 1.62$ blocks for East Asian faces). The interaction between the two factors did not reach significance either [$F(1,40) = 0.154; p = 0.697; \eta^2 = 0.004$].

The number of bubbles was also analyzed because, as described in the Methods section, it was adjusted at different points throughout the experiment to maintain participants' accuracy close to a predetermined criterion level; it therefore indexes the amount of information needed, on each trial, by participants to perform the task. Firstly, we focused on the number of bubbles used during the main (third) task. That number was set equally for both face ethnicities based on the final number of bubbles participants reached with other-race faces during the second task. As is mentioned in the Procedure section, the final number of bubbles rested on the results with other-race faces because participants were generally worse with those faces. This decision was meant to avoid participants performing at the level of chance with other-race faces. Here, we wanted to verify if the number of bubbles was comparable for Canadian and Chinese participants during the main face identification task, in order to ascertain that this factor did not affect the cultural differences in SF use we might find. An independent sample t-test revealed no significant difference between the average number of bubbles that was used in the main task for Canadian ($M = 642.031$; $SD = 181.269$) and Chinese ($M = 620.037$; $SD = 178.680$) participants [$t(43) = 0.410$; $p = 0.684$; Cohen's $d = 0.122$; 95% CI: -86.229 , 130.217].

In addition, we entered the number of bubbles that participants needed throughout the second task into a mixed ANOVA with the between-subject factor participants' culture and within-subject factor stimulus ethnicity. This allowed us to measure the average number of bubbles participants initially needed with each face ethnicity to reach the performance threshold, before a stable number of bubbles to use in the main task was determined. No significant main effect of participants' culture was revealed [$F(1,43) = 0.635$; $p = 0.430$; $\eta^2 = 0.015$], albeit a main effect of stimulus ethnicity was significant [$F(1,43) = 5.689$; $p = 0.022$; $\eta^2 = 0.117$]. However, a significant interaction between participants' culture and the ethnicity of the stimuli was also revealed [$F(1,43) = 15.760$; $p < 0.001$; $\eta^2 = 0.268$]. Post hoc t-tests indicate that Canadian participants needed

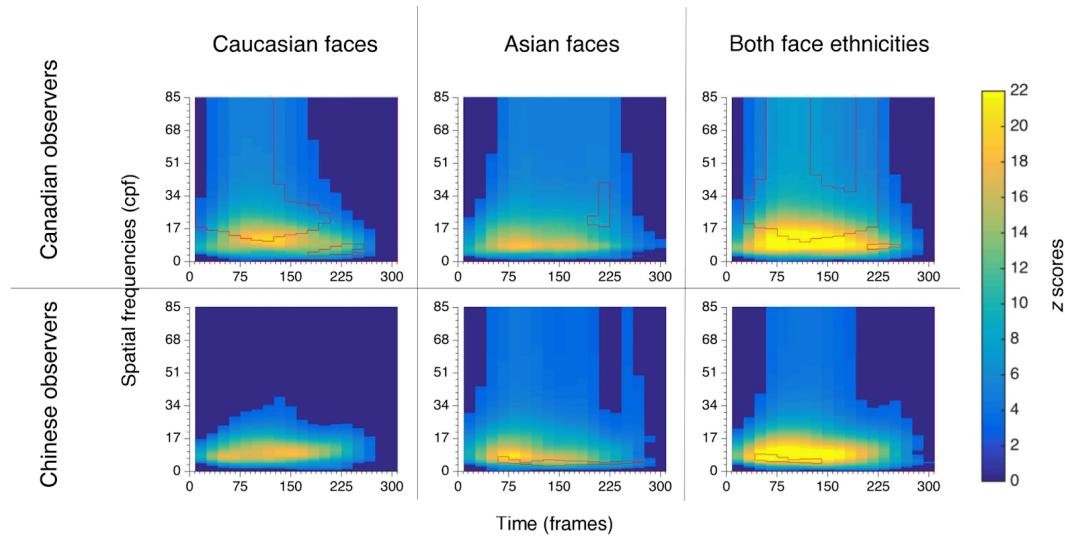
significantly more information to recognize East Asian faces ($M = 716.581$; $SD = 169.432$), than to recognize Western Caucasian faces ($M = 600.893$; $SD = 169.045$) [$t(21) = -3.829$; $p = 0.001$; Cohen's $d = 0.684$; 95% CI: -178.522 , -52.854], but Chinese participants require a statistically similar amount of information to recognize both East Asian ($M = 605.574$; $SD = 180.726$) and Western Caucasian faces ($M = 634.422$; $SD = 176.332$) [$t(22) = 1.386$; $p = 0.180$; Cohen's $d = 0.162$; 95% CI: -14.314 , 72.011].

2.3.2. Spatial frequencies x time classification images

The time course of SF utilization was analyzed by producing classification images; they indicate how strongly the participant's utilization of each SF at each time frame is associated with accuracy (see the Methods section for more details on the computation of the classification images). Classification images representing the time course of SF utilization were produced separately for East Asian and Western Caucasian faces. Group classification images representing the time course of SF utilization without regard to the stimulus ethnicity were also produced. Note that analyzing group classification images rather than individual ones is a common practice when using Bubbles (see e.g. Willenbockel et al., 2010a; Smith et al., 2005; Blais et al., 2012; Ewing et al., 2017); it is one way of reducing the noise inherent to random sampling procedures, as it increases the overall number of trials included in the analysis. Indeed, to be able to identify a meaningful pattern with this method, whether it supports or not the testing hypothesis, a large number of trials is needed to discover a signal (i.e. some regularity) through the trial-by-trial random combinations. Alternatively, it is possible to compute meaningful individual classification images if each individual performs a very large number of trials. This can be useful if individual differences are expected. By comparison, group classification images are typically performed when individuals from that group are expected to be part of the same population, which is the case in the present study on cultural group differences.

To reveal the SF \times time information extraction that was significantly associated with accuracy, the Cluster test from the Stat4CI toolbox ($p < 0.05$; FWHM = 4.47; $Z_{crit} = 3.0$; Chauvin et al., 2005) was applied to each cultural group's classification images. This test is based on the random fields theory and corrects for multiple comparisons (i.e. one test per SF and time frame) by controlling for the family-wise error rate, while taking into account the fact that contiguous SFs and time frames are not independent (i.e. at a functional level). The significant clusters are represented in colours other than dark blue on Figure 2.3. To uncover statistically significant cultural differences, Chinese group classification images were subtracted from Canadian group classification images, and Cluster tests were applied to these differential classification images ($p < 0.025$; FWHM = 4.47; $Z_{crit} = 3.0$). The clusters representing significant cultural differences are delineated in red on Figure 2.3.

Figure 2.3



Note. Classification images illustrating Canadian and Chinese observers' significant use of spatial frequencies across time, for Western Caucasian faces, East Asian faces and both face ethnicities combined. Group differences (i.e. Canadian observers - Chinese observers) are marked for each group and stimulus category: red edges delineate significant SF use biases for each cultural group.

The results reveal significant cultural differences akin to those that were found previously (Tardif et al., 2017). In order to simplify the description of these differences across time, the mean lower and higher bounds of SF utilization were derived for each SF × time cluster; however, the lower and higher bounds of SF utilization on each frame separately are available on Figure 2.3. When both face ethnicities are considered together (i.e. Figure 2.3, last column), results show that, between 50 and 133 ms of stimulus presentation, Chinese participants benefit significantly more than Canadian participants from lower SFs between 4.8 and 7.3 cycles per face (cpf) to correctly identify faces. In contrast, as early as 34 ms following stimulus onset and for the next 184 ms of stimulus presentation, Canadian participants benefit significantly more than Chinese participants from higher SFs between 16.2 and 60.1 cpf.

Upon analyzing face ethnicity-specific cultural differences (i.e. Figure 2.3, first and second columns), the results indicate that Canadian participants make a much greater use than Chinese participants of SFs ranging from 16.7 to 41.5 cpf, as soon as the stimulus appears and for a steady 200 ms, for the identification of Western Caucasian faces. Their high SF bias arises much later and more briefly for East Asian faces (from 18.5 to 32.3 cpf, between 200 and 220 ms), although a trend towards a similar bias can be observed earlier in time; in fact, SFs that fall within the significant cluster revealed for Canadian participants when both face ethnicities are combined (i.e. from 16.2 to 60.1 cpf, between 34 and 217 ms) are also relatively more useful for this group to identify East Asian faces (average Z score of 1.48). For Chinese participants, a low SF bias between 3.6 and 5.5 cpf, starting at 67 ms and ending at 267 ms is significantly present for East Asian faces. There was also a trend in the same direction for Western Caucasian faces for SFs that fall within the significant cluster revealed when face ethnicities were combined (i.e. from 4.8 to 7.3 cpf, between 50 and 133 ms; average Z score of -2.32). It is also interesting to note that our Canadian participants start making greater use than our Chinese participants of lower SFs ranging from 3.3 to 7.6 cpf

later during the course of information extraction (between 184 and 250 ms); this low SF bias is significant only with own-race faces, although there is a trend in the same direction with other-race faces, for SFs that fall within the corresponding cluster of significant low SFs when both face ethnicities were combined (from 6.9 to 9.1 cpf, between 200 and 250 ms; average Z score of 1.45).

While this does not jeopardize the validity of the main results, it is worth noting that the sampling method makes it difficult to draw conclusions regarding the upper bounds of the SF ranges used by participants. Indeed, the application of a logarithmic SF sampling technique impacts on the resolution that we may expect in the results. More specifically, the higher the sampled SF, the broader the range of surrounding SFs included in the filter. As explained in the Methods section, the decision to use a logarithmic sampling stems from our knowledge of the visual system's relative sensitivity to SFs; that is, retinal cells which are sensitive to high SFs tend to react to a broader range of SFs than cells which are sensitive to low SFs (De Valois & De Valois, 1988). Thus, although extremely high SFs are included in the significant clusters of information utilization, it is unlikely that they were actually beneficial to the participants. Rather, they likely are an artifact of the lower resolution of the method with high SFs. An analysis aiming at examining in greater detail the relationship between the sampled SF and the resolution is provided as Supplementary Information. That analysis suggests that the presence of extremely high SFs in the significant clusters likely reflects that SFs at least as high as 22 cpf were beneficial to the participants. However, because of the lower resolution with high SFs, it is not possible to know the upper bound of the SFs extracted.

In addition, for the purpose of investigating whether or not our results can be found across a majority of individual participants, we conducted a bootstrap analysis in which participants are randomly sampled (with replacement) to form new samples including overall the same number of subject data. This procedure allows us to verify if our results can be found across a majority of random

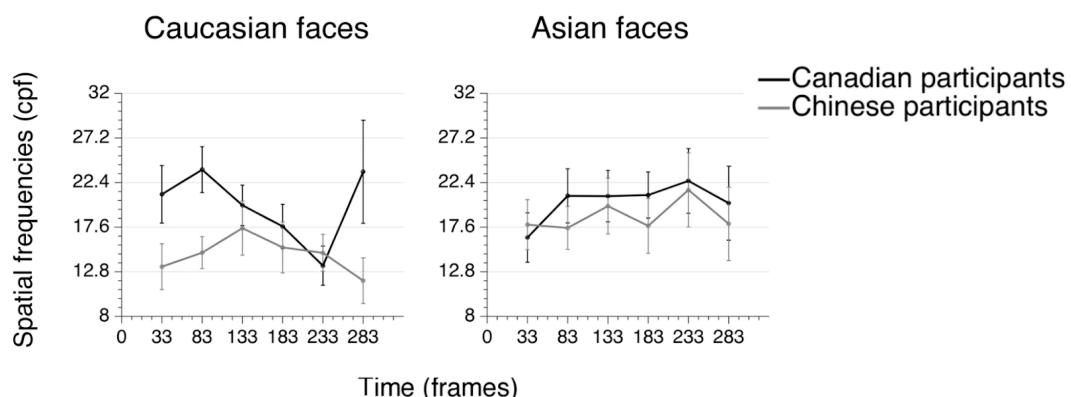
samples of participants, in which the data of any individual participant has varying degrees of weight. We resampled our participants 1000 times and verified if the previously revealed cultural group differences could be found in at least 95% of cases. As a matter of fact, our bootstrap analysis confirms that all but one significant cluster revealed in our main analysis were observed with a 95% confidence interval. Indeed, only the low SF cluster previously found for our Chinese participants when both face ethnicities were combined did not reach the 95% threshold. However, a trend was present for 90% of the samples. This highlights, nonetheless, a greater heterogeneity of processing strategies among Chinese participants, especially with other race faces (see detailed results and figures for this analysis in Supplementary Information).

2.3.3. Spatial frequency tuning across time

In order to get a better grasp of the time course of SF utilization for both cultures, a second analysis was conducted to verify how the peaks of SF tuning unfolded through time. The participants' individual SF tuning peaks were calculated at each time-point using the 50% Area Spatial Frequency Measure (ASFM; see Tadros et al., 2013). The ASFM method works by finding the SF point that separates the surface underneath the SF tuning curve (i.e. the curve representing how strongly each SFs is associated with accuracy) and over the significance threshold in two equal parts. This measure aims to reveal the SF value that approximately characterizes an observer's SF use preferences, by considering both the highest point (i.e. the largest SF value) and the width (i.e. the SF range) of the curve. As the Z score values constituting the individual classification images are overall lower than the values that make up the group classification images, the significance threshold applied here was half of the threshold used for the Cluster test on the group classification images (i.e. $Z_{crit} = 1.5$). For the frames that contained no values that met the threshold, the raw maximum value was used. Furthermore, since the smoothing procedure across

time makes it so that a SF sample is present during approximately three time frames (see the Methods section, as well as the Supplementary Information, for more details), the individual tuning peaks were calculated for six time-points each comprised of an average of three consecutive time frames. This decision also allowed to reduce the number of comparisons needed for the within-subject factor time frames of the postliminary analysis of variance. Figure 2.4 displays the unfolding of SF tuning peaks through time.

Figure 2.4



Note. Canadian and Chinese observers' SF tuning peaks (group average), for Western Caucasian and East Asian faces respectively.

Thus, a $2 \times 2 \times 6$ mixed ANOVA, with participants' culture as a between-subject factor, and face ethnicity and time frames as within-subject factors, was performed on the individual peaks. The main effect of culture was significant [$F(1,43) = 4.639$; $p = 0.037$; $\eta^2 = 0.097$], meaning that Canadian participants had higher tuning peaks (all frames (cpf)): $M = 19.9$; $SD = 15.1$ for Western Caucasian faces, $M = 20.4$; $SD = 14.3$ for East Asian faces) than Chinese participants (all frames (cpf)): $M = 14.6$; $SD = 11.5$ for Western Caucasian faces, $M = 18.8$; $SD = 15.2$ for East Asian faces). This result replicates the group differences found in the classification images and discussed in the precedent section. It supports the idea that the differences observed in the group classification images reflect the strategy

of the whole group rather than the one of just a few unrepresentative individuals. Neither a significant effect of time [$F(1,43) = 0.378; p = 0.775; \eta^2 = 0.009$], of face ethnicity [$F(1,43) = 1.939; p = 0.171; \eta^2 = 0.043$], nor a significant interaction between factors was found.

2.3.4. Analyses with accuracy as factor

Finally, in order to rule out the possibility that our results might be driven by the accuracy differences between the two cultural groups, we performed once again all the previous analyses while controlling for participants' accuracy. This exact procedure was also done in our first study on how culture influences SF use (Tardif et al., 2017). Firstly, no significant correlation between ASFM peaks and accuracy was found (Canadian participants: $r = 0.1; p = 0.658$, Chinese participants: $r = 0.105; p = 0.633$). The average ASFM peaks across time frames were used here, since our initial analysis on SF tuning peaks did not reveal a significant effect of time.

Then, we matched subgroups of participants on the basis of accuracy rate (12 Canadian participants: $M = 66.67\%; SD = 4.75\%$, 12 Chinese participants: $M = 64.67\%; SD = 3.65\%$, $t(22) = 1.156; p = 0.26$), chosen according to the same criteria as our previous study¹¹: (a) to include as many participants as possible, and (b) to minimize the difference in accuracy rates.

Results on group classification images were similar to the ones found in our initial analysis (results are illustrated in Figure 2.S3, provided in the Supplementary Information file). Overall, between 34 and 150 ms of stimulus presentation, Chinese participants make better use than Canadian participants of SFs between 4.8 and 8.2 cpf. This low SF bias for Chinese participants is present with East Asian faces (from 3.3 and 8.7 cpf; between 34 and 150 ms), whereas, again, only a tendency is observed with Western Caucasian faces for SFs that fall within the significant cluster revealed when face ethnicities were combined (i.e. from 4.8 to

8.2 cpf, between between 34 and 150 ms; average Z score of -2.187). By comparison, Canadian participants are better than Chinese participants at recognizing faces with SFs from 19.6 to 54 cpf, between 34 ms and 100 ms of stimulus presentation. This high SF bias for Canadian participants (i.e. from 15.3 cpf and up) occurs as soon as the stimulus appears on screen and remains for 117 ms with Western Caucasian faces, but only during a brief time period with East Asian faces (i.e. between 200 and 217 ms, for SFs from 16.3 to 26 cpf).

Although the mean SF tuning peaks of the cultural subgroups are similar to the ones we obtained with all the participants included, the main effect of culture did not remain significant [$F(1,22) = 1.532$; $p = 0.229$; $\eta^2 = 0.065$], likely due to the small sample size of our subsamples. Nonetheless, the trend persisted in the same direction [Canadian participants (mean peaks across frames; cpf): $M = 18.3$; $SD = 9.3$ for Western Caucasian faces, $M = 20.4$; $SD = 6.9$ for East Asian faces; Chinese participants (mean peaks across frames; cpf): $M = 14$; $SD = 7.7$ for Western Caucasian faces, $M = 18.9$; $SD = 8.1$ for East Asian faces]. In addition, there was still no significant effect of time [$F(1,22) = 0.204$; $p = 0.89$; $\eta^2 = 0.009$], no significant effect of face ethnicity [$F(1,22) = 2.307$; $p = 0.143$; $\eta^2 = 0.095$] and no significant interaction between factors.

According to these results, it seems unlikely that the cultural differences revealed earlier in this study could be explained by differences in performance rate.

2.4. Discussion

Respectively influenced by ancient Chinese and Greek civilisations, modern Eastern and Western societies have built diametrically opposite cultures and ways of life (Nisbett et al., 2001). The social structure in which individuals from these respective cultures are brought up heavily shapes their way of gathering knowledge about the visual world, and thus draws their attention to particular

aspects of their environment. This systematic attentional bias that arises can influence the very nature of the information sampled by the visual system. Indeed, we have previously shown that culture can shape basic visual processes such as the extraction of SF information during the recognition of a face (Tardif et al., 2017), which happens to be a powerful social stimulus. The current study went further still and set out to investigate the time course of the cultural differences involved in the effective utilization of SF information for facial recognition. To the best of our knowledge, this research is the first to directly measure the culture-specific time course of SF extraction, by applying an image processing technique specifically designed for this purpose, fitted with empirically proven temporal and spatial accuracy (see Supplementary Information).

2.4.1. Earliness of cultural differences

First and foremost, our findings broadly replicate the differences revealed in our previous study (Tardif et al., 2017) pertaining to the type of information used by East Asian and Western Caucasian observers during face identification, while using different groups of participants, a different set of stimuli and a modified experimental method and design. That is, Easterners use relatively lower SFs than Westerners, while Westerners have a greater bias for higher SFs. These results corroborate the hypothesis that culture shapes the visual mechanisms underlying face recognition, and that the observed cultural differences in eye movement patterns (see e.g. Blais et al., 2008; Caldara et al., 2010) most likely reflect different face recognition processes. Furthermore, although we did not monitor eye movements, the stimulus presentation was constrained to 300 ms. This constraint allows us to further our understanding of the link between the culturally divergent eye movement strategies and the utilization of different SFs, namely whether eye movements determine the type of visual information sampled or vice versa. In fact, the short presentation time has likely restricted participants' eye movements to one or two fixations. Since previous studies have found no cultural difference in the early pattern of fixations of Westerners and Easterners during

face recognition (Or et al., 2015; Rodger et al., 2010b), our results point to the likelihood that the particular SF extraction strategies used by each cultural group could be influenced by distinct covert attentional patterns rather than eye movements, which in turn guide the culture-specific fixation strategies previously discovered. As a matter of fact, the link between prior covert attention shifts and the deployment of eye movements has been stressed across numerous studies (Hoffman & Subramaniam, 1995; Kowler et al., 1995; Deubel & Schneider, 1996; Peterson et al., 2004).

On a related note, separate studies have shown 1) that Easterners need the same information as Westerners, which is located in the eyes and mouth areas, to recognize a face, but that, unlike Westerners, Easterners use those features without fixating them directly, and 2) that, during that same task, Easterners rely on lower SFs than Westerners. Put together, this data points to the idea that Easterners tend to process the relevant facial features using peripheral vision and, thus, extract the lower SFs located in those features. It would nonetheless be worthwhile, at a later stage, to directly explore the location-specific use of SF information across cultures.

On the other hand, a noteworthy study about cultural differences in facial expression recognition found that Easterners seem to allocate a significantly higher processing weight to the area of the eyes (Jack et al., 2009), a pattern that is also highlighted in their mental representations of emotions (Jack et al., 2012). Along these lines, considering that Easterners tend to use a more specific region of the face when it comes to facial expression recognition, it would be interesting to examine whether this cultural group would also accomplish this task more accurately with lower SFs.

Most importantly, the method used in the present study highlighted that cultural differences in the use of SFs arise quite early during the course of visual information extraction; i.e. as early as 34 ms. Indeed, the method applied was

specifically implemented to reveal subtle changes in the time course of visual information extraction, so as to enable us to discover with increased precision the point in time at which culture starts shaping the nature of the visual information sampled during the processing of a stimulus. Although the present study has contributed valuable insights with regard to how early culture impacts on visual information extraction during face processing, a gap still needs to be bridged between the present results and the potential cultural differences in how SF information is processed across the neural visual pathway involved in face processing. Studies integrating a SF sampling technique to ERP data would be useful to pinpoint the visual processing level corresponding to the early cultural differences in SF extraction and use that were laid bare by the current study. In fact, the rapidity at which cultural differences in information extraction occur may reflect early visual processing stages that take place within the early visual cortex and are not specific to faces, i.e. are not face-selective (Haxby et al., 2000; Duchaine & Yovel, 2015). If cultural differences in SF use were indeed shown to be linked to these early processing stages, it would suggest that culture begins to affect perception at a very basic and general processing level of the visual system from which more specific anterior visual processing pathways stem. In fact, evidence from transcranial magnetic stimulation (TMS) suggest that face-selectivity in the occipital face area (OFA) - the earliest visual area solicited for facial information processing (Sadeh et al., 2010) - starts at around 100 ms following stimulus onset, whereas an earlier implication of the OFA at around 50–60 ms is not face-selective (Pitcher et al., 2012). This may furthermore entail that cultural differences in SF sampling could generalize to other categories of stimuli beyond faces, an avenue that should be explored.

2.4.2. Time course of cultural differences

The classification image analysis indicated that the cultural differences in SF information utilization seem to remain consistent throughout time, for about 220 ms. In further analyzing the time course of the SF tuning peaks we found no

significant effect of time, and no interaction between time and cultural group. The present method was designed to allow the detection of changes in the SFs sampled at different moments during visual processing, for instance, as one could have predicted assuming the presence of a cultural influence on the integration of SFs through time. However, despite the relatively good temporal resolution of the method (see Supplementary Information), our results do not support variations of the SF utilization through time. For that matter, several studies suggest that SF sampling patterns are flexible, and depend on attentional selectivity and task requirements (Schyns & Oliva, 1999; Morrison & Schyns, 2001; Sowden & Schyns, 2006; van Rijsbergen & Schyns, 2009), suggesting that higher level processes may orient the chronology of SF information extraction. On the other hand, in an effort to explain the hypothesis that SF extraction generally follows a coarse-to-fine pattern, Bar (2004) proposed a model that highlights the importance of contextual information for the recognition of natural objects within a complex visual scene and, thus, the role of very early low SF extraction as a contextual canvas that increases subsequent local object recognition efficiency. According to this model, the extraction of higher SFs occurs later in the process to enhance object features for better discrimination, and is facilitated by prior processing of low SFs. Thus, it is possible that the face identification task used in this study did not warrant the need for participants to resort to a systematic coarse-to-fine SF extraction pattern as the featured stimuli were not made up of a complex array of miscellaneous elements, an arrangement that typically characterizes visual scenes. In contrast, using single objects, Caplette, Wicker and Gosselin (2016) recently revealed the use of a coarse-to-fine SF sampling pattern in neurotypical observers (as opposed to those with diagnosed Autism Spectrum Disorder - ASD) during object recognition tasks. Although visually much simpler than scenes, objects, unlike faces, typically have a general heterogeneous shape which increases the likely usefulness of leading coarse-grained, followed by fine-grained, visual information for more efficient recognition. Nevertheless, our results, marked by a temporally stable cultural difference in the use of SFs, seem to support the

hypothesis that Westerners and Easterners display an early and steady, culturally specific, SF sampling bias when recognizing a face.

2.4.4. Other-race effect

Although the aim of the present study was to understand how culture impacts on the time course of SF sampling, the experimental design also allowed to highlight interesting results with respect to the theoretical grounds of the other-race effect. In fact, the results did not indicate an interaction between culture and face ethnicity on the SF tuning of participants, suggesting that individuals do not modify their strategy of SF extraction as a function of the ethnicity of the face processed. The analysis on group classification images supports this finding: although slight differences are observed in the SFs used with each face ethnicity, these differences did not interact with the effect of culture. Indeed, the data points to the conclusion that, for a given culture, similar SFs were correlated with accuracy for both face ethnicities, but that the association was stronger for own-race than other-race faces. The finding that similar SFs are used with both face ethnicities replicates the results we had obtained precedently while using a different set of faces, a different method (SF sampling without the time dimension), and different groups of participants (Tardif et al., 2017). However, in that previous study, we remained cautious in our interpretation because an Ideal Observer analysis had revealed that the Chinese faces selected were objectively more difficult to discriminate from one another than the Western Caucasian faces, a difference that could have influenced the SFs sampled. In the present study, however, we used an image matching Ideal Observer algorithm prior to the stimulus selection to ensure that faces from both ethnic categories used in the experiment were of comparable difficulty to identify. We can thus now conclude with more confidence that individuals keep using a similar SF sampling strategy when they process same-race as well as other-race faces. This result is also in line with the finding that similar eye movements are observed during the processing of own-race and other-race faces (see e.g. Blais et al., 2008; Caldara et al., 2010;

Kelly et al., 2011a), although others have found otherwise (see e.g. Goldinger et al., 2009; Fu et al., 2012).

2.5. Conclusion

Over the most recent few years, cross-cultural research trends have been drawing sharpening attention to queries on the nature and extent of the cultural differences observed in the course of various visual tasks. Within this scope, the present article is a valuable contribution to the ongoing inquiry into how and when culture starts to tint the mechanisms and processes involved in visual recognition. This study used a SF filtering technique fine-tuned for temporal and spatial precision to uncover a considerably early cultural effect on the extraction of SF information during face identification, one that potentially falls within the processing time range of early visual areas (i.e. <100 ms; Duchaine & Yovel; 2015). In light of this, a symmetrically fine-tuned investigation into the early neural substrates of visual face and object recognition should examine whether or not culture affects early overreaching visual processes, not circumscribed to specific stimulus categories.

SUPPLEMENTARY MATERIALS

2.S.1. Ideal Observer analyses

One key advantage of the SF Bubbles method, compared to traditional high-pass, low-pass, or band-pass filtering techniques, is its high sensitivity to variations in information use. Although this characteristic might be clear in theory, it is surely advisable to ensure that this method is optimally implemented so as to yield accurate results in practice. The method's accuracy at uncovering the precise SFs that carry the information potentially diagnostic for a given task was effectively verified as part of the study in which it was originally featured (see Willenbockel et al., 2010a). However, the analyses presented in that former study do not allow to characterize the modulation of the method's resolution as a function of the specific SF sampled. Moreover, in the present study, a temporal component was introduced to the SF Bubbles technique which in itself deserves testing. Indeed, the method is meant to be able to unravel potentially subtle and rapid temporal variations in SF use, and thus designed to be equipped with a very fine sampling rate. Hence, we used an Ideal Observer analysis to assess 1) the dynamic SF filtering method's sensitivity to a temporal change in the diagnostic SF information, and 2) the modulation of resolution as a function of the specific SF sampled.

2.S.1.1. Material and stimuli

The model was run on MATLAB with the Psychophysics Toolbox (Kleiner et al., 2007; Brainard, 1997; Pelli, 1997). A total of our sequences of vertical sine wave gratings were generated: (1) all low SF gratings, (2) first half low SF gratings, second half high SF gratings, (3) first half high SF gratings, second half low SF gratings, and (4) all high SF gratings. Each sequence comprised eighteen – which corresponds to the number of SF filter frames used in the main experiment – SF

grating images of 256×256 pixels in size. The single gratings themselves covered about two thirds of their image canvas, had an invariable phase and a SF of either two cycles per image (cpi) – for the “low” SF ones – or seventeen cpi – for the “high” SF ones. The stimuli were filtered using the transient SF filtering technique described in the main text.

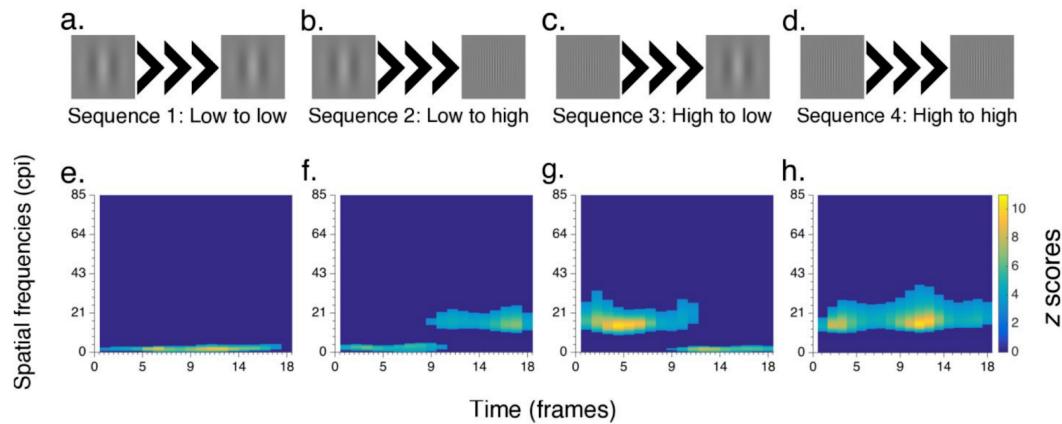
2.S.1.2. Procedure

The Ideal Observer was programmed to select the matching sine wave grating sequence, among four choices (i.e. the four sequences listed above), to a target sequence. The target varied across trials and was filtered using our transient SF Bubbles method. White Gaussian noise was added and the signal-to-noise ratio of the target sequence was adjusted using QUEST (Watson & Pelli, 1983) to maintain performance at 63% (midway between chance and perfect performance, rounded). The Ideal Observer performed a total of ten thousand trials. The number of bubbles was kept constant at a value of 600, which corresponds to the average number of bubbles needed by four pilot participants to reach the performance threshold in the face identification task described in the main text (two Canadians, two Chinese).

2.S.1.3. Analyses and results

Classification images were produced separately for each sequence of gratings using the procedure described in the Methods section of the main text. The Cluster test ($p<0.05$; $\text{FWHM}=4.47$; $Z_{\text{crit}}=3.0$) from the Stat4CI toolbox (Chauvin et al., 2005) was used to measure the statistical significance of the classification images (see Supplementary Figure 2.S1). Following the application of the Cluster test, the SF tuning peaks for all significant clusters were calculated across frames using the 50% ASFM procedure described in the Results section of the main text.

Figure 2.S1



Note. Illustration of the four possible target spatial frequency gabor sequences (a to d) and their corresponding classification images (e to h) representing the spatial frequency filters useful for correct sequence matching.

2.S.1.3.1. Method's sensitivity to a temporal change in the diagnostic SF information

Sequences 2 and 3 were the ones in which a change in the time course of the SF use should be observed. Accordingly, for “sequence 2” as target, a significant low SF cluster between 1.07 and 4.65 cpi – peaking at 3.12 cpi – spans across frames 1 to 10, and a high SF cluster between 14.16 and 22.16 – peaking at 16.75 cpi – spans across frames 9 to 18. Inversely, for “sequence3” as target, a significant high SF cluster between 13.36 and 27.46 cpi – peaking at 18.15 cpi – spans across frames 1 to 11, and a low SF cluster between 0.73 and 3.00 – peaking at 1.89 cpi – spans across frames 9 to 18. For both sequences, an overlap of low and high SFs is noticeable at frames 9 to 11. This overlap can be explained by the parameters elected for the gaussian smoothing across frames. In fact, as explained in the Methods section of the main text, the raw sampling matrix is convolved with a Gaussian kernel to avoid abrupt changes in the SFs sampled. The temporal dimension of the Gaussian kernel has a FWHM covering about three frames. This

entails that when transitioning from low to high SFs (or vice versa) between frames 9 and 10, at least half of the low (or high) SF information contained in the first half of the frame sequence (i.e. 1 to 9) is available in the two frames located at each side of the last frame of that first sequence half (i.e. 8 and 10), and at least half of the high (or low) SF information that makes up the second half of the frame sequence (i.e. 10 to 18) is also available in the two frames located at each side of the first frame from that second sequence half (i.e. 9 and 11). Although the observed overlap of SF subsets warrants careful interpretations of the results, this by-product of the technique is adequately revealed by the manipulation check, and highlights the suitable temporal resolution of the method.

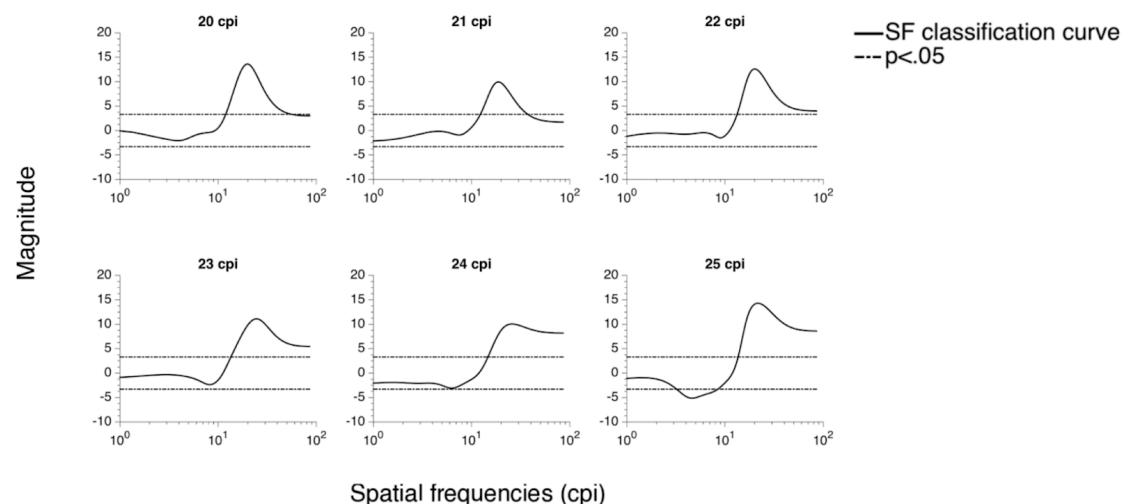
2.S.1.3.2. Modulation of resolution as a function of the specific SF sampled

When “sequence 1” is presented as a target, only low SFs, ranging from 0.75 to 3.78 cpi – with an average SF tuning peak of 2.02 cpi – across all frames, are significantly useful for the Ideal Observer to correctly discriminate the target from other sequences. For a target sequence composed solely of gratings with a SF of two cpi, SF filters that allow for information near two cpi to be available at high intensity, throughout all frames, are most optimal for the Ideal Observer. As for “sequence 4” as target, only high SFs ranging from 13.15 to 30.20 cpi – with an average SF tuning peak of 18.28 cpi – are significant across all frames. This sequence was exclusively made up of gratings with a SF of seventeen cpi, and the results indeed reveal the usefulness of SF filters through which information closest to seventeen cpi is available at high intensity across all frames.

Globally, the results obtained with the Ideal Observer confirm that our method offers an adequate spatial resolution, which can be especially observed for low SFs. It is nonetheless worth noting that the presence of wider range significant clusters for higher SFs in the classification images obtained in the main task stems from the application of a logarithmic SF sampling technique which, as explained in the Methods section of the main text, takes into account the visual system’s

relative sensitivity to SFs. Hence, to examine in greater detail the relationship between the sampled SF and the spatial resolution of the filter, we conducted another analysis in which an Ideal Observer algorithm was required to find, among 2 forced choices, the matching sine wave grating to a target grating. Trials were performed using gratings of various SFs, while consistently combining two gratings five SFs apart. In the same way as the previous Ideal Observer analysis, the target was randomly selected at each trial and filtered with the SF sampling algorithm described in the Methods section of the main text. However, for this purpose the SF filters were created by convolving a simple one-dimensional Gaussian kernel – thus excluding the dimension of time – with a raw SF sampling vector, after which a logarithmic resampling of the resulting smooth sampling vector was conducted. The results of this analysis show that the spatial resolution of the SFs that appear to be significantly useful for the Ideal Observer to correctly match the grating becomes dramatically lower around 22 cpi (see Supplementary Figure 2.S2).

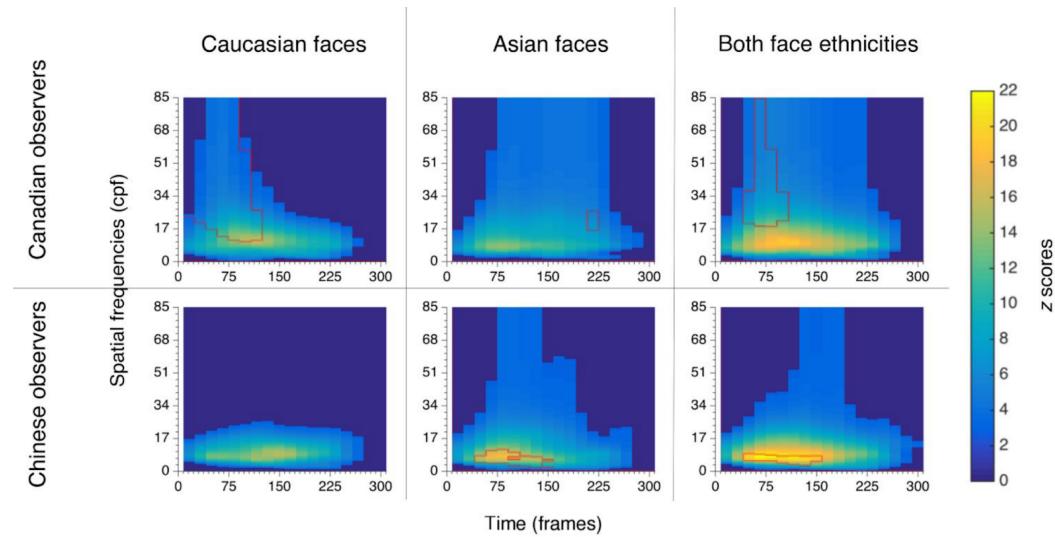
Figure 2.S2



Note. Illustration of “Ideal Observer” classification curves, representing the spatial frequency filters useful for correct grating matching, for spatial frequencies from 20 to 25.

2.S.2. Classification image analysis with participants' accuracy as factor (results)

Figure 2.S3



Note. Classification images illustrating Canadian and Chinese observers' significant use of spatial frequencies across time, for Caucasian faces, Asian faces and both face ethnicities combined. Results obtained from subgroups of 12 Canadian and 12 Chinese participants, matched according to accuracy rate. Group differences (i.e. Canadian observers - Chinese observers) are marked for each group and stimulus category: red edges delineate significant SF use biases for each cultural group.

2.S.3. Bootstrap analysis of cultural differences in group classification images (results)

In order to simplify the description of the following cultural differences across time, the mean lower and higher SF bounds were derived for each SF \times time cluster; however, the lower and higher bounds of the SF clusters on each frame separately are available on Figure 2.S4. The results that are shown here represent the cultural differences in SF utilization that have been revealed for 95% of our bootstrap subsamples. On the appended figure (i.e. Figure 2.S4), these results

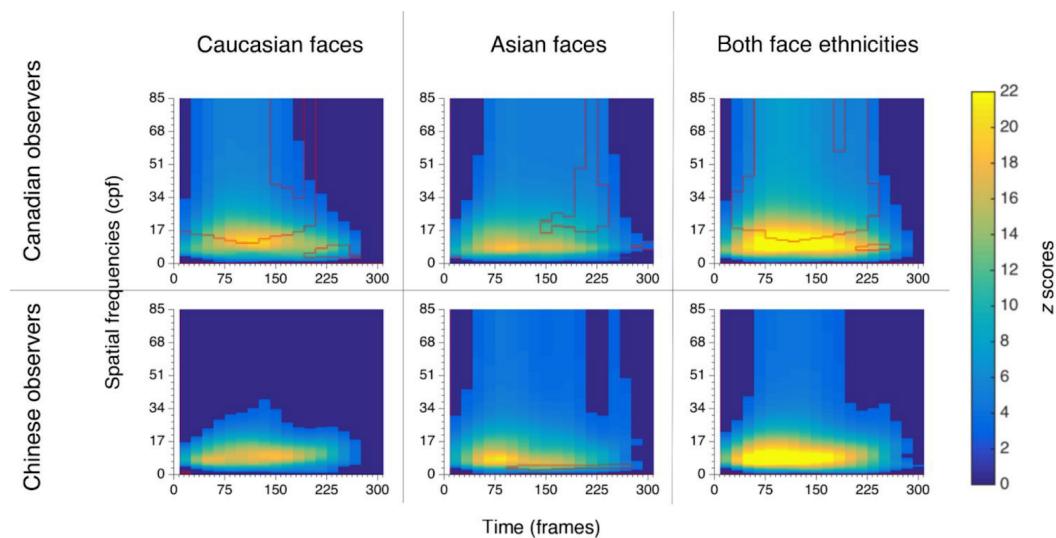
(delineated in red) were added over the original group classification images featured in the Results section of the main article.

For Canadian participants, a high SF cluster, ranging from 14.4 to 49.7 cpf, is shown as soon as the stimulus appears and for a steady 200 ms, for the identification of Western Caucasian faces (i.e. Figure 2.S4, first column); a high SF cluster appears much later and more briefly for East Asian faces (from 17.9 to 41.2 cpf, between 134 and 233 ms; i.e. Figure 2.S4, second column). When both face ethnicities are considered together (i.e. Figure 2.S4, last column), results show a high SF cluster between 15.7 and 56.3 cpf as early as 16.67 ms following stimulus onset and for the next 200 ms of stimulus presentation. Interestingly, for Canadian participants, low SF clusters, similar to the ones revealed in the Results section of our main article, also appear [i.e. from 3.4 to 7.1 cpf, between 184 and 267 ms, for WesternCaucasian faces (see Figure 2.S4, first column); from 7.2 to 9.3 cpf, between 200 and 250 ms, for both faces ethnicities combined (see Figure 2.S4, last column)]. For East Asian faces, clusters of both 3.3 to 3.7 cpf and 8 to 10 cpf appear respectively during the first 16.67 ms and the last 33 ms (i.e. from 267 to 300 ms). However, this effect might be caused by the bootstrap method's high sensitivity.

For Chinese participants, a low SF cluster, between 3.3 and 4.8 cpf, starts at 83 ms and ends at 267 ms, with East Asian faces (i.e. Figure 2.S4, second column). However, with Western Caucasian faces (i.e. Figure 2.S4, first column), only a very small low SF cluster of 1.3 cpf appears during the first 16.67 ms, but this is likely again due to the high sensitivity of the bootstrap method. Nonetheless, the absence of any important SF cluster with other-race faces for Chinese participants is consistent with the absence of a significant SF bias for those participants, with other-race faces, in our main results (see Results section of the main article). However, no SF cluster was revealed when both face ethnicities were combined (i.e. Figure 2.S4, last column), suggesting that the group differences found in this condition were less robust for Chinese participants.

If we reduce our confidence interval criterion to 90%, low SF clusters that resemble the ones initially found for Chinese participants in our main analysis start to appear for East Asian faces [1 to 2 cpf (during the first 16.67 ms), 6.7 to 8 cpf (around 33 ms), 5.7 to 6 cpf (around 100 ms), 0.3 cpf (between 150 and 183 ms)] as well as for both face ethnicities combined [0.3 to 1 cpf (during the first 16.67 ms), 6.2 to 7.2 cpf (between 33 and 67 ms), 4.7 to 5.3 cpf (between 100 and 133 ms), 0.3 to 0.7 cpf (between 167 and 200 ms)]. These clusters become even more prominent with an 85% confidence interval, for East Asian faces [0.7 to 2 cpf (during the first 16.67 ms), 6.2 to 8.2 cpf (between 33 and 67 ms), 5.3 to 6.7 cpf (between 83 and 117 ms), 0.3 cpf (between 133 and 200 ms)] and both face ethnicities combined [0.3 to 1.3 cpf (during the first 16.67 ms), 5.3 to 8.3 cpf (between 33 and 67 ms), 4 to 5.8 cpf (between 83 and 133 ms), 0.3 to 0.8 cpf (between 150 and 200 ms)].

Figure 2.S4



Note. Classification images illustrating Canadian and Chinese observers' significant use of spatial frequencies across time, for Caucasian faces, Asian faces and both face ethnicities combined. Results obtained from 1000 bootstrap resamples. Group differences (i.e. Canadian observers - Chinese observers) are

marked for each cultural group and stimulus category: red edges delineate cultural SF use biases that were revealed for 95% of subsamples.

CHAPITRE III ARTICLE 2

Social Orientation Does Not Account for Cultural Differences in Face Recognition

Amanda Estéphan^{1,2}, Daniel Fiset¹, He Lingnan³, Caroline Blais¹ & Roberto
Caldara⁴

¹ Département de psychoéducation et psychologie, Université du Québec en
Outaouais

² Département de psychologie, Université du Québec à Montréal

³ School of Communication and Design, Sun Yat-Sen University

⁴ Eye and Brain Mapping Laboratory (iBMLab), Department of Psychology,
University of Fribourg

RÉSUMÉ EN FRANÇAIS

Les stratégies de reconnaissance faciale ne se généralisent pas à toutes les populations humaines. Plusieurs études rapportent des différences culturelles robustes entre les Occidentaux et les Asiatiques de l'Est sur le plan des mouvements oculaires en reconnaissance de visages. L'hypothèse de l'orientation sociale propose que des systèmes de valeurs individualistes versus collectivistes (IND/COL), caractérisant respectivement les sociétés occidentales et asiatiques de l'Est, seraient à l'origine des différences culturelles en vision. Toutefois, il n'est pas clair que cette hypothèse puisse spécifiquement s'appliquer aux différences culturelles en reconnaissance de visages. Afin d'aborder cette question, deux expériences ont été menées avec des populations d'Europe de l'Ouest, d'Amérique du Nord et de la Chine. Dans l'expérience 1, un paradigme d'amorçage IND/COL a été employé pour établir l'existence d'un lien entre l'orientation sociale et les mouvements oculaires en reconnaissance faciale. Dans l'expérience 2, cette relation a été explorée davantage avec des questionnaires IND/COL. Dans les deux études, des différences culturelles ont été révélées. L'amorçage IND/COL n'a pas affecté les mouvements oculaires de manière significative; seulement certaines sous-dimensions des questionnaires IND/COL étaient liées à des mouvements oculaires distincts. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que les différences culturelles dans les mouvements oculaires en reconnaissance faciale ne peuvent pas être expliquées par les valeurs sociales IND/COL. Les différences culturelles dans les mouvements oculaires en reconnaissance de visages pourraient être liées à des mécanismes visuels plus complexes.

Mots clés : culture, perception, vision, mouvements oculaires, reconnaissance de visages, orientation sociale

ABSTRACT

Face recognition strategies do not generalize across human beings. Many studies have reported robust cultural differences between West Europeans/North Americans and East Asians with respect to eye movement strategies during face recognition. The social orientation hypothesis posits that individualistic vs. collectivistic (IND/COL) value systems, respectively defining West European/North American and East Asian societies, would be at the root of many cultural differences in visual perception. However, whether social orientation is also responsible for such cultural contrast in face recognition remains to be clarified. To this aim, we conducted two experiments with West European/North American and Chinese observers. In experiment 1, we probed the existence of a link between IND/COL social values and eye-movements during face recognition, by using an IND/COL priming paradigm. In experiment 2, we dissected the latter relationship in greater depth, by using two IND/COL questionnaires, including subdimensions to those concepts. In both studies, cultural differences in fixation patterns were revealed between West European/North American and East Asian observers. Priming IND/COL values did not modulate eye movement visual sampling strategies; only specific subdimensions of the IND/COL questionnaires were associated with distinct eye-movement patterns. Altogether, our data show that cultural differences in eye movement strategies for face recognition cannot be accounted for by the typical cultural contrast observed in IND/COL social orientation. Cultural differences in eye movements for faces might be rooted into more complex visual mechanisms.

Keywords: culture, perception, vision, eye-movements, face recognition, social orientation

SOCIAL ORIENTATION DOES NOT ACCOUNT FOR CULTURAL DIFFERENCES IN FACE RECOGNITION

3.1. Introduction

Perception is shaped by experience and adaptation to the environment (for a recent review see Gutchess & Sekuler, 2019). Our visual and social surroundings are in part moulded by distinct cultural norms and values. Culture can, indeed, be viewed as a vehicle of tradition of thought through which interpretation of the world is formed. During the last two decades, growing evidence arising from different fields have shown that the interiorization of cultural norms plays a role in shaping perception (e.g., Varnum et al., 2010; Caldara, 2017). These provocative findings have demonstrated that the mechanisms of perception are unlikely to be universal, as they are intrinsically linked to cultural backgrounds, as well as social structures specific to geographical locations. This rather constructivist way of envisioning perception has given rise to many cross-cultural studies in this field, spanning from optical illusions (e.g., Seagall et al. 1963) and color perception (e.g., Roberson et al., 2005) to facial expression recognition (e.g., Jack et al., 2009). Cultural structures might determine the way we structure ourselves, how we interact with the world and how we perceive the environment.

In the field of face perception, it has been demonstrated that face recognition strategies do not generalize across individuals (Duncan et al., 2019; Royer et al., 2018; Stacchi et al., 2019; Tardif et al., 2019). Notably, studies have revealed robust differences between individuals from East Asian and West European/North American countries with respect to eye-movement strategies and information sampling resolution (i.e. spatial frequencies) during face recognition, as well as the decoding of facial expressions of emotion (Jack et al., 2009; Geangu et al.,

2016; for a review see Caldara, 2017). Specifically, for face recognition, evidence supports the view that East Asian individuals adopt a more global attentional strategy, involving more central fixations, whereas West Europeans and North Americans tend to focus on local features (e.g. Blais et al., 2008). This cultural contrast in visual sampling has been related to the peripheral processing of facial features (Caldara et al., 2010; Miellet et al., 2012) and lower spatial frequency use in East Asian populations (Tardif et al., 2017; Estéphan et al., 2018; Miellet et al., 2013). On the other hand, West European and North American individuals adopt a more local attentional strategy, involving fixations towards facial features and higher spatial frequency sampling. These results in face recognition are of importance as face-to-face contacts play a central role in social interactions. Nevertheless, exactly what cultural factors are responsible for such perceptual face recognition differences remains to be understood.

The social orientation hypothesis posits individualistic vs. collectivistic (IND/COL) value systems, respectively characterising important aspects of West European/North American and East Asian societies (e.g., Triandis, 1993; Triandis, 1989; Hofstede, 1980; see Hofstede, 2011 for a recent review), as a major factor of explanation for many cultural differences in visual perception (Nisbett et al., 2001; Varnum et al., 2010). This framework also includes the concept of independent and interdependent self-construals, as studies have shown that independent self-construal correlates with individualism and interdependent self-construal with collectivism (Markus & Kitayama, 1991). This theory suggests that collectivistic values (or interdependent self-construal) would be linked to a holistic cognitive style, and individualistic values (or independent self-construal) would be linked to an analytic cognitive style. In terms of visual perception, this would translate into broader vs. narrower visual attention. This view is supported by evidence of differences between East Asians and West Europeans/North Americans along the dimensions of Individualism/Collectivism and Independence/Interdependence (e.g., Triandis, 1989; Markus & Kitayama, 1991),

that are associated with differences in visual attention patterns (e.g., Nisbett et al., 2001).

These differences in visual attention are reported in numerous empirical studies. For instance, when asked to judge the orientation of a line placed inside an independently rotating frame, Chinese participants are more influenced than American participants by the orientation of the frame (Ji et al., 2000; but see Zhou et al., 2008). In addition, when asked to reproduce the absolute size of a line presented in squares of varying sizes, Japanese participants are more influenced than American participants by the relative size of the squares (Kitayama et al., 2003). Later studies highlight that Japanese participants are also more influenced by a changing background when asked to memorize foreground objects in a scene (Nisbett & Miyamoto, 2005; Nisbett & Masuda, 2003). The latter differences in scene memorization between Japanese and American participants were further supported by divergent eye-movement patterns. In that study, Chinese participants gazed at the background for a longer period and started directing fixations to foreground objects later than American participants (Chua et al., 2005; see however Rayner et al., 2007; Evans et al., 2009; Miellet et al., 2010). East Asian and American cultures are also linked to distinct neural correlates of everyday object viewing and memorization (Ksander et al., 2018; Paige et al., 2017).

Moreover, using a change detection task, Boduroglu et al. (2009) demonstrated that East Asians are more sensitive than Americans to changes in the periphery of their visual field, and less sensitive to changes in their central visual field. This cultural difference also seems to play a role during visual search (Lüthold et al., 2018). Then, using Navon hierarchical figures, McKone et al. (2010) showed that East Asians have a stronger global advantage than White-Australians, a result supported by electrophysiological evidence (Lao et al., 2013). Interestingly, a causal link with social orientation was demonstrated with independent and interdependent priming (Kühnen & Oyserman, 2002). The study results showed that “independence primed” participants were quicker to identify the small letters

compared to the large letters in Navon figures, and the opposite was true for “interdependent primed” participants. Altogether, these studies suggest that social orientation plays a critical role in shaping cultural perceptual differences between West European/North American and East Asian observers, whereby collectivism/interdependence is associated with global attention and individualism/independence is associated with local attention.

Despite the aforementioned evidence, whether social orientation can also explain the cultural differences in face recognition remains unclear. For instance, a recent study using social self-construal priming on a Chinese population found that some instances of face processing, such as holistic processing and race categorization, were indeed affected by social self-construal priming, but that face recognition per se was not (Liu et al., 2019). However, this study only included a sample of Chinese participants, limiting the generalization of its findings and their genuine attribution to cross-cultural causes. Another study, with a sample of British-born Chinese participants, has highlighted a possible link between individual social values and facial recognition strategies. Indeed, in their research paper, Kelly et al. (2011b) report a non-significant but considerable relationship between individualism and collectivism, as measured with one questionnaire, and eye-movement patterns during face recognition. That is, individualistic individuals are more likely to exhibit a fixation pattern typically associated with West Europeans and North Americans, whereas collectivistic individuals are more likely to exhibit a fixation pattern typically associated with East Asians. However, the sample size was quite small in those groups, likely not enough for sufficient statistical power, and only one questionnaire was used, leaving the question regarding the social orientation explanation for face recognition unresolved.

To directly address this question, we investigated whether the social orientation hypothesis could account for the cultural differences in eye movements during face recognition. We conducted two experiments to test whether both primed and self-reported social orientation modulate eye-movements during an Old/New face

recognition task (see Blais et al., 2008; Kelly et al., 2011b). In Experiment 1, we probed the existence of a link between individualism/collectivism (IND/COL) and eye-movements during face recognition by implementing an IND/COL priming paradigm. This method is similar to the one used in Liu et al. (2019). However, unlike the latter study, here we included cross-cultural participants of West European and Chinese descent. In Experiment 2, we investigated the relationship between social orientation and facial recognition in greater depth by using two IND/COL questionnaires and including subdimensions to those concepts. This method is akin to the protocol used in Kelly et al. (2011b). Once again, we included participants from both cultures (North America and China). In addition, to overcome previous limitations (e.g., Kelly et al., 2011b) we included two additional questionnaires and a considerably larger sample size. In fact, a study by Shulruf et al. (2007) found that people's social orientation could be better modeled by dividing the broad constructs of "Individualism" and "Collectivism" into more specific categories of social values. We thus used the validated Auckland Individualism and Collectivism Scale (AICS), developed by Shulruf et al. (2007), that proposes five unique subdimensions to individualism and collectivism, as well as a validated shortened version of the Horizontal and Vertical Individualism and Collectivism Scale (HVICS), originally developed by Triandis & Gelfand (1998), that proposes two dimensions (horizontal and vertical) to both individualism and collectivism.

3.2. Method

3.2.1. General requirements

As general requirements for both experiments, West European and North American participants had little to no experience with East Asian cultures; Chinese participants had little to no experience with West European and North American cultures. To assess participants' experience with other cultures, we

asked them to indicate whether they had ever lived in another country than the one they were currently living in. All participants were aged between eighteen and thirty-five years old and had normal or corrected-to-normal vision. Task instructions, priming texts, and questionnaires were always given to participants in their native language. Experimental protocols used in this study were approved by the Institutional Review Boards of University of Fribourg (Switzerland), Université du Québec en Outaouais (Canada), and Sun Yat-Sen University (China). Participants gave their written, informed, consent to participate in the study, and signed the consent form prior to the experiment. The entire study was conducted in conformity with the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

3.2.2. Experiment 1

3.2.2.1. Hypothesis

In line with Liu et al. (2019), we hypothesized that group differences based on social orientation should mirror the differences between East Asians and West Europeans typically observed in face recognition strategies. Observers primed with a collective self-construal should exhibit more central fixations (i.e., nose area) whereas observers primed with an independent self-construal should exhibit more featural fixations (i.e., eyes and mouth areas).

3.2.2.2. Participants

Fifteen Swiss individuals and twenty-one Chinese individuals took part in the experiment. Swiss participants were tested in Fribourg (Switzerland), and were born and lived their entire life in Switzerland. Chinese participants were tested in Guangzhou (China) and were born and lived their entire life in China. Our sample size was selected according to a G*Power assessment for a Repeated measures

ANOVA with a within-between interaction, given a medium effect size ($f = 0.25$) and a minimal statistical power of 80%.

3.2.2.3. Material and stimuli

Images were 382×390 pixels in size and displayed with a gray screen-wide background on an 800×600 pixel Dell P11302100 (refresh rate of 170 Hz). Participants were seated at a viewing distance of 70 cm from the computer screen; as a result, face stimuli subtended approximately 15 degrees of visual angle horizontally.

The face dataset used in this study is exactly the same as the one used in Blais et al. (2008). There were a total of 280 identities with an equal number of males and females. Each identity featured three facial expressions (happy, disgusted and neutral). The decision to include different facial expressions replicates Blais et al. (2008) and limits the use of “template-matching” to identify faces. Participants were explicitly asked to disregard facial expressions, focus on memorizing the identity and then recognize the face regardless of the displayed facial expression (thus recognize its identity). White European face images were drawn from the KDEF database (Lundqvist et al., 1998), and East Asian face images were drawn from the AFID database (Bang et al., 2001). Faces from both databases faced forward. Accidental local features such as brown spots, rashes and facial hair were removed using the Photoshop software. Faces had no distinctive features such as glasses, jewelry, scarf, etc. All faces were aligned as well as possible, using as parameter the least-square measure, on the positions of eyes, nose and mouth – by means of translation, rotation, and scaling. Face images were all gray scale and normalized in terms of luminance. In order to maintain some degree of ecological validity, faces were otherwise presented with their normal hair and facial contour.

3.2.2.4. Eye-tracking apparatus

Eye movements were recorded at a sampling rate of 1000 Hz with the SR Research Desktop-Mount EyeLink 2K eye-tracker (average gaze position error of 0.25 degrees; spatial resolution of 0.01 degrees); only the dominant eye was tracked. In both experiments, participants' dominant eye was determined using a variation on the Miles test (Miles, 1930), similar to the "hole in the hand test" (Roth et al., 2002). To do so, participants were asked to stretch both arms and form a hole by joining both hands together in their line of sight. Then, they were asked to sight a small object through the hole with both eyes open. Finally, participants were asked to close one eye at a time and report which open eye allowed them to keep sight of the object. To ensure that viewing distance was constant throughout the entire experiment and that eyes were accurately tracked, participants were asked to position their head on a chin and forehead rest, facing the screen at the appropriate viewing distance.

A nine-point manual calibration of ocular fixations was performed before each task block (see protocol section for details regarding "blocks"). Calibrations were then validated with the EyeLink software and repeated when necessary until the optimal calibration criterion was reached. At the beginning of each trial, participants were instructed to fixate a dot at the center of the screen to perform a drift correction. The experiment was implemented in MATLAB R2012b, using the Psychophysics (Kleiner et al., 2007; Brainard, 1997; Pelli, 1997;) and EyeLink (Cornelissen et al., 2002) toolboxes (see <http://psychtoolbox.org>).

3.2.2.5. Protocol

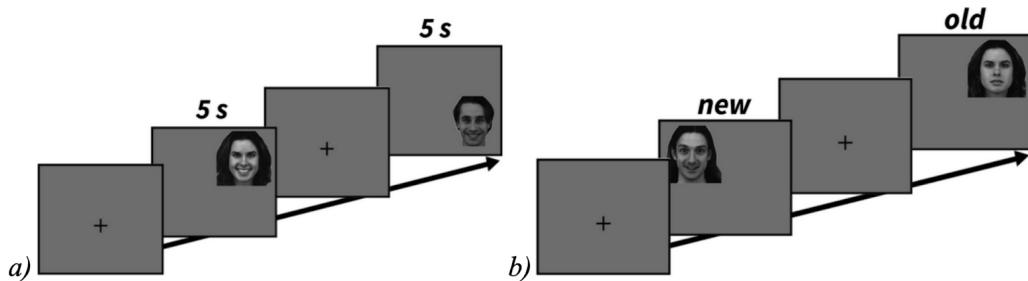
An Old/New face recognition task along with an "Individualist (I) / Collectivist (We)" pronoun circling priming task (see Brewer & Gardner, 1996) was used for this experiment. Overall, the experimental procedure went as follows.

Participants had to complete four "learning / recognition" blocks. Before each block, participants had to read one of four priming texts that were either

individualist-oriented (written with first person singular pronouns, e.g. “I”) or collectivist-oriented (written with first person plural pronouns, e.g. “We”). Ultimately, all participants read four texts, two individualist-oriented (once before learning White European faces; once before learning Chinese faces) and two collectivist-oriented (once before learning White European faces; once before learning Chinese faces), and thus all were subjected to both priming conditions (i.e., “I” or “We”-oriented texts). Half of the participants were primed with the two “I” texts first, the other half with the two “We” texts first. The order of face ethnicities was counterbalanced across participants. Participants were asked to carefully read each priming text. As a means of priming, they were instructed to circle all pronouns included in the text. To make sure participants paid close attention to the textual content, they were informed that they had to answer questions about the story once they finished.

During learning periods, participants were instructed to simply memorize a series of fourteen different faces, presented to them one at a time for five seconds. During recognition periods, participants were presented with a second series of faces, half of which were previously memorized during the corresponding learning period, and were instructed to use the keyboard to indicate whether each face was one they had seen before (old; ‘A’ button on keyboard) or not (new; ‘L’ button on keyboard). Once again, faces were displayed one by one, but this time appeared on screen until participants’ response. Participants were instructed that the faces would display different emotions, but that they must try to recognize the face identities, regardless of the emotional expression. See Figure 3.1 for an illustration of the Old/New experimental design.

Figure 3.1



Note. Old/New face recognition experimental design and examples of stimuli: a) learning period (sequence of 14 faces per block; presentation time of 5 seconds per face); b) recognition period (sequence of 28 faces -- 14 new -- per block; presentation until response).

3.2.3. Analyses

3.2.3.1. Eye-movements

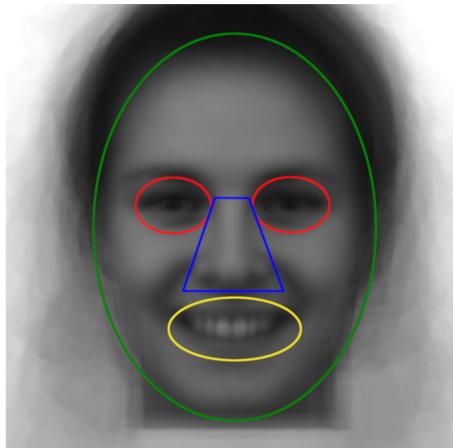
Fixation maps were produced for each participant and each experimental condition (i.e., priming situation). Fixation maps were computed by using fixation durations along image-centered coordinates. Fixation durations across individual maps were transformed into z-scores using the map fixation duration mean and standard deviation. For both experiments 1 and 2, we chose to analyze all eye-movements produced during learning (5 seconds) and recognition (until response), again, to replicate Blais et al. (2008), which found cultural differences using all fixations.

Learning and recognition periods were always analyzed separately. Eye-movements were first analyzed using the iMap4 Linear Mixed Model (LMM) (Lao et al., 2017). To obtain the LMM parameters, iMap4 performs a pixel-by-pixel comparison of the fixation maps across participants and conditions. Then, a bootstrap procedure is applied to correct for multiple comparisons (i.e.,

across the pixels of the fixation maps). A fixed effect mixed ANOVA with “culture” as between factor and “priming” as within factor was performed on the resulting maps. “Face ethnicity” was not considered since no effect of this variable was found in the original Blais et al. (2008) study, as well as many subsequent replication studies (Estéphan et al., 2018; Tardif et al., 2017; Kelly et al., 2011a; Caldara et al., 2010; see however Goldinger et al., 2009; Fu et al., 2012).

As a second step, we investigated the effect of culture and priming on specific face regions where significant differences were previously found between West Europeans and East Asians. To this effect, we conducted a Region Of Interest (ROI) analysis on the corresponding eyes, nose, and mouth regions of the fixation maps; a mean of the face stimuli used for the experiment was taken as a template to delimit the ROIs (see Figure 3.2). These regions were selected as they are important in distinguishing respectively West European fixation patterns (feature-oriented) and East Asian fixation patterns (center-oriented). We also included in our analysis a ROI corresponding to the rest of the face, around the eyes, nose, mouth, as was done in Blais et al. (2008). Percentage of fixations allocated to the eyes, nose, mouth, and rest of the face respectively were compared between both cultural groups (Swiss and Chinese), and between both priming conditions (“I” and “We” personal pronoun priming). To examine group differences on fixation percentages for each ROI, we performed “Culture” x “Priming” Anovas on each ROI separately. The bilateral significance threshold ($p < 0.025$) was corrected for multiple comparisons using a Bonferroni correction, where differences on each ROI are tested at $p = 0.025/4 = 0.00625$.

Figure 3.2



Note. Average face stimulus with ROI corresponding to eyes (red), nose (blue), mouth (yellow), and rest of face (green)

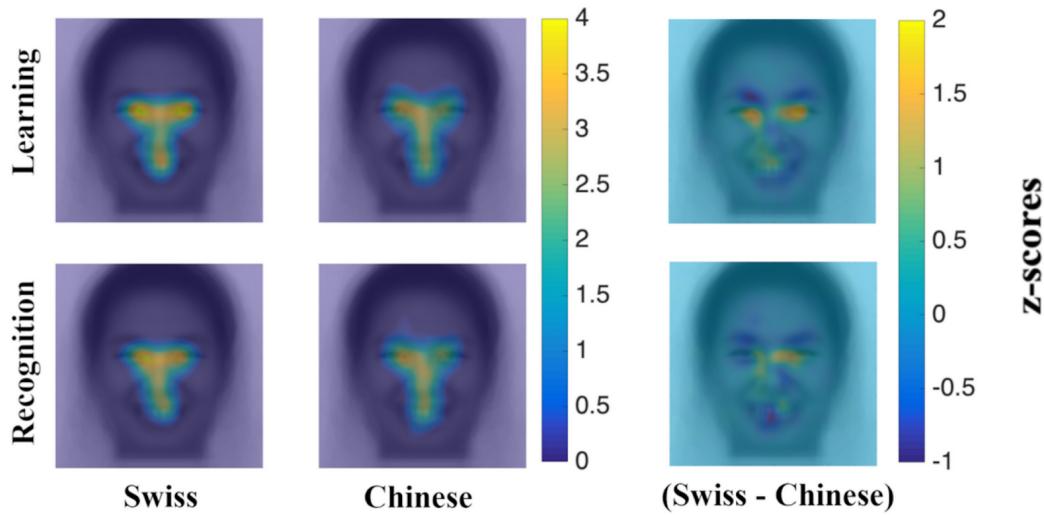
3.2.4. Results

3.2.4.1. Culture, social orientation priming, and eye-movements

Fixation maps (see Figure 3.3) show that there is a trend toward the typically observed cultural differences in fixation patterns (more fixations on eyes for West Europeans; more fixations on center for East Asians), especially for learning periods. As for “priming conditions”, on the other hand, no trend is observed (see Figure 3.4). Mixed Anovas yielded no main effect of priming on any ROI, and no significant interactions between culture and priming. Interestingly, there was only an effect of culture on fixations over the rest of the face which was marginal for learning [$F(1,34) = 7.59$; $p = 0.009$; $\eta^2 p = 0.182$] and significant for recognition [$F(1,34) = 9.23$; $p = 0.005$; $\eta^2 p = 0.213$] periods. Independent Samples t-tests confirmed that Chinese participants distributed their fixations around the facial features more than Swiss participants during learning [$t(34) = -2.75$; $p = 0.009$; Cohen's $d = -0.931$] and recognition [$t(34) = -3.04$; $p = 0.005$; Cohen's $d = -1.03$] periods. Average fixation percentage differences between cultures are reported in

Table 3.1 for each ROI; average fixation percentage differences between priming conditions are reported in Table 3.2 for each ROI.

Figure 3.3



Note. First column illustrates Swiss participants' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates Chinese participants' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; third column illustrates Swiss (yellow) and Chinese (blue) fixation biases for learning and recognition periods respectively (no significant cultural differences were revealed by iMap4). The term "fixation bias" refers to fixation locations that are associated more with one group compared to the other.

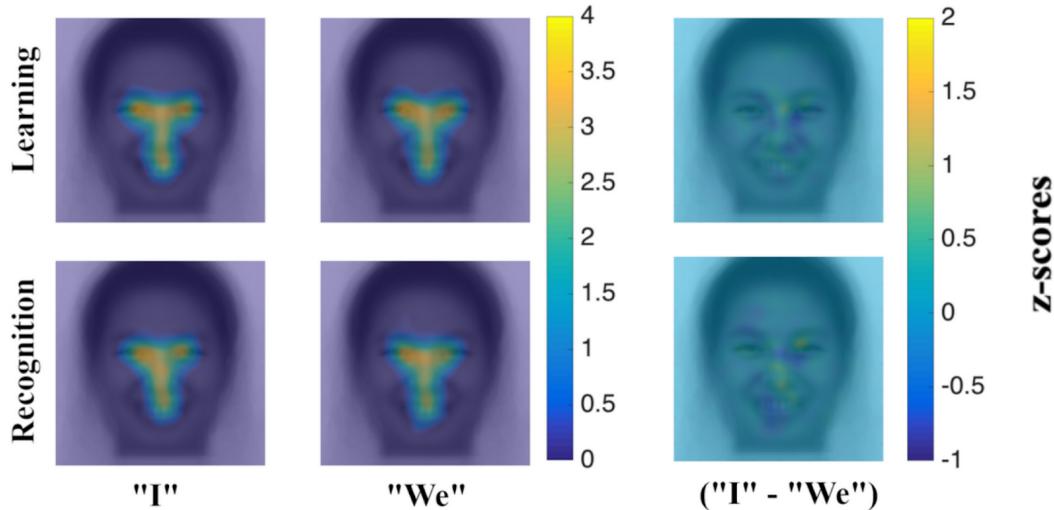
Table 3.1

	<i>Learning</i>		<i>Recognition</i>	
	% difference (<i>M</i>)	95% CI	% difference (<i>M</i>)	95% CI
Eyes	7.34	-3.12 to 17.80	4.03	-7.47 to 15.53
Center	1.67	-7.97 to 11.29	8.38	-3.81 to 20.56
Mouth	0.01	-6.91 to 6.93	-2.89	-12.34 to 6.56
Rest	-9.02	-15.66 to -2.36	-9.52*	-15.88 to -3.15

**p* < 0.00625

Note. Mean difference of fixation percentage for each ROI between Swiss and Chinese participants (Swiss – Chinese), during learning and recognition periods respectively

Figure 3.4



Note. First column illustrates the "I" personal pronoun priming group's average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates the "We" personal pronoun priming group's average fixation maps for learning and recognition periods respectively; third column illustrates the "I"

priming group (yellow) and “We” priming group (blue) fixation biases for learning and recognition periods respectively (no significant priming group differences revealed by iMap4)

Table 3.2

	<i>Learning</i>		<i>Recognition</i>	
	% difference (<i>M</i>)	95% CI	% difference (<i>M</i>)	95% CI
Eyes	-0.19	-3.60 to 3.22	2.07	-1.53 to 5.67
Center	0.62	-2.62 to 3.85	1.77	-1.76 to 5.30
Mouth	1.84	-0.91 to 4.59	-1.33	-4.93 to 2.26
Rest	-2.27	-5.53 to 0.99	-2.51	-6.48 to 1.46

Note. Mean difference of fixation percentage for each ROI between Individualist Priming Condition (I) and Collectivist Priming Condition (We) (I – We), during learning and recognition periods respectively

3.2.4.2. Discussion

Priming individualistic and collectivistic social values did not abolish the cultural differences in eye-movements for face recognition. Indeed, our data show a qualitative cultural contrast typical of previous studies, with more fixations towards the eyes for West Europeans and central fixations for East Asians. Analysis with iMap4 yielded no significant results. However, subsequent ROI analyses did reveal greater fixation distribution around the face, as opposed to over facial features, for Chinese participants. This supports the idea that Chinese observers spend less time fixating facial features directly. Since iMap4 is especially conservative compared to the versions used in previous studies, the General Linear Model might have downplayed the effect of culture considering

the presence of other variables in the model with the present data. Moreover, the absence of robust significant differences between our cultural groups (with iMap4) might be related to individual differences in our sample, which could have been amplified by the “priming conditions” causing partial, but non-significant, interference. This observation emphasizes the importance of further investigating how individual social values could be associated with facial recognition strategies, which will be central to Experiment 2.

3.2.5. Experiment 2

3.2.5.1. Hypothesis

In the context of this experiment, we hypothesized that if social orientation differences between East Asians and North Americans explain the observed differences in face recognition strategies between those two groups, individuals with higher scores on the collectivism scales should exhibit more central fixations (i.e., the nose area), whereas individuals with higher scores on the individualism scales should exhibit more featural fixations (i.e., the eye and mouth areas).

3.2.5.2. Participants

Sixty-three Canadian individuals and forty-nine Chinese individuals took part in the experiment. Canadian participants were tested in Gatineau (Canada), and were born and lived their entire life in Canada. Chinese participants were tested in Guangzhou (China) and were born and lived their entire life in China. All one-hundred-and-twelve participants completed the AICS, and ninety-two of them (forty-six Canadians and forty-six Chinese) completed the HVICS. Our aim for this experiment was a minimal statistical power of 80% given a medium effect size ($\rho = 0.3$). According to a G*Power assessment for a Pearson’s correlation, the total sample size required would be eighty-four. Ergo, both our sample sizes yield sufficient statistical power. The recognition (but not learning) data of one

Canadian participant was removed in the analysis due to a technical issue (see Eye-movement analysis).

3.2.5.3. Material and stimuli

Images were 490×500 pixels in size and displayed with a white screen-wide background on a 1920×1080 pixel (53×30 cm) BenQ GL2250 LCD monitor (refresh rate of 100 Hz). On screen, faces had an average width of 8.5 cm. Participants were seated at a viewing distance of 57 cm from the computer screen; as a result, face stimuli subtended approximately 9 degrees of visual angle horizontally.

The face dataset was the same as in Experiment 1, but this time participants only viewed own-race faces. This decision was made based on the absence of a significant effect of face ethnicity in the original Blais et al. (2008) article.

3.2.5.4. Eye-tracking apparatus

Eye movements were recorded at a sampling rate of 1000 Hz with the SR Research Desktop-Mount EyeLink 1000 eye-tracker; only the dominant eye was tracked (determined using the same procedure as in Experiment 1). To ensure that viewing distance was constant throughout the entire experiment and that eyes were accurately tracked, participants were asked to position their head on a chin and forehead rest, facing the screen at the appropriate viewing distance.

A nine-point manual calibration of ocular fixations was performed before each task block (see protocol section for details regarding “blocks”). Calibrations were then validated with the EyeLink software and repeated when necessary until the optimal calibration criterion was reached. At the beginning of each trial, participants were instructed to fixate a dot at the center of the screen to perform a drift correction. The experiment was implemented in MATLAB R2012b, using the

Psychophysics (Kleiner et al., 2007; Brainard, 1997; Pelli, 1997) and EyeLink (Cornelissen et al., 2002) toolboxes (see <http://psychtoolbox.org>).

3.2.5.5. Protocol

The same Old/New task as in Experiment 1 was used (see Figure 3.1), except that there was no priming text to read. At the end of this experiment, participants completed the AICS and HVICS.

3.2.6. Analyses

3.2.6.1. Questionnaires

The AICS and the HVICS were analyzed separately. Z-scores were produced for each questionnaire item by using participants' individual overall mean and standard deviation across one questionnaire (i.e., an ipsaturation procedure to minimize individual response bias). Then, for each participant separately, standardized questionnaire items were grouped into their respective individualism or collectivism subdimensions for each questionnaire. For the AICS, scores were averaged along three separate individualism subdimensions: (1) "Competition", which measures how much one values and enjoys competition (2) "Uniqueness", which measures how much one values their individuality and unique preferences, and (3) "Responsibility", which measures how much one values independence, self-reliance, individual responsibility and making their own decisions; as well as two separate collectivism subdimensions: (4) "Advice", which measures how much one is inclined to consult with relatives or close friends before making a personal decision, and (5) "Harmony", which measures how much one values courtesy and in-group cohesion over personal opinion. For the HVICS, scores were averaged along two separate individualism subdimensions: (1) "Horizontal Individualism" (HI), which measures how much one values personal identity, independence and self-reliance, and (2) "Vertical Individualism" (VI), which

measures how much one values competition and enjoys winning over other; as well as two separate collectivism subdimensions: (3) “Horizontal Collectivism” (HC), which measures how much one’s pride and pleasure comes from other’s success and well-being, and (4) “Vertical Collectivism” (VC), which measures how much one values group hierarchy and duty towards family. Then, for each questionnaire separately, we also combined subdimensions of Individualism to compute a general Individualism score and subdimensions of Collectivism to compute a general Collectivism score.

3.2.6.2. Eye-movements

Individual fixation maps and iMap4 LMM parameters were computed by following the same procedure as in Experiment 1. One participant’s eye movement data was removed for the recognition periods because their fixation map was empty. Here, we started by running a fixed effect ANOVA on fixation maps between cultural groups. Next, to measure the effect of social values on eye-movements, we performed a linear regression on the fixation maps, with questionnaire scores as independent variables. To this effect, we used the “model beta” option included in the iMap4 toolbox.

As a second step, we investigated the effect of culture on specific face regions where significant differences were previously found between West Europeans/North Americans and East Asians. To this effect, we conducted a ROI analysis following the same procedure as in Experiment 1. Percentage of fixations allocated to the eyes, nose, mouth, and rest of the face respectively were compared between both cultural groups (Canadians and Chinese). To examine group differences on fixation percentages for each ROI, we ran bilateral Independent Samples t-tests between cultures on each ROI separately. The bilateral significance threshold ($p < 0.025$) was corrected for multiple comparisons using a Bonferroni correction, where differences on each ROI are tested at $p = 0.025/4 = 0.00625$.

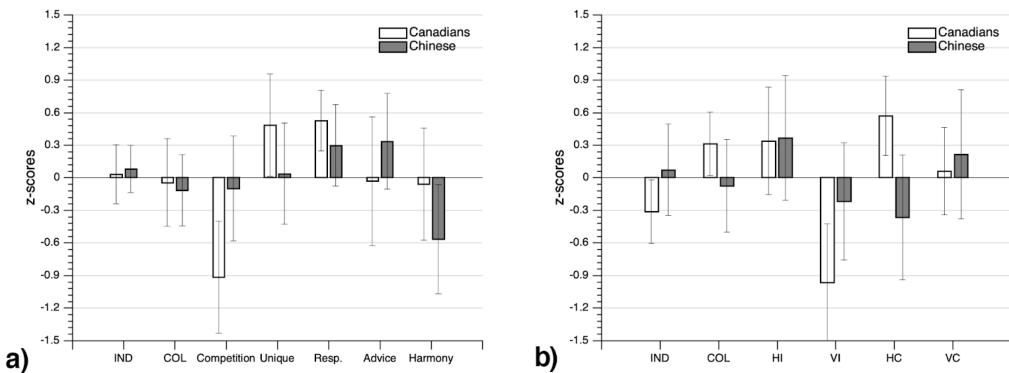
Next, across all participants, regardless of culture, correlations between percentage of fixations and each questionnaire subdimension were performed for each ROI separately. The skipped-correlation algorithm from the Robust Correlation Toolbox (Pernet et al., 2013) was initially applied for a robust correlation with multiple comparison correction across questionnaire subdimensions. Pairs of subdimensions and ROI that showed a significant correlation were then subjected to a partial correlation with “participant’s culture” as co-variable.

3.2.7. Results

3.2.7.1. Questionnaires

Questionnaire z-scores were plotted for AICS (Figure 3.5a) and HVICS (Figure 3.5b) along the general dimensions of Individualism and Collectivism, as well as each subdimension of the latter constructs, distinctly for Canadian and Chinese participants.

Figure 3.5



Note. a) Z-score distributions for Canadian and Chinese participants on IND/COL general dimensions and subdimensions of AICS; b) Z-score distributions for Canadian and Chinese participants on IND/COL general dimensions and subdimensions of HVICS; Error bars represent standard deviations

For the AICS, Independent Samples t-tests between Canadian and Chinese participants show that there are no significant group differences for individualism [$t(113) = -1.0199, p = 0.31$] and collectivism [$t(113) = 1.0199, p = 0.31$]. Independent Samples t-tests between Canadian and Chinese participants for each subdimension show that Canadians score significantly higher on “Unique” [$t(113) = 5.094, p < .001$], “Responsibility” [$t(113) = 3.7299, p < .001$], and “Harmony” [$t(113) = 5.3137, p < .001$], whereas Chinese score higher on “Competition” [$t(113) = -8.6887, p < .001$] and “Advice” [$t(113) = -3.6872, p < .001$]. It is interesting to note that Canadians do not score higher on all conventionally individualistic dimensions (i.e., “Competition”, “Unique”, and “Responsibility”), as one would expect, and that Chinese do not score higher on all conventionally collectivistic dimensions (i.e., “Advice” and “Harmony”), as one would also expect. Notably, these results corroborate the data presented by Shulruf et al. (2007) to validate the usefulness of the selected subdimensions to better discriminate cultural groups.

For the HVICS, Independent Samples t-tests between Canadian and Chinese participants show that Chinese participants' ratings for Individualism are significantly higher than those of Canadian participants [$t(97) = -5.2387, p < .001$], whereas Canadian participants' ratings for Collectivism are significantly higher than those of Chinese participants [$t(97) = 5.2142, p < .001$]. Independent Samples t-tests for each subdimension reveal no significant difference between cultural groups for HI [$t(97) = -0.2635, p = 0.7927$] and for VC [$t(97) = -1.5110, p = 0.134$]. However, Chinese participants score significantly higher on VI [$t(97) = -6.8371, p < .001$]; Canadian participants score significantly higher on HC [$t(97) = 9.4735, p < .001$]. These results show that Chinese participants' overall higher ratings for Individualism in the HVICS are mostly driven by VI; and Canadian participants' higher ratings for Collectivism are mostly driven by HC.

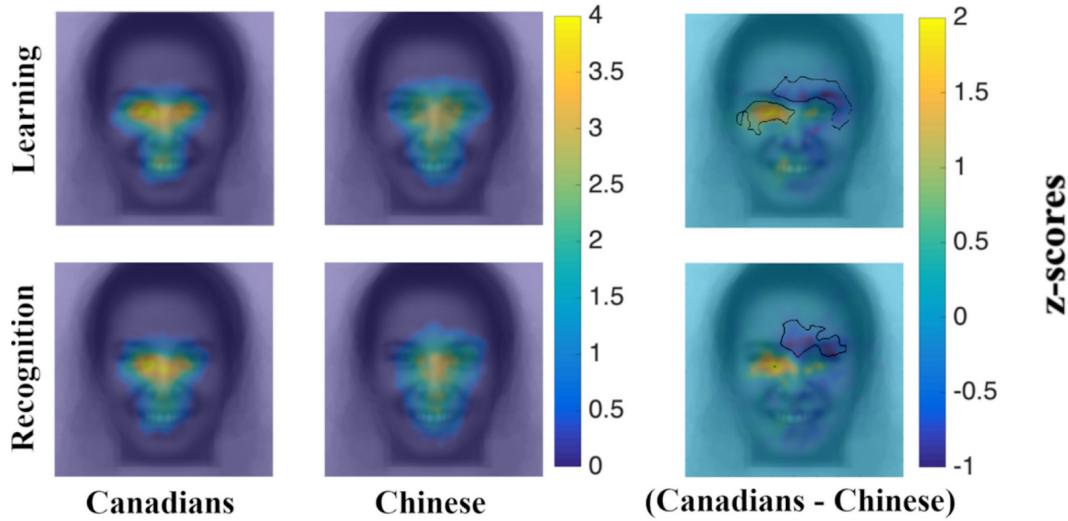
The cultural differences on dimensions VI and HC confirm the results obtained on dimensions "Competition" and "Harmony" respectively. Indeed, VI is conceptually similar to "Competition" and HC is conceptually similar to "Harmony". VC, which is conceptually similar to "Advice", is only marginally higher for Chinese participants. As opposed to "Advice", however, VC more clearly emphasizes group hierarchy. No significant difference was found for the dimension HI, which could be understood as combining "Unique" and "Responsibility", and thus remains more broadly defined.

3.2.7.2. Culture and eye-movements

Fixation maps (see Figure 3.6) reveal the typically observed cultural differences in fixation patterns (more fixations on the eyes for West Europeans; more fixations on the center for East Asians), especially for learning periods. Significantly, iMap4 reveals a left eye fixation bias for Canadian participants during learning and recognition periods. Above and around the right eye there appears to be a Chinese fixation bias, which is unexpected and might be linked to our Chinese participants' tendency to move their gaze around the face in a diffuse manner.

This pattern also appears above the eyes on fixation maps in Experiment 1, albeit not as significantly (see Figure 3.3). Independent Samples t-tests on ROI confirm significantly more fixations toward the eyes for Canadian observers during learning [$t(110) = 4.386$; $p < 0.001$; Cohen's $d = 0.835$] and marginally more during recognition [$t(109) = 2.723$; $p = 0.008$; Cohen's $d = 0.5206$]. By contrast, they confirm significantly more fixations around the face (rest of the face) for Chinese observers during learning [$t(110) = -5.509$; $p < 0.001$; Cohen's $d = 1.049$] and recognition [$t(109) = -3.916$; $p < 0.001$; Cohen's $d = 0.7486$]. However, as can be seen on Chinese participants' group maps (Figure 3.6; second column), relatively less fixation time is spent around the face than in the center as indicated by the bluish hue (lower z-scores) at the periphery and orange color (higher z-scores) near the center. Average fixation percentage differences between cultures are reported in Table 3.3 for each ROI.

Figure 3.6



Note. First column illustrates Canadian participants' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates Chinese participants' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; third column illustrates Canadian (yellow) and Chinese (blue)

fixation biases for learning and recognition periods respectively (significant cultural differences revealed by iMap4 are delineated in black)

Table 3.3

	<i>Learning</i>		<i>Recognition</i>	
	% difference (<i>M</i>)	95% CI	% difference (<i>M</i>)	95% CI
Eyes	8.91*	4.89 to 12.94	6.40	1.74 to 11.05
Center	1.17	-3.14 to 5.47	4.23	-0.65 to 9.11
Mouth	1.54	-1.24 to 4.32	-0.87	-4.77 to 3.03
Rest	-11.62*	-15.80 to -7.44	-9.76*	-14.70 to -4.82

**p* < 0.00625

Note. Mean difference of fixation percentage for each ROI between Canadian and Chinese participants (Canadian – Chinese), during learning and recognition periods respectively

3.2.7.3. Social values and eye-movements

iMap4's Model Beta analysis did not yield any significant results for social values, suggesting that any effect of social values on fixation patterns might not be very robust. Notwithstanding, we considered it worthwhile to examine correlations between social values and ROI, since iMap4 remains a very conservative tool. Analyses with important face regions, as opposed to data-driven pixel-by-pixel tests, will provide useful insights.

Although the general dimensions of individualism and collectivism do not clearly characterize our samples, we nonetheless started by examining correlations between individualism/collectivism and ROI, for each questionnaire separately.

Here, since our cultural groups do not seem to be respectively defined by either individualism or collectivism as conceptualized by our questionnaires, significant correlations between those social constructs and ROI, as predicted by the social orientation hypothesis, would mean that those constructs are better associated with fixation distribution than the cultural groups themselves. All correlations are reported in Tables 3.4 to 3.7; the following paragraphs will only discuss significant results.

For the AICS, after multiple comparison correction, there was only a significant correlation between center fixations and individualism as well as collectivism. Curiously, individualism was associated with more fixations toward the center ($r = 0.279$; $p < 0.01$), whereas collectivism was associated with less fixations toward the center ($r = -0.280$; $p < 0.01$). These results are consistent with the fact that our Chinese participants score slightly higher on Individualism than our Canadian participants. Confirmatory partial correlations with participants' culture as co-variable show that these correlations can, in fact, be explained by participants' cultural group (partial correlation for IND: $r = 0.119$; $p = 0.2124$, and partial correlation for COL: $r = -0.119$; $p = 0.2124$). These results were consistent for learning and recognition periods (partial correlations for recognition periods: for IND, $r = 0.071$, $p = 0.4595$; for COL, $r = -0.071$, $p = 0.4595$).

For the HVICS, there was a significant correlation between fixations to the rest of the face and individualism as well as collectivism. Individualism was associated with more fixations around the face ($r = 0.290$; $p < 0.01$), whereas collectivism was associated with less fixations around the face ($r = -0.290$; $p < 0.01$). Interestingly, these correlations are symmetrically opposed despite the fact that individualism and collectivism are measured as two separate constructs. This pattern is consistent with the fact that our Chinese participants score higher on individualism (and lower on collectivism), and fixate more on the rest of the face, than our Canadian participants. Here, confirmatory partial correlations with participants' culture as co-variable indicates that culture explains away this

correlation (partial correlation for IND: $r = 0.066$; $p = 0.5342$, and partial correlation for COL: $r = -0.066$; $p = 0.5342$). These results were only significant for learning periods, but a similar trend appears for recognition periods.

Then, we proceeded to examine the link between ROI and subdimensions of IND/COL, for both questionnaires separately. For the AICS, after multiple comparison correction, only “Competition” was significantly negatively correlated with the eyes during learning periods ($r = -0.460$; $p < 0.001$). By contrast, “Harmony” was significantly positively correlated with the eyes ($r = 0.384$; $p < 0.001$). Only “Competition” remained marginally correlated with eyes regardless of culture (partial correlations: for competition $r = -0.169$, $p = 0.0759$; for harmony $r = 0.1273$, $p = 0.1830$). For recognition periods, only a positive correlation between “Competition” and the rest of the face was significant ($r = 0.286$; $p < 0.01$). However, partial correlation shows that this was rather explained by cultural differences on fixation bias ($r = -0.1352$; $p = 0.1590$).

For the HVICS, “VI” (similar to Competition) was again significantly negatively correlated with the eyes during learning periods ($r = -0.379$; $p < 0.001$), and “HC” (similar to Harmony) was still significantly positively correlated with the eyes ($r = 0.315$; $p < 0.01$). “VI” remained correlated regardless of culture (partial correlation: $r = -0.238$; $p = 0.0232$), but correlation with “HC” was better explained by culture (partial correlation: $r = 0.073$; $p = 0.4911$), that is by Canadians scoring higher on “HC” and fixating more the eyes than Chinese participants. Significant negative correlation between VI and eyes, regardless of culture, confirms results obtained with “competition” during learning periods. By contrast, VI was positively correlated with the rest of the face ($r = 0.289$; $p < 0.01$), whereas HC was negatively correlated with that area ($r = -0.391$; $p < 0.001$). However, partial correlations suggest that this was better explained by the fact that Chinese participants score higher on VI, lower on HC, and fixate more that area of the face (partial correlations: for VI, $r = -0.002$, $p = 0.9887$; for HC, $r = -0.033$, $p = 0.7531$). During recognition periods, only VI remained negatively

correlated to the eyes ($r = -0.320$; $p < 0.01$) and positively correlated to the rest of the face ($r = 0.296$; $p < 0.01$). Partial correlations indicate again that VI remains negatively correlated to eyes regardless of culture ($r = -0.249$; $p = 0.0181$), but that culture better explains the positive correlation between VI and the rest of the face ($r = 0.057$; $p = 0.5950$).

3.2.7.4. Discussion

Firstly, according to our data, it is not possible to assert that our sample of Canadian participants is relatively as individualistic as one would expect, nor that our sample of Chinese participants is relatively as collectivistic as one would expect. Rather, our participants adhere more or less to subdimensions of individualism and collectivism in a way that is culturally distinguishable. Secondly, our results indicate that cultural differences related to fixation distributions cannot be unequivocally explained by individual variations along individualism and collectivism. It is, nonetheless, plausible that some individual social tendencies might be associated with particular fixation biases. Partial correlations with culture as covariate show that most significant associations between ROI and social values seem to be explained away by cultural membership. However, there was a persistent negative association between fixation duration toward the eyes and scores on the “competition” subdimension (AICS), as well as the similar “VI” subdimension (HVICS), that remained regardless of culture.

Table 3.4

	<i>Individualism</i>		<i>Collectivism</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
<i>Eyes</i>	-0.213	-2.283	0.213	2.288
<i>Center</i>	0.279	3.051*	-0.280	-3.059*
<i>Mouth</i>	-0.002	-0.019	0.001	0.006
<i>Rest</i>	0.006	0.067	0.013	0.140

a) * $p < 0.01\|$

	<i>Competition</i>		<i>Unique</i>		<i>Responsibility</i>		<i>Advice</i>		<i>Harmony</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
<i>Eyes</i>	-0.460	-5.428*	0.130	1.377	0.200	2.137	-0.094	-0.991	0.384	4.359*
<i>Center</i>	0.111	1.173	0.082	0.867	-0.145	-1.532	-0.109	-1.155	-0.052	-0.549
<i>Mouth</i>	0.063	0.663	-0.108	-1.140	-0.065	-0.681	0.108	1.135	-0.033	-0.342
<i>Rest</i>	0.224	2.406	-0.158	-1.675	-0.019	-0.194	0.093	0.980	-0.178	-1.901

b) * $p < 0.001$

Note. Skipped correlations (*r*) between ROI and AICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for learning periods ($n = 112$). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction

Table 3.5

	<i>Individualism</i>		<i>Collectivism</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
Eyes	-0.036	-0.376	0.037	0.382
Center	0.233	2.502*	-0.234	-2.509*
Mouth	0.052	0.548	-0.054	-0.566
Rest	0.036	0.375	-0.035	-0.368

a) * $p < 0.025$

	<i>Competition</i>		<i>Unique</i>		<i>Responsibility</i>		<i>Advice</i>		<i>Harmony</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
Eyes	-0.230	-2.469	0.169	1.787	0.273	2.967	-0.216	-2.310	0.199	2.124
Center	0.050	0.524	0.135	1.421	-0.103	-1.080	-0.120	-1.264	-0.059	-0.613
Mouth	0.115	1.204	-0.159	-1.684	0.121	1.268	0.006	0.063	-0.122	-1.283
Rest	0.286	3.117*	-0.232	-2.487	-0.145	-1.526	0.080	0.837	-0.150	-1.579

b) * $p < 0.01$

Note. Skipped correlations (*r*) between ROI and AICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for recognition periods ($n = 111$). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction

Table 3.6

	<i>Individualism</i>		<i>Collectivism</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
Eyes	-0.237	-2.309	0.237	2.309
Center	-0.058	-0.553	0.058	0.553
Mouth	-0.087	-0.831	0.087	0.831
Rest	0.290	2.871*	-0.290	-2.871*

a) * $p < 0.01$

	<i>HI</i>		<i>VI</i>		<i>HC</i>		<i>VC</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
Eyes	-0.002	0.019	-0.379	-3.887**	0.315	3.147*	0.031	0.292
Center	-0.107	-1.020	0.000	0.003	0.007	0.068	0.094	0.898
Mouth	-0.001	-0.007	-0.000	-0.003	0.194	1.878	-0.141	-1.351
Rest	0.095	0.905	0.289	2.864*	-0.391	-4.031**	-0.034	-0.325

b) * $p < 0.01$
** $p < 0.001$

Note. Skipped correlations (*r*) between ROI and HVICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for learning periods ($n = 92$). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction

Table 3.7

	<i>Individualism</i>		<i>Collectivism</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
<i>Eyes</i>	-0.075	-0.708	0.075	0.708
<i>Center</i>	-0.014	-0.135	0.014	0.135
<i>Mouth</i>	-0.113	-1.075	0.113	1.075
<i>Rest</i>	0.223	2.163	-0.223	-2.163

a)

	<i>HI</i>		<i>VI</i>		<i>HC</i>		<i>VC</i>	
	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>	<i>r</i>	<i>t</i>
<i>Eyes</i>	0.223	2.161	-0.320	-3.188*	0.164	1.568	-0.114	-1.083
<i>Center</i>	-0.037	-0.352	-0.006	-0.057	0.054	0.505	-0.052	-0.490
<i>Mouth</i>	0.004	0.039	-0.046	-0.437	0.078	0.741	0.006	0.059
<i>Rest</i>	-0.007	-0.063	0.296	2.919*	-0.274	-2.685	-0.081	-0.767

b) **p* < 0.01

Note. Skipped correlations (*r*) between ROI and HVICS IND/COL dimensions (a) and subdimensions (b) for recognition periods (*n* = 91). Coefficients marked with an asterisk were robust to multiple comparison correction

3.3. General discussion

Face perception plays a crucial role in the development of social abilities. Discovering how and why it might develop differently from one culture to another is an important challenge for our globalized world and modern multicultural social interactions. The present study aimed to investigate the suitability of the social orientation hypothesis as potential explanation for the substantial cultural differences characterizing face perception. In fact, the social orientation hypothesis has been posited as a prominent explanation for perceptual and

cognitive cultural differences in many studies (e.g., Kitayama et al., 2003; Nisbett et al., 2001). In light of empirical evidence showing cultural differences in eye movements during face recognition between East Asians and West Europeans/North Americans, we probed the idea that social orientation could also explain cultural differences in face perception. For the purpose of this study, we used an Old/New face recognition task and two different experimental protocols to measure social orientation with a full cross-cultural design.

3.3.1. Cultural differences

In both of our experiments, our data replicated the cultural contrasts in visual attention typically observed between West Europeans/North Americans and East Asians. That is, a higher proportion of fixations toward facial features, especially towards the eyes, for West European and North American participants, and less fixations toward those features for East Asian participants. For instance, a significant fixation bias toward the eyes was observed for Canadian participants in Experiment 2; a similar trend is also observed in Experiment 1. Instead of displaying the usual central fixation bias observed with East Asian populations, our Chinese participants fixated more significantly around the face. This behaviour qualitatively and conceptually remains in line with common East Asian holistic/global attentional patterns. East Asian observers adopt a visual strategy favoring the extra-foveal processing of facial features. We replicated this pattern in Experiments 1 and 2 of our studies, despite testing two independent groups of observers for each culture. It is worth noting that Chinese participants recruited for the present study did not necessarily come from the same region as East Asian participants from previous studies (e.g., Blais et al., 2008; Caldara et al., 2010; Kelly et al., 2011b). Therefore, it is possible that East Asians coming from different areas develop diverse eye-movement strategies to deploy broad attention and extra-foveal processing of facial features (see Talhelm et al., 2014).

3.3.2. Social orientation

In Experiment 1, we failed to reveal a significant effect of social orientation priming on eye movements, which is consistent with the recent results reported by Liu et al. (2019). In Experiment 2, we also failed to reveal a clear association between social orientation questionnaires and eye movements. Interestingly, in Experiment 2, our Chinese participants rated higher for individualism and lower for collectivism than our Canadian participants. This trend was mostly driven by the subdimension “competition” in the AICS questionnaire and the corresponding subdimension “VI” in the HVICS. As was mentioned earlier, the higher scores on the individualism subdimension “competition” in East Asians is consistent with the results obtained by Shulruf et al. (2007).

We observed some associations between eye movements and IND/COL constructs. However, these results were mostly driven by participants’ culture rather than social orientation per se. When IND/COL subdimensions were taken into account, we only found significant negative correlations between the eyes and subdimensions “competition” and “VI”, regardless of participants’ culture. These correlations might reflect more complex and nuanced effects of social values on visual perception.

3.3.3. Are Chinese participants really more individualistic?

Our Chinese participants scored higher on individualism, which may appear surprising given that previous studies show stronger individualistic tendencies in West European and North American societies. However, as we mentioned earlier, this result seems to be specifically driven by the subdimensions “competition” and “VI”. Therefore, a possible explanation for why our data contradicts the literature on this matter might stem from how individualism is defined in the current questionnaires. There is a debate about whether or not individualism and competitiveness should be put under the same umbrella (e.g., Leung & Au, 2010).

Evidence from cross-cultural management research points to a decoupling of those concepts. For instance, during an experimental cooperation game, Chinese participants that are more individualistic cooperate further than those that are more collectivistic (Koch & Koch, 2007). It is suggested that this behavior might be dependent on the reference group, namely whether cooperative action is directed towards ingroup or outgroup members (Koch & Koch, 2007). It is plausible to assume that collectivistic societies can be competitive for reasons that are collective, rather than personal. Accordingly, in the current study, we can observe that our Chinese participants do indeed score higher on competition (and VI) than our Canadian participants, however it might be erroneous to strictly assume that they are more individualistic than our Canadian participants, as they do not score higher than Canadians on other individualism subdimensions.

Alternatively, we also cannot exclude the possibility that our sample of Chinese participants was more individualistic than the average, suggesting that it might be useful to revise the definitions of individualism and collectivism. Indeed, the way we formally define what constitutes an individualistic or collectivistic society does become less clear-cut over time. This current quest to deconstruct archaic notions of individualism and collectivism emphasizes the importance of using questionnaires with subdimensions to investigate those concepts. In the context of our study, general notions of individualism and collectivism aside, our results indicate the existence of a robust association between eye-movements for face recognition and individual levels of competitiveness. This link is interesting and worth further investigation provided that we conceptualize “competition” in a way that reflects both its individualistic and collectivistic dimensions.

3.3.4. Individual differences

It is worth noting that recent studies have also put forward within-group variations during face perception. In fact, individual differences within the same cultural group have specifically been found with respect to eye-movements during face

recognition tasks. For instance, Miellet et al. (2011) show that West European observers are able to alternate between a more “local” or “global” strategy to recognize a celebrity identity, as a function of the location on which their first fixation lands. Thereafter, Chuk et al. (2014; 2017) revealed individual eye-movement patterns that can be classified as being either “holistic” or “analytic”, emphasizing the existence of individual differences within the same group of East Asian observers. As a matter of fact, individual differences in face processing strategies are shown to be remarkably stable and reflect individual optimal gaze positions for recognition (e.g. Mehoudar et al., 2014; Peterson & Eckstein, 2013; Stacchi et al., 2019). Crucially, these individual variations even generalize to real-world experiences in facial recognition (Peterson et al., 2016). However, what drives individuals to develop distinct fixation patterns is still unknown. These recent findings regarding individual within-culture differences highlight the dynamic and multifaceted nature of cultural constructs, and in a sense, blur the lines between categorically defined cultural groups with respect to facial recognition strategies. Cultural variations in eye movements should be seen as variations on a continuum spanning from local to global strategies, with the probability of West Europeans/North Americans and East Asians appearing more at one extremity or the other of the continuum. Indeed, West European, North American and East Asian cultures represent very complex systems of a manifold of interacting elements, all shaping cognition in one way or another. Nevertheless, despite noteworthy individualities that muddy cultural waters, distinctive group patterns of facial recognition continue to emerge. These general differences that persist between certain populations are interesting phenomena that require further exploration and might even give us a hint on what drives individually motivated patterns of fixations.

3.3.5. Measurement limitations

The results presented here provide undeniable evidence that more studies should be conducted before assuming the existence of a direct link between social values

and face recognition. Nonetheless, the current study does present some noteworthy limitations, namely with respect to measures of social orientation. For instance, although the questionnaires used in Experiment 2 were extensively validated in prior studies, future studies should include a wider array of IND/COL questionnaires. It would also be wise to incorporate a variety of measures that include for instance value surveys and self-construal questionnaires to capture a more exhaustive index of a group's social orientation. In fact, self-construal, along with individualist/collectivist social values, is a common measure of social orientation. Social values relate mostly to the way cultures are organised and to one's role in relation to social structures. An example of social value could be whether work-related decisions should come from individual opinions (individualism) or a designated group-leader (collectivism). In a complementary manner, self-construal relates more specifically to the way we define ourselves through social relationships (relational) or group membership (collective). For instance, at work would you rather define yourself as an individual expert (independent) or team member (interdependent). In tandem with individualism and collectivism, Markus and Kitayama (1991) propose Independent and Interdependent self-construals to respectively characterize North American and East Asian cultures. Of course, the concepts of social values and self-construal overlap to define one's position in relation to others in society. However, these different perspectives do lead to diverse questionnaire items that emphasize various levels of self-expression, such as identity and values.

The pronoun-circling method we used in Experiment 1 is meant to prime "self-construal" (see Brewer & Gardner, 1996). However, a common problem remains whether we evaluate interdependence or collectivistic values: we must define what the "we" in collectivism stands for. For example, across several scales to measure collectivism, depending on the content of the questions, Americans are sometimes more or less collectivistic than Japanese or Koreans (Oyserman et al., 2002; Brewer & Chen, 2007). Accordingly, several studies use a tripartite model of self-construal including the individualistic personal pronoun ("I"), the

relational “we”, and the collective “we” (see Brewer & Gardner, 1996). A recent priming study using this tripartite model shows that Asians’ social identity is primed more with an interpersonal/relational scenario, whereas Australians’ social identity is primed more with a scenario involving larger groups or collectives (Kashima et al., 2011). Critically, the way ingroups are defined within a given culture might even modulate the way in which interdependence (or collectivism) relates to face recognition ability (Ng et al., 2015). For instance, North Americans tend to construct their social identities based on abstract categories such as nationality. Consequently, when they are more interdependent, they are better at recognizing novel own-race faces, but not other-race faces. East Asians tend to identify with smaller tight-knit groups that have more defined boundaries and emphasize personal relationships. Consequently, East Asians that are more interdependent are worse at recognizing any novel face, regardless of the face race.

Finally, there is a possibility that the priming task used in Experiment 1 was not effective. And, the conclusions of the present study are based on a null effect, which should be interpreted with caution. Nevertheless, the claims of the present study are well supported. Indeed, it is crucial to note that the pronoun circling manipulation used here has previously lead to many positive results with a variety of tasks (e.g. Oyserman et al., 2008; Kuhnen & Oyserman, 2002; Lin et al., 2008; Lin et Han, 2009; Springer et al., 2012; Liu et al., 2015; Choi et al., 2016; Liu et al., 2019). In addition, the current study replicates the absence of a social orientation priming effect on eye movements reported in Liu et al. (2019), using the same priming manipulation and face recognition task. Moreover, the current study found no effect of social orientation on eye movements in two different experiments, using entirely different paradigms and participant samples. It is therefore unlikely that the absence of a social orientation effect found here is due to methodological limitations.

3.4. Conclusion and future directions

To sum up, our findings indicate that cultural differences in facial recognition cannot be unequivocally explained by differences in social orientation. If a link exists between social orientation and visual strategies for facial recognition, it is at the very least not a straightforward one. Indeed, the results obtained here suggest that other factors might also be at play, possibly interacting with social orientation, to form a truly complex and dynamic web that is culture. As a matter of fact, one's environment can be viewed as an assemblage of cultural, social, biological, and geographical constraints. Following this line of thought, other factors of our visual environment should be considered as potential complementary or alternative explanations for the observed differences in facial recognition strategies. In order to truly understand the way culture interacts with perceptual development and facial recognition, future studies should explore diverse aspects of one's environment including geographical elements such as the visual configuration of the surroundings (e.g., urbanization; see Caparos et al., 2012), as well as individual elements such as biological conditions (e.g., myopia, a visual condition more prevalent in East Asian countries -- e.g., see Holden et al., 2016; Rudnicka et al., 2016). All in all, the genuine visual and social mechanisms at the root of cultural differences in face processing still remain to be defined.

CHAPITRE IV ARTICLE 3

Myopia changes perceptual strategies for face and pattern recognition

Amanda Estéphan^{1,2}, Daniel Fiset¹, Roberto Caldara³, Carine Charbonneau¹ & Caroline Blais¹

¹ Département de psychoéducation et psychologie, Université du Québec en Outaouais

² Département de psychologie, Université du Québec à Montréal

³ Eye and Brain Mapping Laboratory (*iBMLab*), Department of Psychology, University of Fribourg

RÉSUMÉ EN FRANÇAIS

Les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux ont des stratégies de traitement de l'information qui diffèrent dans plusieurs tâches visuelles. En général, les Asiatiques de l'Est portent attention de manière plus globale que les personnes d'Europe de l'Ouest et d'Amérique du Nord. Par exemple, les Asiatiques de l'Est ont un avantage global supérieur aux Occidentaux dans des tâches de Navon; cette population fixe plus le centre et moins les traits faciaux locaux que les Occidentaux durant la reconnaissance de visages, et privilégie l'utilisation de plus basses fréquences spatiales. Il a été proposé que ces différences proviennent de l'organisation sociale (individualiste versus collectiviste) de ces deux sociétés. Toutefois, cette explication demeure spéculative et peu concluante. Par ailleurs, la myopie non corrigée embrouille la vision et cette condition est presque trois fois plus répandue en Asie de l'Est que dans l'Occident. Étonnamment, le rôle de la myopie dans les différences culturelles observées n'a pas encore été exploré. L'objectif de la présente étude est donc de comparer les stratégies visuelles de personnes américaines avec une myopie corrigée et une vision normale (emmétropie) durant trois tâches ayant précédemment dévoilé des différences culturelles. Les résultats montrent que les myopes ont un avantage global inférieur aux emmétropes dans une tâche de Navon, fixent moins le centre d'un visage et utilisent des plus hautes fréquences spatiales que les emmétropes. Globalement, les résultats des trois expériences convergent et dévoilent de manière robuste que les personnes myopes d'Amérique du Nord, même avec une correction adéquate, manifestent un biais perceptif local comparé aux personnes emmétropes. Cette découverte ne permet pas d'appuyer l'hypothèse que les différences de prévalence de myopie en Asie de l'Est et en Amérique du Nord expliquent les différences culturelles observées. La culture a un impact sur la vision, mais les facteurs particuliers à l'œuvre demeurent inconnus.

Mots clés : perception, vision, mouvements oculaires, fréquences spatiales, culture, myopie

ABSTRACT

East Asians and West Europeans/North Americans' information processing strategies differ in many visual tasks. Generally, East Asians allocate their visual attention more broadly than West Europeans and North Americans. For instance, Easterners have a larger global advantage than Westerners in Navon Tasks; they fixate more the center and less local facial features than West Europeans during face recognition, while favoring lower spatial frequency use. Although it has been proposed that such perceptual differences may emerge from social values (e.g. individualistic vs. collectivistic) embedded in each culture, this explanation remains speculative and inconclusive. Uncorrected myopia blurs vision and this impairment is almost three times higher in the East than the West. Surprisingly, the role of this important biological contrast in the reported cultural differences has not been investigated so far. To this aim, we compared the visual strategies of North Americans with corrected myopia and emmetropia (i.e. normal vision) on three visual tasks that have previously revealed cultural differences. Our data show that myopes have a lower global advantage than emmetropes in a Navon Task, they fixate less the center of a face and use higher spatial frequencies than emmetropes. Altogether, our results converge and robustly show that North American individuals with corrected myopia exhibit a narrower perceptual focus than North American emmetropes. These findings do not support the hypothesis that the prevalence difference of myopia in East Asia and North America underlies the reported cultural differences. Culture still shapes visual perception, but the precise factors behind this force remain unclear.

Keywords: perception, vision, eye movements, spatial frequencies, culture, myopia

MYOPIA CHANGES PERCEPTUAL STRATEGIES FOR FACE AND PATTERN RECOGNITION

4.1 Introduction

With the world becoming globalized and multicultural, there is increasing evidence that people from different parts of the globe do not necessarily see in the exact same way. Perception is a tool to navigate the environment, and is subject to social and evolutionary adaptation to fit the surrounding demands. Therefore, research in visual perception needs to move away from homogeneously “WEIRD” populations (an acronym for “Western, Educated, Industrialized, Rich, Democratic” societies; Henrich et al., 2010a; Henrich et al., 2010b), and develop more comprehensive and reliable visual perception models. In fact, almost two decades of cross-cultural research highlights visual perception differences between populations coming from differing cultural and geographical backgrounds. The root of these differences remains unclear since environmental constraints come in various forms, whether it be cultural, geographical, technological, or biological. The majority of cross-cultural studies in visual perception have focussed on West European, North American, and East Asian populations. Recurrent observations support the idea that West Europeans and North Americans typically exhibit more analytical and focused visual attention, and East Asians more holistic and wider visual attention (see e.g. Nisbett et al., 2001; Nisbett & Masuda, 2003; Nisbett & Miyamoto, 2005; Chua et al., 2005; Masuda et al., 2008; 2012; Boduroglu et al., 2009; Ji et al., 2000; Kitayama et al., 2003). To name one example among many, when asked to identify a target letter in a hierarchical figure (“Navon Letter”; Navon, 1977), that is a large letter (the global level) composed of smaller letters (the local level), East Asians have a greater advantage than West Europeans and White Australians when the target appears at the global level (McKone et al., 2010; Lao et al., 2013).

So far, the dominant hypothesis to explain such perceptual differences is the social orientation hypothesis, pinning them as a result of West Europeans and North Americans being more individualistic (and thus more focused/object oriented) and East Asians being more collectivistic (and thus more holistic/relation oriented). However, this hypothesis does not seem to generalize to any population. Indeed, studies with remote African tribes shed doubt on the link between social orientation and visual perception. For instance, traditional Himba -- a remote semi-nomadic African tribe -- exhibit a greater local perceptual bias during a Navon-like global/local task (Davidoff et al., 2008a; Caparos et al., 2012). This result does not fit with the social orientation hypothesis since traditional Himba are arguably a more collectivistic community (for collectivism in Africa, see Hofstede, 1980; Triandis, 1989; and specifically in pastoral nomadic populations of Africa, see Ma & Schoeneman, 1997). In addition, studies in face perception also tend to disprove this theory. Specifically, cross-cultural face recognition studies find cultural differences that are in line with a more global attention distribution for East Asians and a more local one for West Europeans and North Americans. Both in terms of eye-movements and visual information sampling (i.e. the spatial frequencies extracted), studies show that East Asians do not fixate important facial features directly (e.g. Blais et al., 2008, Kelly et al., 2011a), but instead process facial information more peripherally (Caldara et al., 2010) and use information at lower resolutions (Tardif et al., 2017; Estéphan et al., 2018) when compared with West Europeans and North Americans. However, the link between these culturally specific visual strategies for face recognition and social orientation has been proven dubious at best (Liu et al., 2019; Estéphan et al., *submitted*).

As mentioned previously, a person's upbringing is embedded in a social, geographical and biological cradle. While perception might be an inferential process shaped by cultural knowledge (e.g. Helmholtz, 1886/1962; Segall et al., 1966; see however Firestone & Scholl, 2016), vision starts with the eyes.

Therefore, when studying cross-cultural visual perception, it is also important to consider biological, and perhaps genetic, factors (see Gutschess & Sekuler, 2019). A common eye condition that is worth looking into to understand differences in visual perception is myopia (or near-sightedness), an ocular anomaly that makes distant stimuli appear blurry. In fact, even corrected, myopia is found to have significant effects on visuospatial perception. For instance, it has been shown that myopic observers are less affected by “crowding” in the visual periphery during a letter identification task (Carroll et al., 2016). “Visual crowding” describes the phenomenon by which visible objects become difficult to distinguish when they are presented too close to one another (Pelli, 2008; Levi, 2008). In the peripheral visual field, this impairment increases significantly : objects presented in clutter become almost impossible to identify. According to Carroll et al. (2016)’s results, the critical spacing that is needed for letters to become distinguishable is smaller for myopes than for emmetropes (i.e. individuals with normal vision). In other words, letters that are presented closer together in the visual periphery are easier to identify for myopes than for emmetropes. In contrast, other studies have found that myopes show slower reaction times to peripheral cues (Turatto et al., 1999) and a greater ability to quickly focus attention when a task explicitly requires it (i.e. identification of half-faces; Mckone et al, 2008). Although the specific manner in which myopia affects visual perception remains unclear, results consistently point towards differences in visual attention between myopes and emmetropes.

Importantly, the prevalence of myopia varies significantly across countries. Differences in rates of myopia between West European/North American, East Asian, and African regions match, to some extent, the differences in visual perception. In West Europe and North America, the rate of myopia is around 25-35% (Holden et al., 2016; Rudnicka et al., 2016), in East Asia the prevalence reaches 70-90% depending on the region (Huang et al., 2019; Rudnicka et al., 2016; Morgan et al., 2012), and in Africa it remains under 10% (Atowa et al., 2017; Rudnicka et al. 2016). The combined data thus shows that East Asians have

a higher prevalence of myopia, and a greater global bias than West Europeans and North Americans (e.g. McKone et al., 2010; Lao et al., 2013), and conversely, that Africans have lower rates of myopia, and a greater local bias than West Europeans and North Americans (e.g. Davidoff et al., 2008a; Caparos et al., 2012). Altogether, this evidence suggests that myopia is a potential candidate to explain the “cultural” differences in visual perception and should be investigated further.

In the present study, we will address this query with three different experiments. These experiments are all grounded in distinct theoretical frameworks, namely global precedence (Navon, 1977; Navon, 1981), eye movement research (e.g. see, Henderson et al., 2005; Klein & Ettinger, 2019), and psychophysical reverse correlation methods (the Bubbles technique; Gosselin & Schyns, 2001; but more specifically Spatial Frequency Bubbles; Willenbockel et al., 2010a). Importantly, cross-cultural differences have been found using all three paradigms (see e.g., Davidoff et al., 2008a; Caparos et al., 2012, Blais et al., 2008, Caldara et al., 2010; Tardif et al., 2017; Estéphan et al., 2018). Based on geographical disparities in myopia prevalence, we hypothesize that perceptual differences between West Europeans/North Americans, East Asians and Africans might in part be explained by differences in the prevalence of myopia. If this prediction is true, we should be able to observe corresponding differences between myopes and emmetropes within the same cultural group. Thus, we will compare North American myopes and emmetropes on those three unique visual tasks for which cultural differences have previously been documented. Our first objective is to examine the contribution of myopia to global/local perceptual biases with non-social stimuli. Given the apparent correspondence between rates of myopia and cultural differences in global/local processing of hierarchical figures, we will test the perceptual bias of myopes and emmetropes with a Navon task. Our second objective is to probe the role of myopia in shaping the observed cultural differences in the face processing literature. Since cultural differences in face perception between West European/North American and East Asian observers can also be classified as either global or local, we will compare the eye movement

strategies and information use of myopes and emmetropes during face recognition.

4.2. Method

4.2.1. General requirements

In all experiments, participants were fluent French and/or English speaking Canadians tested in Gatineau (Quebec province); they were born and raised in Canada, lived there during their enrollment in this study, and had little to no experience with East Asian cultures. Participants underwent a mandatory online screening procedure, and were required to meet the following inclusion criteria: 1) be between 18 and 35 years of age; 2) have normal or corrected-to-normal vision (i.e. 20/20 on the Snellen chart)—myopic observers were required to wear prescription contact lenses or glasses; 3) have an ocular refractive error (in diopters; D), between 0.50D hyperopia and -14.00D myopia (spherical error), with \leq 1.5D of astigmatism (cylindrical error), and \leq 1.00 D anisometropia; 4) have no current binocular vision or accommodative dysfunction; 5) not currently using potentially vision altering drugs or medication; 6) have no history of surgery or eye disease that may have impacted their vision.

Subjects were grouped based on refractive error. Myopia was defined as a spherical error between -14.00D and -0.50D in each eye, and emmetropia as a spherical error between -0.25D and 0.50D in each eye. Unfortunately, due to lack of resources, subjects' refractive error was not determined within the context of the study's experimental setting, however participants with corrected vision were required to present a formal optical prescription, and visual acuity of all participants was assessed on site using a Snellen chart.

The entire study was conducted in compliance with the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki). Each participant signed a written, informed consent form prior to the experiment. Forms and task instructions were always given to participants in their native language. Experimental protocols were approved by the Institutional Review Board of *Université du Québec en Outaouais*.

4.2.2. Experiment 1: Myopia and perceptual bias with non-social stimuli

4.2.2.1. Hypothesis

In the context of this experiment, we hypothesize that if cultural differences between East Asians and West Europeans/North Americans can be attributed to myopia, myopes should have a greater global visual processing advantage than emmetropes. This experiment replicates Mckone et al. (2008), but with White Canadian participants instead of Asian Australian ones.

4.2.2.2. Participants

Forty-two emmetropes and thirty-eight myopes took part in the experiment. This sample size was more than enough according to a G*Power assessment for a Two-tailed independent samples t-test with a large Cohen's d effect size and a statistical power of 80%. A large effect size was chosen since both Davidoff et al., 2008a and Davidoff et al., 2008b's studies of culture's effect on perceptual bias yielded large effect sizes. Since the aim of our study is to verify whether or not myopia can explain the effects of culture on visual perception, our calculations were based on effect sizes found in studies on cultural differences.

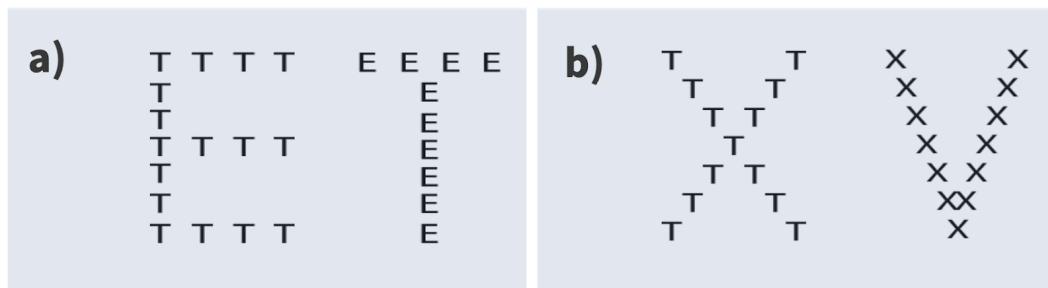
4.2.2.3. Material and stimuli

A version of Navon's classical paradigm, similar to the one used by Mckone et al. (2008), was implemented in MATLAB using the Psychophysics toolbox (Kleiner et al., 2007; Brainard, 1997; Pelli, 1997; see <http://psychtoolbox.org>). The stimuli were compound images, each consisting in a letter of the Roman alphabet (i.e. the global letter) composed entirely of copies of another smaller letter (i.e. the local letter). Stimuli were grayscale and displayed for 180 ms on an LCD (52×29 cm; 1920×1080 p) monitor, with calibrated luminance and a refresh rate of 100 Hz. Global letters had, on average, an on-screen width of 3.48 cm, and subtended 3.5 degrees of visual angle while participants were seated at a viewing distance of 57 cm. Local letters were approximately one seventh of the size of the global letters (see Figure 4.1 for stimuli examples). To ensure that viewing distance was constant throughout the entire experiment, all participants were asked to position their head on a chin and forehead rest, facing the screen at the appropriate viewing distance.

4.2.2.4. Protocol

At each trial, one compound stimulus was presented for 180 ms, immediately followed by a white noise mask. Participants were instructed to press the keyboard button 'A' if they perceived the target letter H or E, whether it be at the global or local level, and the keyboard button 'L' if they did not perceive it. Participants were also instructed to respond as quickly and accurately as possible. Participants first completed 48 practice trials to familiarize themselves with the stimuli. Then, they completed 240 trials that were included in the analysis.

Figure 4.1



Note. Examples of stimuli in the Navon task: a) Stimuli with the target letter “E” at the global (left) or local (right) level; b) Stimuli with no target letter.

4.2.2.5. Analyses

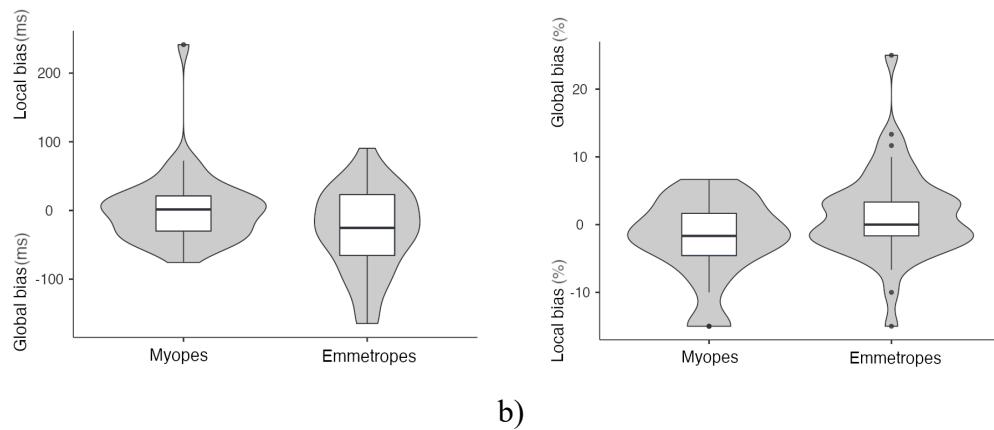
The ability to detect global and local target letters was measured for myopes and emmetropes. For each participant, average accuracies to respectively detect global target letters and local target letters were calculated. Average reaction times were also obtained for correct trials only. Participants’ global or local advantage was then calculated by subtracting the average accuracy and reaction time for local targets from that of global targets.

4.2.2.6. Results and discussion

When target letters were presented locally, myopes reached an accuracy rate of 85.91% (SD: 28.45%) with a reaction time of 595.4 ms (SD: 222.8 ms), and emmetropes reached an accuracy rate of 91.0% (SD: 9.6%) with a reaction time of 686.9 ms (SD: 144.8 ms). When targets were presented globally, myopes reached an accuracy rate of 83.9% (SD: 28.2%) with a reaction time of 597.5 ms (SD: 225.0 ms), and emmetropes reached an accuracy rate of 92.4% (SD: 8.7%) with a reaction time of 657.5 ms (SD: 130.4 ms). Overall emmetropes obtained higher accuracy rates than myopes, but had slower reaction times, in both target conditions. Crucially, myopes obtained, on average, higher accuracy rates for

local trials than they did for global trials (average global - local difference of -2.2%, SD: 5.9%) and had faster reaction times for local trials compared to global ones (average global - local difference of 2.3 ms, SD: 53.2 ms). The opposite is true for emmetropes : they obtained higher accuracy rates for global trials (average global - local difference of 1.4%, SD: 6.7%) with faster reaction times on those global trials (average global - local difference of -29.5 ms, SD: 61.3 ms). Two-tailed independent samples t-tests indicate that emmetropes indeed have a significantly larger global advantage than myopes both in terms of accuracy [$t(78) = -2.5903$, $p = 0.011$, 95 % confidence interval = -6.5% to -0.9%, Cohen's $d = -0.58$] and reaction time [$t(78) = 2.4681$, $p = 0.016$, 95% confidence interval = 6.2 ms to 57.5 ms, Cohen's $d = 0.553$]. The latter group even seems to have a local bias. Global/local bias distributions for each group are plotted in figures 4.2a (for reaction times) and 4.2b (for accuracy).

Figure 4.2



Note. Group distributions of global/local biases for a) reaction times (in milliseconds; ms) and b) accuracy (in percentage; %). Global/local biases are obtained by subtracting the average reaction time or accuracy of local trials from that of global trials (i.e. global - local). For reaction times, a negative value indicates a global bias, meaning shorter reaction times for global trials. For accuracy, a positive value indicates a global bias, meaning higher accuracy for global trials.

Finally, it is interesting to note that standard deviations are quite high in both groups, suggesting the existence of noteworthy individual differences in each group.

4.2.3. Experiment 2: Myopia and eye-movements for face recognition

4.2.3.1. Hypothesis

For the purpose of this experiment, we hypothesize that if cultural differences between East Asians and West Europeans/North Americans can be attributed to myopia, myopes should exhibit a more central fixation bias, and emmetropes should exhibit a more featural fixation bias. The experimental procedure that will be used here replicates the one in Blais et al. (2008).

4.2.3.2. Participants

Twenty-four emmetropes and twenty-two myopes took part in the experiment. Our sample size was selected according to a G*Power assessment for a Two-tailed independent samples t-test with a large Cohen's d effect size (as was obtained in Blais et al., 2008) and a statistical power of 80%.

4.2.3.3. Material and stimuli

Images were 490×500 pixels in size, and displayed with a white screen-wide background on a 1920×1080 pixel (53×30 cm) BenQ GL2250 LCD monitor (refresh rate of 100 Hz). On screen, faces had an average width of 8.5 cm. Participants were seated at a viewing distance of 57 cm from the computer screen; as a result, face stimuli subtended approximately 9 degrees of visual angle horizontally.

The stimuli consisted of 160 White European face images drawn from the KDEF database (Lundqvist et al., 1998), and 160 East Asian faces drawn from the AFID database (Bang et al., 2001). There was an equal number of male and female identities, and each featured three facial expressions (happy, disgusted and neutral). Faces were aligned as well as possible, using as parameter the least-square measure, on the positions of eyes, nose and mouth – by means of translation, rotation, and scaling. Accidental local features such as brown spots or rashes were removed using Photoshop. In order to maintain some degree of ecological validity, faces were otherwise presented with their normal hair and facial contour, and displayed different emotions. However, for the purpose of the face recognition task, participants were asked to disregard facial expressions as to focus on explicitly memorizing the identity, and subsequently, to recognize the face regardless of the displayed facial expression (thus recognize its identity).

4.2.3.4. Eye-tracking apparatus

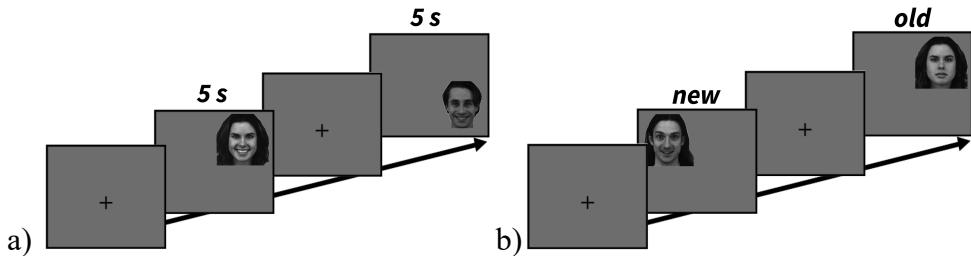
Eye movements were recorded at a sampling rate of 1000 Hz with the SR Research Desktop-Mount EyeLink 1000 eye-tracker; only the dominant eye was tracked. Participants' dominant eye was determined using a variation on the Miles test (Miles, 1930), similar to the “hole in the hand test” (Roth et al., 2002). To do so, participants were asked to stretch both arms and form a hole by joining both hands together in their line of sight. Then, they were asked to sight a small object through the hole with both eyes open. Finally, participants were asked to close one eye at a time and report which open eye allowed them to keep sight of the object. A chin and forehead rest was used to control viewing distance. A nine-point manual calibration of ocular fixations was performed before each task block (see protocol section for details regarding “blocks”). Calibrations were then validated with the EyeLink software and repeated when necessary until the optimal calibration criterion was reached. At the beginning of each trial, participants were

instructed to fixate a dot at the center of the screen to perform a drift correction. The experiment was implemented in MATLAB, using the Psychophysics (Kleiner et al., 2007; Brainard, 1997; Pelli, 1997) and EyeLink (Cornelissen et al., 2002) toolboxes (see <http://psychtoolbox.org>).

4.2.3.5. Protocol

An Old/New face recognition task was used for this experiment. Participants had to complete four “learning / recognition” blocks. During learning periods, participants were instructed to simply memorize a series of fourteen different faces, presented to them one at a time for five seconds. During recognition periods, participants were presented with a second series of faces, half of which were previously memorized during the corresponding learning period, and were instructed to use the keyboard to indicate whether each face was one they had seen before (old; ‘A’ button on keyboard) or not (new; ‘L’ button on keyboard). Once again, faces were displayed one by one, but this time appeared on screen until participants’ response. Participants were instructed that the faces would display different emotions, but that they must try to recognize the face identities, regardless of the emotional expression. See figure 4.3 for an illustration of the Old/New experimental design. Participants repeated this task with East Asian faces as part of another project. However, these trials were excluded from the analysis as only North American participants were tested.

Figure 4.3



Note. Old/New experimental design and examples of stimuli: a) learning period (sequence of 14 faces per block; presentation time of 5 seconds per face); b) recognition period (sequence of 28 faces -- 14 new -- per block; presentation until response).

4.2.3.6. Analyses

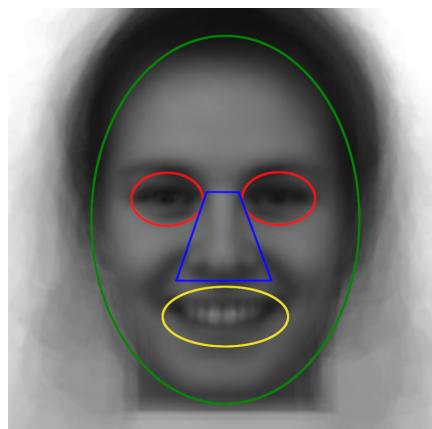
Fixation maps were produced for each participant, by using fixation durations along image-centered coordinates. Fixation durations across individual maps were transformed into z-scores using the map fixation duration mean and standard deviation.

Learning and recognition periods were always analyzed separately. Eye-movements were first analyzed using the iMap4 Linear Mixed Model (LMM) (Lao et al., 2017). To obtain the LMM parameters, iMap4 performs a pixel by pixel comparison of the fixation maps across participants and conditions. Then, a bootstrap procedure is applied to correct for multiple comparisons (i.e. between each pixel of the fixation maps). A fixed effect mixed ANOVA with “myopia” as the between factor was performed on the resulting maps.

In a separate analysis, we investigated the effect of myopia on specific face regions where significant differences were previously found between West Europeans/North Americans and East Asians. To this effect, we conducted a

Region Of Interest (ROI) analysis on the corresponding eyes, nose, and mouth regions of the fixation maps; a mean of the face stimuli used for the experiment was taken as template to delimit the ROIs (see figure 4.4). These regions were selected as they are important in distinguishing respectively West European/North American fixation patterns (feature-oriented) and East Asian fixation patterns (center-oriented). We also included in our analysis the rest of the face, around the eyes, nose, mouth, as was done in Blais et al. (2008). Percentage of fixations allocated to the eyes, nose, mouth, and rest of the face respectively were compared between both groups (emmetropes and myopes). To examine group differences on fixation percentages for each ROI, we performed Two-tailed independent samples t-tests on each ROI separately. The bilateral significance threshold ($p < 0.025$) was corrected for multiple comparisons using a Bonferroni correction, where group differences on each ROI are tested at $p = 0.025/4 = 0.00625$.

Figure 4.4

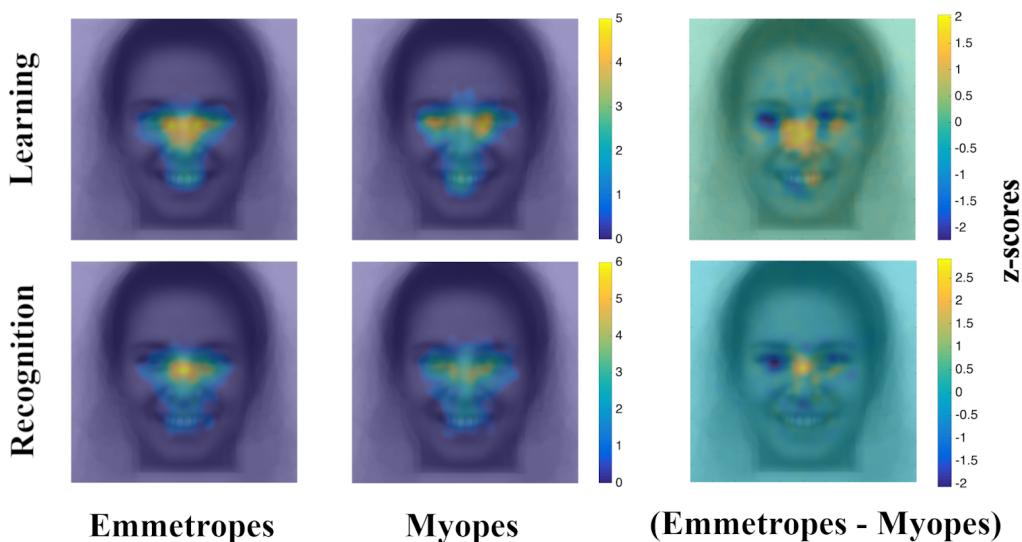


Note. Average face stimulus with ROI corresponding to eyes (red), nose (blue), mouth (yellow), and rest of face (green).

4.2.3.7. Results and discussion

A visual inspection of fixation maps (see figure 4.5) suggests that emmetropes have on average a central fixation bias compared to myopes, whereas myopes have on average a featural bias compared to emmetropes. However, this trend did not appear significant with iMap4. Although p values climbed down considerably for both learning (smallest $p = 0.0013$) and recognition (smallest $p = 0.00028$) periods, the differences did not reach significance due to multiple comparison corrections across the 250 x 250 elements of the fixation maps.

Figure 4.5



Note. First column illustrates emmetropes' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; second column illustrates myopes' average fixation maps for learning and recognition periods respectively; third column illustrates emmetropes' (yellow) and myopes' (blue) relative fixation biases for learning and recognition periods respectively.

Two-tailed independent samples t-tests on ROI confirm significantly more fixations toward the center of the face for emmetropes during learning [$t(44)=3.902$, $p<0.001$; 95% confidence interval = 6.77% to 21.24%; Cohen's $d =$

1.1518] and marginally more during recognition [$t(43)=2.624$, $p = 0.012$; 95% confidence interval = 2.44% to 18.64%, Cohen's $d = 0.7826$]. On the other hand, t-tests confirm significantly more fixations around the face (rest of the face) for myopes during learning [$t(44)=-3.161$, $p = 0.003$; 95% confidence interval = -14.69% to -3.25%, Cohen's $d = -0.9329$] and recognition [$t(43)=-2.969$, $p = 0.005$; 95% confidence interval = -13.91% to -2.66%, Cohen's $d = -0.8855$]. Although myopes do on average fixate eyes visibly more than emmetropes (difference of -3.7% for learning and -2.3% for recognition), this percentage difference was neither significant for learning [$t(44)=-0.916$, $p = 0.365$, 95% confidence interval = -11.95% to 4.48%, Cohen's $d = -0.2703$] nor recognition [$t(43)=-0.575$, $p = 0.568$, 95% confidence interval = -10.30% to 5.73%, Cohen's $d = -0.1715$]. No difference was found for the mouth region ($p > 0.55$), as we can also notice on the fixation maps. These results indicate that while myopes seem to overtly gaze at informative facial features (i.e. eyes) more than emmetropes, they appear to mostly move their gaze around the face in a scattered manner. Average fixation percentages and group differences are reported in Table 4.1 for each ROI.

Table 4.1

	Learning			Recognition		
	Emmetropes	Myopes	Differences	Emmetropes	Myopes	Differences
Eyes	27.8(11.8)	31.6(15.7)	-3.7	25.3(11.4)	27.5(15.1)	-2.3
Center	39.8(13.4)	25.8(10.6)	14*	41.5(15.5)	31.0(11.0)	10.5
Mouth	11.6(7.0)	12.9(8.0)	-1.3	11.4(10.6)	11.4(9.8)	0.03
Rest	20.7(9.0)	29.7(10.3)	-9*	21.8(8.1)	30.1(10.5)	-8.3*

* $p < 0.00625$

Note. Average fixation percentages for each ROI and each group. Standard deviations are in parenthesis. The third column lists the fixation percentage differences between emmetropes and myopes (emmetropes – myopes) for learning and recognition periods respectively.

4.2.4. Experiment 3: Myopia and spatial frequency tuning for face recognition

4.2.4.1. Hypothesis

In the context of this experiment, we hypothesize that if cultural differences between East Asians and West Europeans/North Americans can be attributed to myopia, myopes should rely on relatively lower spatial frequencies (SFs), and emmetropes should rely on relatively higher SFs. The experimental paradigm used here replicates the one in Tardif et al. (2017).

4.2.4.2. Participants

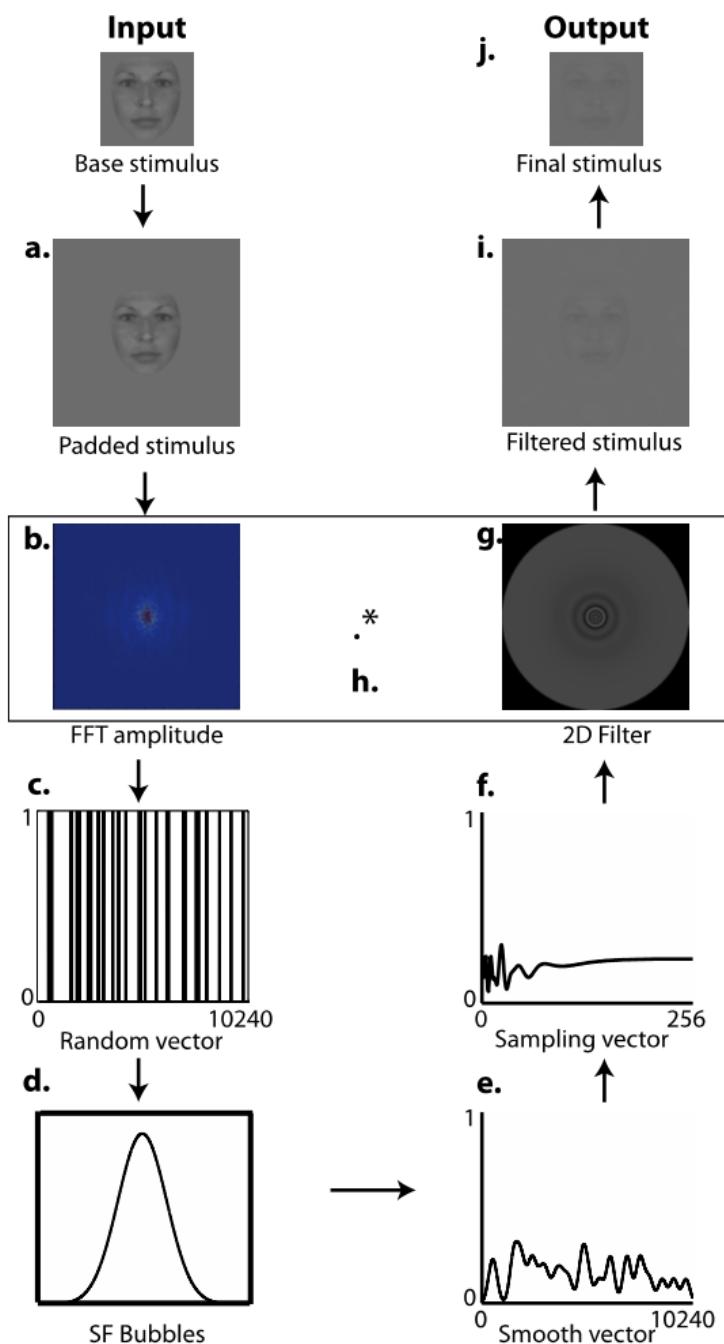
Twenty-five emmetropes and twenty-three myopes took part in the experiment. Our sample size was the same as in Tardif et al. (2017).

4.2.4.3. Material and stimuli

The stimuli consisted of 8 White European face images drawn from the Radboud (Langner et al., 2010), KDEF (Lundqvist et al., 1998) and PICS (Hancock, 2008) databases, and 8 East Asians faces drawn from the CUFS (Wang & Tang, 2009) and William Hayward's face databases. All faces displayed a neutral facial expression. Accidental local features such as brown spots or rashes were removed using the Photoshop software. Faces were aligned as well as possible, using as parameter the least-square measure, on the positions of eyes, nose and mouth – by means of translation, rotation, and scaling. Stimuli were revealed through a uniform mask to hide external facial features such as hair and ears. The luminance and SF content were then equalized throughout all face images using the SHINE toolbox (Willenbockel et al., 2010b). The experiment was implemented in MATLAB, using the Psychophysics toolbox (Kleiner et al., 2007; Brainard, 1997; Pelli, 1997; see <http://psychtoolbox.org>).

Stimuli were produced in real-time with the SF Bubbles method (Willenbockel et al., 2010a). On every trial, a stimulus was created by randomly sampling a subset of the SFs available in one target image. Figure 4.6 provides a detailed illustration of the steps involved in the creation of a single stimulus. First, the image is padded in order to minimize edge artifacts (Figure 4.6a). Second, a fast fourier transformation was applied to the padded image producing an amplitude matrix of its SFs (Figure 4.6b). Third, a SF sampling vector is created by randomly distributing N ones (representing the number of ‘bubbles’) along a vector of 10, 240 zeros (Figure 4.6c). Fourth, a Gaussian kernel is generated (the so-called ‘bubble’; Figure 4.6d) and convolved with the sampling vector to create a smooth vector (Figure 4.6e). This spatial smoothing is applied such that when one SF is sampled, its neighbouring SFs are also sampled. Fifth, a logarithmic resampling is applied to the smooth vector to adjust the SF selection to the human visual system’s sensitivity to SFs (Figure 4.6f; see De Valois & De Valois, 1988). Hence, the number of neighbouring SFs that were sampled at the same time as the target SF depended on the specific target SF sampled: the higher it was, the more neighbouring SFs were sampled at the same time. Penultimately, a two-dimensional isotropic SF filter is rendered by rotating the final 256 element log-transformed vector about its origin (Figure 4.6g). Finally, the resulting two-dimensional filter and the padded image amplitude matrix are multiplied pointwise (Figure 4.6h), and submitted to an inverse fast Fourier transformation to produce a filtered image (Figure 4.6i). The centermost part (256 x 256 pixels) of the resulting image made up the final stimulus on that trial (Figure 4.6j).

Figure 4.6



Note. Example of stimulus creation with the SF Bubbles method.

4.2.4.4. Protocol

The task for this experiment was an 8 Alternative Forced Choice (AFC) face identification task. Participants started by memorizing 8 White European grayscale face images (see figure 4.7) and practiced identifying them with an associated keyboard letter. During the practice period, participants received feedback and had to maintain an accuracy of 92% for two consecutive blocks (each 160 trials; 20 trials per face identity) to be allowed to move to the main task. At each trial, following a 500 ms fixation cross, one of the 8 faces was presented in the center of a uniform gray screen until the participant's response. The participant had to identify the face by pressing the appropriate keyboard key. The main task was exactly the same as the practice, but stimuli were filtered with SF Bubbles and participants received no feedback (see figure 4.8 for a trial sequence example). Participants completed 15 blocks of 100 trials each, which took approximately 5 to 6 hours per participant. They also repeated this task with East Asian faces as part of another project. However, these trials were excluded from the analysis as only North American participants were tested in the present study.

Figure 4.7



Note. Images of the 8 learned White European identities

Figure 4.8



Note. Experiment design of a single trial with a filtered image

4.2.4.5. Analyses

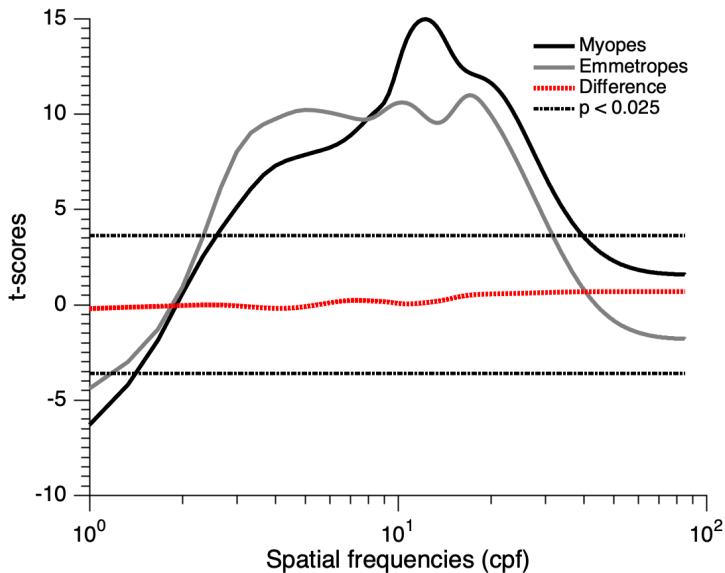
For each participant, the SF vectors used to filter the images at each trial were pulled out and multiplied trialwise by accuracy transformed into z-scores. In this way, filters that led to a correct response were given a positive weight and filters that led to an incorrect response were given a negative weight. Following this procedure, a sum of the weighted vectors was then performed across trials, and transformed into z-scores using the mean and standard deviation of randomized permutations of the data. Firstly, we produced average SF tuning curves for each group using t-scores (*y* axis) for each SF (*x* axis). This allows to illustrate average group curves while taking into account within group variances (see figure 4.9). Then, we computed a between group t-score for each SF to reveal any group differences in SF use. A pixel test (Stat4CI; Chauvin et al., 2005) was applied to obtain a significance threshold for the group difference [$t_{crit}(46) = 3.6164$, $p < 0.025$]. Second, individual SF curves with z-scores at each SF were generated, and individual SF tuning peaks were calculated using the 50% Area Spatial Frequency Measure (ASFM; Tadros et al., 2013). This 50% ASFM is obtained by finding the SF (i.e. the point along the *x* axis) that splits the area under the SF curve and above zero in two equal parts. As opposed to absolute max values, the 50%

ASFM takes into account the width and the shape of the curve for a more representative measure of SF tuning. A Two-tailed independent samples t-test was performed on individual tuning peaks of myopes and emmetropes to reveal group differences in SF tuning.

4.2.4.6. Results and discussion

If we visually examine the group curves, we can observe the lower SF tuning for emmetropes and the higher SF tuning for myopes. However, group differences with the pixel test did not reach significance. Considering how different the group curves appear, the lack of significance might be due to within group variances differing as a function of SF. The t-test on individual SF tuning peaks indicates that myopes ($M = 20.64$ cpf; $SD = 7.56$ cpf) are tuned to significantly higher SFs than emmetropes ($M = 16.19$ cpf; $SD = 5.26$ cpf) [$t(46) = 2.3848$, $p = 0.021$, 95% confidence interval = 0.694 to 8.21, Cohen's $d = 0.689$]. Significant differences on tuning peaks suggest that the shape of the curves of myopes and emmetropes differ significantly. Indeed, the 50% ASFM is determined by the curves' width and skewness since it is based on the area underneath the curves. Unlike the 50% ASFM, the pixel test doesn't take into account the shape of the tuning curves. The pixel test establishes a t-score threshold based on a given p value, degrees of freedom, and number of comparisons. This threshold is then used to determine, for example, if groups differ significantly SF by SF. It's basically the same as doing a Two-tailed independent samples t-test for each SF separately.

Figure 4.9



Note. Average SF tuning curves for myopes (black) and emmetropes (gray). Group difference in dotted red and pixel test significance threshold in dotted black.

4.3. General discussion

4.3.1. Myopia does not explain cultural differences

Our findings suggest that myopia does not explain cultural differences for perceptual biases with non-social objects as well as for face recognition strategies and information use.

Here, we replicated three different experimental protocols previously used to establish cross-cultural differences in visual attention and information utilization between West Europeans/North Americans and East Asians (see McKone et al. 2010; Blais et al., 2008; Tardif et al., 2017). Firstly, we compared the global/local perceptual bias of myopes and emmetropes using a Navon paradigm like the one

used in Mckone et al. (2008; 2010). Secondly, we compared the eye movement patterns of myopes and emmetropes during a face recognition task like the one used in Blais et al. (2008). Thirdly, we compared the SF use of myopes and emmetropes during a face identification task like the one used in Tardif et al. (2017). It is worth noting that the three paradigms we used come from vastly different scientific traditions, and all three have previously revealed cross-cultural differences that support the same underlying hypothesis: that is, East Asians attend to visual stimuli more broadly than West Europeans and North Americans. The current study once again shows that those three independent paradigms yield converging results with respect to visual attention differences in Canadian myopes and emmetropes.

Our first set of results indicates that North American individuals with myopia tend to have a more local bias compared to emmetropes during a Navon task. In fact, these results are consistent with Mckone et al. (2008)'s findings that myopia is associated with a greater ability to rapidly focus visual attention towards a narrow spatial area. Our second set of results shows that myopes exhibit eye movement strategies during face recognition that involve less central fixations and more fixations around the face than emmetropes. Finally, our third set of results shows that myopes have a tuning to higher SFs than emmetropes for face identification.

This pattern of results is contrary to the attentional pattern typically observed in East Asian participants, despite there being a higher prevalence of myopia in East Asia. Indeed, Mckone et al. (2010) report that East Asians have a larger global bias during a Navon task. In our study, myopes have a larger local bias. Blais et al. (2008) report that East Asians fixate more the center of the face and less the eyes and mouth during learning and recognition. In our study, myopes fixate less the center, as much the eyes and mouth, and more around the face than emmetropes. Finally, Tardif et al. (2017) and Estéphan et al. (2018) both report that Chinese observers rely on lower SFs than Canadian observers to correctly identify a face. In our study, myopes rely on higher SFs than emmetropes for face identification.

Therefore, myopia does not seem to be a determining factor for the observed differences between East Asians and West Europeans/North Americans. In fact, this developmental eye condition, at least in the context of North American societies, seems to lead to a more local visual processing bias. Given its high prevalence in East Asia, myopia could even be expected to downplay the effects of culture on visual attention. In which case, we should expect East Asian observers to exhibit a more focused attention style, given that myopia is more prevalent in that geographical area. Instead, cross-cultural evidence suggests that East Asian observers exhibit a broader attentional style (e.g. Mckone et al., 2010; Lao et al., 2013; Nisbett et al., 2001; Nisbett & Masuda, 2003; Nisbett & Miyamoto, 2005; Chua et al., 2005; Masuda et al., 2008; 2012; Boduroglu et al., 2009; Ji et al., 2000; Kitayama et al., 2003) and use lower SFs for face recognition (e.g. Tardif et al., 2017; Estéphan et al., 2018), suggesting a greater use of peripheral vision.

4.3.2. Double rainbow: what does this mean?

Given the contrast between our current results with myopia and what is typically observed in East Asian populations, we believe that at least two possibilities are worth considering. The first is that cultural differences may in fact be more robust than what we expect considering that myopia might downplay the effects of culture. Indeed, it is possible that East Asians' tendency to allocate their attention more holistically than North Americans or West Europeans is strong enough to overcome the hindering effects of myopia on peripheral processing. Therefore, it might be that cultural differences persist despite the high prevalence of myopia in East Asia. A second possibility is that there might be an interaction between culture and myopia in such a way that myopia does not affect visual strategies in the same manner for North American and East Asian observers. For instance, it is possible that, for several reasons -- e.g., cultural values or visual environments -- North Americans might be driven to compensate for myopia, and thus develop attentional strategies to explore details in their post-correction sharpened

environment. By contrast, East Asians with myopia might not be inclined to compensate -- and therefore distribute their attention -- in the same way as North Americans. In fact, another line of research emphasizes the interaction between attention distribution and the effects of myopia on visual processing. In line with our results, it is suggested that myopia is associated with decreased sensitivity to peripheral input (Kerber et al., 2016). Interestingly, this peripheral processing deficit is mostly present when attention is deployed to central vision. Indeed, Kerber et al. (2016) show that when greater attentional processing is required in central vision (i.e. in a high attentional load condition), myopes experience a greater decrease in contrast sensitivity in the far periphery (30 degrees of eccentricity) than emmetropes. Here, the effect of attention is of particular interest. Indeed, there could be a plausible interaction between myopia and cultural background insofar as habitual patterns of attention can influence the degree to which myopia deteriorates peripheral processing. That is, if one's environment leads to more focal attentional deployment, as is expected in North America, the reduced peripheral sensitivity in myopes might be exacerbated. By contrast, in East Asia, where attention is expected to be more peripheral to begin with, peripheral processing deficits in myopes might be less obvious or even nonexistent.

Another way in which myopia could affect visual processing differently in North America and East Asia could be associated with the age at which eyeglasses are given to children. Indeed, the availability and prescription rate of corrective lenses during childhood is lower in some parts of East Asia than it is in North America. For instance, it is not uncommon for children in China to live with uncorrected myopia or inaccurate prescriptions (e.g. He et al., 2014), especially in rural areas (e.g. Li et al., 2010) as well as among Han populations (e.g. Hu et al., 2019) and urban migrants (e.g. Wang et al., 2015). To our knowledge, the degree of unmet need for eyeglasses among children is not as high in North America as it is, for instance, in China. For example, the Canadian Association of Optometrists recommends that children as young as 6 months old get their first eye exam

(Canadian Association of Optometrists, 2018). This procedure is covered by public health insurance to boot, at least in the provinces of Québec and Ontario (Canada). Very few studies on the prevalence of uncorrected myopia are conducted in Canada. One pilot study recently found that roughly 35% of myopic school children in Waterloo (Ontario) do not have corrective lenses (Yang et al., 2018). This statistic is quite high. In comparison, however, the rate of uncorrected or inappropriately corrected vision in Chinese children needing spectacles can reach around 65% (Hu et al., 2019; Wang et al., 2015; Congdon et al., 2008). In addition, a 2004 study published in *Bulletin of the World Health Organization* shows that 2.66% of Chinese children aged between 5 and 15 years old suffer from visual impairment caused by uncorrected refractive errors, compared to 1% of North American (US) children of the same age group (Resnikoff et al., 2004). Therefore, it is a possibility that children in North America generally get their glasses earlier, and thus, are more prone to focusing on sharp details, whereas in China (and possibly other parts of East Asia), children that develop myopia spend a more significant part of their upbringing seeing the world through a blurry lens, and might, on the long run, adapt their visual strategies to more peripheral ones, more suited for low SF processing. In this sense, myopia could even have an opposite effect on attention in the context of East Asian societies, compared to North American ones.

Finally, it is worth noting that Mckone et al. (2008) report an effect of myopia similar to the one we found, but with a group of Asian-Australians. The authors conclude that myopes have a greater ability to rapidly focus attention when a task explicitly requires it. In their first experiment, they use a “composite face task”. For this task, the stimuli were composite faces of which the upper half is one identity and the lower half is another. Participants were asked to identify a target half while ignoring the other half (i.e. the competing identity). The face halves were either aligned, making it more difficult to inhibit the irrelevant half, or unaligned, making it easier to perform the task. If participants are able to quickly focus their attention on the relevant half, while ignoring the other half, they

should be less affected by the alignment of the face halves. The authors found a significant correlation between the degree to which face alignment affected performance and the degree of myopia. That is, participants with higher myopia were less affected by the alignment of the face halves. The authors thus concluded that myopes can more easily focus on a small relevant part of a face, and inhibit broader information when the task requires it. By contrast, Mckone et al. (2008) did not find any significant correlation between individuals' degree of myopia and their "natural preferences for allocating attention locally or globally" (Mckone et al., 2008). In this case, the authors used a Navon task similar to the one we used in the present study. For this type of task, participants are not told in advance which strategy to use, since the target letter can equally often appear as either the local or the global letter. A measure of individual perceptual bias was obtained by subtracting reaction times for global targets from those for local targets. Then, participants' perceptual biases were correlated with their degree of myopia, and no significant correlation was found. These results are interesting as they show that Asian-Australian myopes exhibit, to some extent, the same attentional patterns as the White-Canadian myopes in our study. However, Mckone et al. (2008)'s participants were Asians living in Australia, and no information about their birthplace, residence history, and degree of exposure to East Asian culture was provided. Therefore, the interaction between myopia and culture remains to be tested in a more rigorous manner.

4.3.3. Conclusion

Based on the prevalence differences of myopia across countries, we hypothesized that this visual condition could explain differences in attention distribution between North Americans and East Asians. However, our current results contradict this prediction. Nevertheless, our study highlights the importance of investigating if and how myopia might interact with culture, as well as the importance of controlling for visual conditions such as myopia when studying group differences in visual perception. It will also remain important to explore

other avenues in the quest to construct a more accurate picture of how the environment interacts with perceptual development. For instance, our next step will be to investigate more diverse populations. Indeed, the lack of diversity with respect to the geographical areas that have been studied can undermine the validity of current theories on perception. As previously mentioned, studies on African semi-nomadic tribes, for example, complexify the link between culture and perception (i.e. Namibians are collectivistic and have a local bias). The inclusion of a greater variety of populations will highlight a larger array of factors that might contribute to the development of perceptual differences. This endeavour will also narrow down the important and consistent ones at play. Indeed, it will become increasingly important for future studies on visual perception to expand and diversify their population pool.

CHAPITRE V DISCUSSION GÉNÉRALE

5.1. Retour sur les objectifs

L'objectif principal de la présente thèse était d'explorer deux grandes questions concernant les différences interculturelles en perception des visages : 1) quels mécanismes sont impliqués et comment? 2) quels facteurs peuvent y contribuer? Pour ce faire, trois études ont été produites. La première a exploré le décours temporel des différences interculturelles trouvées sur le plan de l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance de visages. La deuxième étude visait à évaluer l'application rigoureuse de l'hypothèse de l'orientation sociale aux différences interculturelles en mouvements oculaires durant la reconnaissance faciale. Finalement, la troisième étude était une réexamination de trois tâches (dont deux impliquant des visages) dans lesquelles des différences interculturelles avaient été trouvées pour vérifier si la myopie pouvait expliquer ces différences. De manière complémentaire, la deuxième étude de la présente thèse aborde, d'un côté, les facteurs sociaux potentiellement impliqués dans les différences interculturelles en perception des visages, et la troisième étude examine, d'un autre côté, un facteur biologique potentiel. Dans les sections suivantes, une synthèse des résultats obtenus dans chacune de ces études sera fournie, les limites de celles-ci seront détaillées, et finalement des pistes de recherches futures seront proposées.

5.2. Retour sur les études

5.2.1. Culture et fréquences spatiales en reconnaissance faciale

Dans le cadre de cette thèse doctorale, plusieurs paradigmes expérimentaux ont été revisités afin de démêler et comprendre davantage les mécanismes et facteurs impliqués dans les différences interculturelles en reconnaissance de visages. Pour répondre à la première question concernant les mécanismes impliqués dans les différences interculturelles en perception des visages, la présente thèse a répliqué l'étude de Tardif et al. (2017) et a additionnellement étudié la chronologie des effets observés. L'étude de Tardif et al. (2017) avait révélé des différences entre des personnes chinoises et des personnes canadiennes quant à l'utilisation de l'information provenant des fréquences spatiales pour reconnaître un visage. Précisément, l'étude de Tardif et al. (2017) avait montré que les personnes chinoises sont avantagées par l'information de plus basses fréquences spatiales tandis que les personnes canadiennes sont avantagées par l'information de plus haute fréquences spatiales durant la reconnaissance et l'identification d'un visage, autant de leur propre groupe que de l'autre. Les résultats de la présente thèse répliquent les différences interculturelles susmentionnées en utilisant des groupes de participants distincts et indépendants de ceux de Tardif et al. (2017), des stimuli différents et une version modifiée de la méthode et du protocole. De manière cruciale, la méthode d'échantillonnage temporelle de fréquences spatiales employée dans le présent travail a permis de révéler la présence de différences culturelles relativement précoce dans le traitement de l'information visuelle. En effet, des différences dans l'utilisation des fréquences spatiales entre les personnes canadiennes et les personnes chinoises se manifestent dès 34 millisecondes suivant la présentation d'un stimulus. La précocité des différences interculturelles révélées dans le présent travail pourrait avoir trois implications importantes.

Premièrement, cette découverte est cruciale puisqu'elle présente des implications potentiellement déterminantes quant aux mécanismes impliqués dans ces différences interculturelles. En effet, la précocité de ces différences dans l'utilisation des fréquences spatiales suggère que celles-ci, ainsi que les

mécanismes attentionnels sous-jacents, précèdent les mouvements oculaires culturellement spécifiques. Ces résultats confirment l'hypothèse que les différences interculturelles en reconnaissance de visages concernent des mécanismes visuels assez précoce, et que les différents patrons de mouvements oculaires révélés précédemment reflètent des différences au niveau des processus mêmes de reconnaissance visuelle plutôt que des normes sociales. Bien que les mouvements oculaires n'ont pas été mesurés dans cette étude, le temps de présentation du stimulus était restreint à 300 millisecondes, limitant d'emblée les mouvements oculaires potentiels. Cette contrainte temporelle a permis de mieux comprendre le lien entre les différences culturelles en mouvements oculaires et l'utilisation des fréquences spatiales. En effet, cette expérience apporte un élément de réponse à la question de savoir si les mouvements oculaires déterminent les différences culturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales ou si, à l'inverse, ce sont ces dernières qui déterminent les différences culturelles en mouvements oculaires. Cette question est primordiale puisqu'elle permet de trancher le débat soulevé par l'absence de différences culturelles durant les premières fixations (Or et al., 2015; Rodger et al., 2010b). En effet, les différences dans l'utilisation des fréquences spatiales apparaissent aussi tôt que 30 millisecondes après la présentation du stimulus, ce qui semblent précéder les mouvements oculaires. Donc, il serait plausible d'assumer que des stratégies culturellement distinctes au niveau attentionnel se manifestent en l'absence de mouvements oculaires distincts, et que ces stratégies attentionnelles orientent à leur tour les différences en termes de mouvements oculaires observées plus tard durant le traitement des visages. Cette idée est aussi supportée par plusieurs études antérieures montrant un lien entre la distribution attentionnelle précédant les mouvements oculaires et le déploiement subséquent de ces derniers (Hoffman & Subramaniam, 1995; Kowler et al., 1995; Deubel & Schneider, 1996; Peterson et al., 2004).

Il serait utile dans le futur d'enregistrer les mouvements oculaires, du moins pour s'assurer que ceux-ci demeurent au centre de l'écran et ne constituent pas une variable confondante. Cependant, il est important de noter que la méthode

employée dans la présente thèse a permis de révéler des différences précoces dans l'utilisation des fréquences spatiales; ces résultats suppriment en quelque sorte la nécessité de contrôler pour les mouvements oculaires, puisque ces derniers sont plus lents. D'ailleurs, le rôle principal des saccades oculaires est de réorienter la fovéa vers le point d'intérêt pour ainsi augmenter la disponibilité des hautes fréquences spatiales. Donc, si les deux groupes culturels avaient effectué des mouvements oculaires (ou même seulement des microsaccades; voir, p. ex., Donner et Hemilä, 2007; Ko et al., 2010; McCamy et al., 2012; Rucci et al., 2007 pour le rôle des microsaccades dans la réorientation de la rétine), ceci aurait diminué les différences culturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales puisque les deux groupes auraient été également disposés à utiliser des fréquences spatiales plus élevées. Par conséquent, les résultats obtenus avec la présente méthode suggèrent qu'un traitement périphérique, avec une résolution spatiale réduite, de l'information visuelle est davantage mobilisé par les individus chinois ayant participé à la présente étude.

Deuxièmement, la précocité de ces différences soulève la possibilité de différences perceptives fondamentales se produisant potentiellement sans l'intervention de processus de haut niveau, ces derniers étant plus lents. Par contre, il n'est pas possible d'exclure l'implication de processus cognitifs développementaux. En effet, il est plausible qu'au cours du développement d'un individu, des apprentissages cognitifs, affectifs, et attentionnels contribuent à l'organisation des aires visuelles primaires, formant à l'âge adulte des différences culturelles dans le traitement de l'information à un niveau visuel précoce qui devient à ce moment-là plus rapide et automatique. D'ailleurs, une étude montre que les enfants de 7 à 12 ans de la Chine et de l'Angleterre manifestent les mêmes différences culturelles que les adultes en mouvements oculaires durant la reconnaissance des visages (Kelly et al., 2011a). Cependant, à ce jour, aucune étude n'a examiné l'effet de la culture sur l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance de visages chez les jeunes enfants.

Finalement, cette précocité suggère que les différences culturelles observées en reconnaissance de visages se manifestent en partie dans les aires cérébrales de traitement visuel précoce, ce qui pourrait impliquer que l'effet se généralise à plusieurs classes d'objets. Effectivement, ces résultats indiquent qu'il est possible que la culture affecte les processus de traitement non spécifiques aux visages. Des données obtenues avec de la stimulation transcrânienne suggèrent en effet que le traitement spécifique aux visages, dans le *occipital face area* (OFA), débute à partir de 100 ms suivant la présentation d'un stimulus. Au contraire, un traitement plus précoce dans cette aire cérébrale, entre 50 et 60 ms suivant la présentation d'un stimulus, n'est pas spécifique aux visages (Pitcher et al., 2012). Ceci suggère que les différences culturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales pourraient se généraliser à d'autres catégories de stimuli. Des études futures devraient explorer cette avenue.

En somme, dans la présente section, la question des mécanismes a été abordée, et les résultats montrent un effet de la culture à un niveau élémentaire et précoce du système visuel. Cependant, l'expérience humaine implique, entre autres, un ensemble de mécanismes et de forces interagissant à plusieurs niveaux. Donc, qu'en est-il des forces potentielles qui régissent ces différences culturelles d'envergures? Dans les deux prochaines sections, des facteurs sociaux et biologiques potentiellement impliqués dans la formation des différences culturelles en perception des visages seront discutés.

5.2.2. Reconnaissance de visages et facteurs socioculturels

Le second ensemble d'expériences a exploré les facteurs sociaux potentiellement impliqués dans les différences interculturelles en reconnaissance de visage. En particulier, la présente thèse a investigué l'hypothèse de l'orientation sociale comme explication potentielle des différences entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux quant aux mouvements oculaires en reconnaissance de visage. Cette hypothèse suggère que l'origine des différences culturelles en perception visuelle

est liée à l'exposition à différents systèmes de valeurs respectifs aux cultures à l'étude. Selon cette hypothèse, les personnes vivant en occident adhèrent à un système de valeurs plutôt individualiste, adoptent un mode de pensée plutôt analytique, et ont donc un style attentionnel et perceptif plutôt focal, orienté vers les composantes centrales d'un stimulus visuel. Au contraire, les personnes vivant en Asie de l'Est adhèrent à un système de valeurs plutôt collectiviste, adoptent un mode de pensée plutôt holistique, et ont donc un style attentionnel et perceptif plutôt global, orienté vers le contexte visuel, la vue d'ensemble d'un stimulus. Cette hypothèse semble expliquer une partie des différences interculturelles en perception et attention visuelle pour le traitement de certains stimuli non sociaux, ainsi que diverses tâches cognitives (p. ex., voir Oyserman et al., 2008; Varnum et al., 2010).

En effet, l'hypothèse de l'orientation sociale a été formulée principalement sur la base d'études avec des tâches perceptives non sociales (voir, p. ex., Nisbett et Masuda., 2003). La présente thèse est donc seulement la deuxième à vérifier si cette hypothèse peut expliquer les différences interculturelles en reconnaissance des visages. D'ailleurs, l'autre étude ayant rigoureusement examiné cette hypothèse en traitement des visages (c.-à-d., l'étude de Liu et al, 2019) a été publiée après l'achèvement des expériences de la présente thèse. Afin d'examiner l'hypothèse de l'orientation sociale, dans le cadre de la présente thèse, deux méthodes complémentaires ont été employées pour étudier le lien entre l'orientation sociale et les différences interculturelles en mouvement oculaires durant la reconnaissance de visages. Dans les deux expériences, des personnes occidentales (nationalités suisse ou canadienne) et des personnes chinoises ont été testées afin de répliquer par la même occasion les différences culturelles retrouvées dans les études précédentes et d'investiguer les effets d'interactions possibles entre la culture (nationalité) et l'orientation sociale.

La première expérience a employé un paradigme d'amorçage culturel dans le but d'induire une orientation sociale temporaire et examiner son effet sur les stratégies oculaire en reconnaissance de visages. De prime abord, cette expérience réplique,

d'un point de vue qualitatif, les différences culturelles rapportées dans les écrits scientifiques antérieurs. Toutefois, les résultats de la présente étude montrent aussi que les personnes chinoises fixent significativement plus le contour du visage que les personnes suisses ayant participé à l'étude. Cette découverte pourrait renvoyer à deux possibilités. La première hypothèse est qu'il est possible que le groupe de personnes chinoises sélectionnées pour la présente étude ait des mouvements oculaires différents des personnes asiatique de l'Est testées dans les études antérieures. En effet, il y a beaucoup d'hétérogénéité sur le plan de la cognition sociale au sein même de la population chinoise (p. ex., voir Talhelm et al., 2014) et cette diversité pourrait être en partie reflétée dans les données de mouvements oculaires obtenues dans la présente étude. En effet, dans plusieurs études antérieures mesurant les mouvements oculaires en reconnaissance de visages (p. ex., Blais et al., 2008; Caldara et al., 2010; Rodger et al., 2010a; Rodger et al., 2010b; Miellet et al., 2013), tous les participants et participantes (même ceux et celles d'origine asiatique) ont été testées dans la ville de Glasgow (Écosse), mais pouvaient provenir de n'importe quel pays d'Asie de l'Est. En contrepartie, les personnes chinoises testées dans le cadre de la présente étude sont toutes nées en Chine et vivaient à Guangzhou au moment de l'étude. La seconde hypothèse est que le paradigme d'amorçage culturel employé dans la présente thèse ait eu un effet sur les participants et participantes de sorte à atténuer les différences intergroupes. Cette deuxième hypothèse est toutefois peu probable, puisque les résultats indiquent que cette manipulation d'amorçage culturel n'a eu aucun effet significatif sur les patrons de mouvements oculaires chez les deux groupes à l'étude.

La deuxième expérience a approfondi le lien entre l'orientation sociale et les mouvements oculaires en reconnaissance de visages. Dans cette expérience, des questionnaires de valeurs sociales ont été utilisés pour examiner l'existence d'un lien entre les valeurs sociales individuelles et la reconnaissance de visages. Cette étude réplique également, d'un point de vue qualitatif, les différences culturelles typiquement observées dans les écrits scientifiques. Les analyses statistiques

révèlent que les personnes canadiennes fixent significativement plus la région des yeux que les personnes chinoises, un résultat qui correspond aux données rapportées dans les écrits scientifiques (voir Blais et al., 2008; Caldara et al., 2010). De plus, les résultats montrent encore une fois que les personnes chinoises fixent significativement plus le contour du visage que les personnes canadiennes. Ces résultats pourraient refléter des habitudes perceptives particulières au groupe de personnes chinoises à l'étude. En effet, les personnes chinoises échantillonnées pour cette expérience n'étaient pas les mêmes que celles ayant pris part à la première expérience, mais venaient de la même région de la Chine (même université). Donc, la deuxième expérience réplique les résultats de la première avec un différent groupe de personnes chinoises venant du même endroit. Il est donc improbable que les résultats de la première expérience soient attribuables à un artefact causé par l'amorçage culturel puisqu'aucun amorçage n'a eu lieu dans le cadre de la deuxième expérience. Ces résultats viennent alors appuyer l'idée qu'il existerait peut-être des particularités au sein des échantillons provenant de la région de la Chine (Guangzhou) sélectionnée dans le cadre de la présente étude.

De manière importante, les résultats de cette expérience ne semblent pas démontrer de lien clair et direct entre les valeurs sociales individualistes ou collectivistes et les mouvements oculaires. La seule corrélation robuste qui est retrouvée avec les deux questionnaires de valeurs sociales dénote que les individus ayant un score plus élevé sur la sous-dimension compétition fixent moins la région des yeux, et cette corrélation négative persiste même en contrôlant pour la nationalité des observateurs et observatrices. Ce résultat est intéressant en soi et mérite une investigation plus approfondie dans le cadre d'études futures. Globalement, les résultats de ces deux expériences, avec des groupes de participants différents (du Canada et de la Suisse) convergent et montrent qu'il est difficile d'attribuer la source des différences interculturelles en reconnaissance de visages à l'orientation sociale de manière univoque.

Il est important de souligner qu'une des forces du présent protocole de recherche est l'utilisation complémentaire de mesures explicites (questionnaires) et implicites (amorçage) de l'orientation sociale. L'exploitation de cette complémentarité était cruciale puisque, seule, chacune des méthodes employées dans cette étude présente des forces et des faiblesses particulières.

D'un côté, l'amorçage culturel comporte l'avantage notable de permettre d'examiner l'existence d'un lien causal entre l'orientation sociale et la reconnaissance de visages puisque la variable indépendante (l'orientation sociale) est manipulée de manière expérimentale. De plus, cette technique d'amorçage est une alternative judicieuse aux mesures explicites. En effet, comme le soulignent Oyserman et al. (2002), l'utilisation d'échelles de mesures d'individualisme et de collectivisme presuppose que la culture (notamment l'orientation sociale) est un phénomène explicite que les individus peuvent rapporter. Pourtant, plusieurs coutumes culturelles et structures sociales imbriquées dans le fonctionnement des sociétés sont pratiquées et transmises de manière implicites. Au contraire, l'amorçage culturel n'implique pas de prise de mesures, mais plutôt une manipulation expérimentale du *setting* ou *framing* culturel dans l'esprit d'une personne.

D'un autre côté, il existe des limites inhérentes aux techniques d'amorçage culturel, notamment, l'incertitude quant à la nature de ce qui est amorcé. En effet, qu'est-ce qui est intériorisé et véhiculé par une personne lorsqu'elle subit un amorçage collectiviste par exposition à des textes avec emphase sur le « nous ». Que veut dire ce « nous » pour cette personne ? (voir p. ex., Brewer et Chen, 2007). Les questionnaires de valeurs sociales permettent de répondre en partie à cette question. Ces questionnaires auto-rapportés témoignent de la subjectivité de la personne. Il est donc possible, à l'aide de questionnaires sur l'individualisme et le collectivisme, d'obtenir des mesures plus précises. De plus, ces questionnaires permettent de rendre compte des différences individuelles au sein d'un groupe. Cependant, il faut garder en tête que les conclusions demeurent limitées par les

échelles de mesures sélectionnées. En mesurant la « culture », un processus de réification de celle-ci est, par le fait même, imposé. Certes, il est nécessaire de passer par une telle étape afin de bien comprendre les phénomènes à l'étude, cependant, il devient important, avant de tirer quelconque conclusion définitive, d'explorer le phénomène de manière multiple. En effet, il existe une multiplicité de façon de définir l'individualisme et le collectivisme. À son émergence dans le domaine de psychologie culturelle, le modèle unidimensionnel de Hofstede et al. (1980) était utilisé de manière prévalente. Ce modèle considère que différentes cultures, et en psychologie, différents individus, se positionnent sur un continuum allant de l'individualisme au collectivisme. D'autres ont proposé des manières bidimensionnelles et multidimensionnelles de conceptualiser ce phénomène, suggérant que les individus sont plus ou moins individualistes et plus ou moins collectivistes, de manière orthogonale, selon le contexte (Bontempo, 1993; Kagitcibasi, 1987; Oyserman, 1993; Rhee et al., 1996; Singelis, 1994; Sinha & Tripathi, 1994; Triandis et al., 1988). Les échelles de mesures utilisées dans la présente thèse se basent sur cette dernière conceptualisation. Par ailleurs, le concept d'orientation sociale réfère souvent aux valeurs sociales individualistes et collectivistes, mais aussi au concept de soi indépendant et interdépendant (voir Markus et Kitayama, 1991; Varnum et al., 2010). Il serait donc pertinent d'explorer cette notion en parallèle. Comme mentionné dans l'Introduction de la présente thèse, le concept de soi indépendant et interdépendant est une notion complémentaire à celle des valeurs sociales individualistes et collectivistes. Certes, ces deux notions se chevauchent, notamment dans leur opérationnalisation sous formes de questionnaires variés. Par exemple, une question associée à la sous dimension « Unique » de l'individualisme dans le questionnaire *Auckland Individualism and Collectivism Scale* (Shulruf et al., 2007) est « J'apprécie être unique et différent(e) des autres », et une question similaire sur l'échelle de mesure d'indépendance dans le *Self-construal Scale* (Singelis, 1994) est « Je prends plaisir à être unique et différent(e) des autres à bien des égards ». Cependant, dans l'ensemble, ces notions de valeurs sociales et de concept de soi ont le potentiel d'être complémentaires à d'autres égards. Ce potentiel devrait être

mobilisé dans des études futures afin de mieux rendre compte de la complexité de l'orientation sociale. De plus, des études proposent aussi un modèle tripartite de l'orientation sociale (voir, p. ex., Kashima et al., 2011). Celui-ci fait une distinction entre une forme de collectivisme relationnel, impliquant une orientation plutôt interpersonnelle (p. ex., envers la famille ou des amis proches), et une forme de collectivisme de groupe, impliquant plutôt un sentiment d'appartenance à un groupe/une collectivité plus grande, souvent impersonnelle (p. ex., envers une entreprise ou une nation). Ces distinctions ne sont pas abordées dans la présente thèse et seraient intéressantes à explorer dans le cadre d'études futures.

Enfin, la présente thèse est la première à avoir mis en œuvre un protocole expérimental combinant l'amorçage culturel et des mesures auto-rapportées d'individualisme et de collectivisme pour explorer l'effet de l'orientation sociale sur la reconnaissance des visages. Les résultats ne permettent pas de confirmer l'hypothèse que les différences culturelles dans les mouvements oculaires en reconnaissance de visages sont attribuables à l'orientation sociale respective des groupes culturels à l'étude. Il s'agit, ici, d'un non-rejet de l'hypothèse nulle, un résultat qui doit être interprété avec prudence et nuance. Toutefois, ce résultat nul a été obtenu avec deux paradigmes et échantillons distincts et réplique, de plus, l'étude de Liu et al. (2019). Ces éléments permettent d'interpréter cette absence d'effet avec plus de confiance. Finalement, la prochaine section sonde une explication biologique potentielle. Cette partie du travail explore, en particulier, le rôle de la myopie pour expliquer les différences interculturelles en perception des visages.

5.2.3. Perception visuelle et myopie

En dernière analyse, l'influence de la myopie sur les différences interculturelles a été explorée en revisitant trois différents paradigmes : l'attention visuelle durant le traitement de stimuli non sociaux (c.-à-d., des lettres de Navon), les mouvements

oculaires en reconnaissance de visages, et l'utilisation des fréquences spatiales durant l'identification de visages. Le rôle de la myopie a été étudié puisqu'il existe des différences de prévalence importantes entre certaines régions géographiques et ces différences semblent correspondre aux différences perceptives observées entre ces mêmes régions. Par exemple, en Asie de l'Est, la prévalence de myopie est significativement plus élevée qu'en Occident et les individus provenant de cette région présentent un biais perceptif plus global que les individus provenant de l'Occident. Au contraire, en Afrique, la prévalence de myopie est plus basse qu'en Occident, et les individus d'Afrique du Sud-Ouest présentent un biais perceptif plus local que les individus provenant de l'Occident.

Dans le cadre du présent travail (Chapitre IV), l'existence de différences perceptives correspondant aux différences interculturelles antérieures a été examinée entre des myopes et des emmétropes provenant d'une même région géographique, le Canada (Québec). L'idée mise de l'avant dans cette étude, en comparant des individus myopes et emmétropes provenant d'un même environnement géographique et culturel, était de contrôler cette dernière variable. Cette manière de procéder est selon nous justifiable afin d'explorer, de prime abord, l'existence d'un effet de la myopie au sein d'une même culture. En effet, cette étape constitue la base de la question soulevée dans la présente étude : la myopie peut-elle expliquer les différences interculturelles en perception visuelle? Pour répondre à cette question, il faut d'abord vérifier si la myopie peut être associée aux mêmes effets que la culture sur la vision.

La première expérience concerne les résultats avec la tâche de Navon. Si la prévalence de myopie peut expliquer les différences culturelles obtenues avec cette tâche, les personnes myopes devraient présenter un biais global plus prononcé que les personnes emmétropes. Les résultats de cette première expérience indiquent que les personnes myopes n'ont pas d'avantage global, tandis que les personnes emmétropes présentent un biais global qui est significativement supérieur aux résultats des personnes myopes. Ces résultats ne

permettent donc pas de conclure que la myopie explique les différences interculturelles observées précédemment dans la tâche de Navon.

Dans la deuxième expérience, l'hypothèse de la myopie a été examinée pour expliquer les différences observées entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux sur le plan des mouvements oculaires en reconnaissance de visages. Des participants et participantes myopes et emmétropes ont complété une tâche de reconnaissance de visage similaire à celle de Blais et al., 2008 pendant que leur mouvements oculaires étaient enregistrés. Les résultats indiquent que les myopes fixent plus les yeux et le contour du visage que les emmétropes, tandis que les emmétropes fixent plus le centre du visage que les myopes. Ces résultats infirment l'hypothèse que la myopie explique les différences culturelles entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux, basée sur la prévalence de myopie dans ces régions.

Finalement, la troisième expérience rapportée dans ce Chapitre a investigué l'hypothèse de la myopie pour expliquer les différences observées entre les Asiatiques de l'Est et les Occidentaux sur le plan des fréquences spatiales utilisées pour identifier un visage. Les résultats indiquent que les myopes utilisent des fréquences spatiales plus élevées que les emmétropes. Ces résultats infirment encore une fois l'hypothèse que la myopie explique les différences interculturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance faciale.

Les résultats obtenus dans les trois expériences, employant des paradigmes très différents, vont dans le même sens. Dans l'ensemble, ces résultats ne permettent pas d'affirmer que la myopie explique les différences interculturelles observées dans ces trois tâches. En effet, les résultats obtenus avec un groupe de personnes canadiennes indiquent que la myopie est associée à une perception plus focalisée. Ces données vont à l'encontre de l'hypothèse proposée et permettent, donc, de la rejeter.

Cependant, il est important de mentionner la possibilité d'une interaction entre la myopie et la culture, de sorte que l'effet de la myopie sur la perception soit différent d'une culture à l'autre. En effet, puisque seulement un groupe d'individus canadiens a été testé, il n'est pas possible de généraliser les résultats à une population chinoise. En ce sens, il demeure nécessaire d'examiner les effets de la myopie dans un échantillon d'individus provenant de l'Asie de l'Est afin de garantir la généralisabilité des conclusions de la présente thèse. Malheureusement, cette étape du protocole n'a pas pu être réalisée dans le cadre de la présente thèse en raison de contraintes de temps, d'imprévus lors du dernier voyage en Chine et de l'émergence de la pandémie de Covid-19 qui a suivi. D'ailleurs, il est pertinent de noter que tous les individus chinois ayant participé aux deux premières études de la présente thèse ont été testés en Chine, dans leur environnement habituel. L'autrice de la présente thèse a effectué un séjour de trois mois à *Hangzhou Normal University* dans la province de Zhejiang en Chine pour recruter et tester des personnes chinoises, de même que pour former les assistants de recherche qui ont pu poursuivre les collectes après son départ. Ces démarches sont nécessaires afin d'inclure des personnes d'origines différentes, vivant au quotidien dans leur milieu d'origine, et d'éviter les effets d'acculturation. Toutefois, cette initiative peut être longue et coûteuse, et justement à la merci de circonstances exceptionnelles telles que la pandémie de Covid-19. Enfin, les résultats du présent travail permettent tout de même de rejeter l'hypothèse d'un effet principal de la myopie pour expliquer les différences interculturelles. Néanmoins, il demeure constructif de discuter des potentielles interactions entre la myopie et la culture. Par exemple, comme le soulignent Mckone et al., 2008, il est possible que le focus local que l'on observe chez les personnes myopes dans le groupe canadien soit une forme de compensation pour la myopie. Dans ce cas, il serait aussi possible que cette compensation soit seulement observée dans une culture qui incite à la focalisation. Au contraire, il se pourrait qu'en Chine les personnes aient des pratiques attentionnelles qui n'incitent pas à compenser pour la myopie, comme le font les personnes canadiennes. On pourrait même émettre l'hypothèse qu'une plus grande prévalence de myopie en Chine aurait pu faire

émerger des habitudes culturelles pour pallier cette vulnérabilité, dont des pratiques perceptives orientée vers le traitement visuel global.

Par ailleurs, il est à noter que la présente thèse conçoit la myopie comme un facteur biologique puisque celle-ci se manifeste comme une déformation physique de l'œil. Il est donc implicitement suggéré ici que ce serait cette déformation dans le développement de l'œil qui serait responsable des effets observés sur l'attention visuelle chez les personnes myopes. Cependant, il est important de mentionner que les causes de la myopie sont autant environnementales que génétiques (voir p. ex. Pan et al., 2012; Foster & Jiang, 2014; Ramamurthy et al., 2015; Hobday, 2016; Xiong et al., 2017), et demeurent incertaines. Il est donc envisageable que certains des facteurs environnementaux contribuant potentiellement à la myopie expliquent aussi les différences observées entre les groupes de personnes myopes et emmetropes dans la présente étude. Dans ce cas, nous ne pourrions pas tout à fait parler de facteurs « biologiques » pour expliquer les différences perceptives observées dans le cadre de cette thèse. Il reste à voir si la myopie occupe réellement un rôle de médiateur biologique ou si celle-ci serait simplement un sous-produit de causes environnementales qui seraient les véritables responsables des différences perceptives soulevées.

Finalement, il est intéressant de noter une certaine convergence entre les données issues des expériences sur les mouvements oculaires et les valeurs sociales (Chapitre III) et celles issues de l'expérience sur les mouvements oculaires et la myopie (Chapitre IV). En effet, on peut remarquer une similarité entre les patrons de fixation des personnes chinoises et ceux des personnes myopes canadiennes : ces deux groupes fixent plus le contour du visage que leur groupe comparatif respectif. Compte tenu de la prévalence supérieure de la myopie en Asie de l'Est, il est plausible que cette dernière ait une certaine influence sur le patron de mouvements oculaires observé dans l'article du Chapitre III, notamment que les personnes chinoises, comme les personnes myopes, fixent plus le contour du visage. Cependant, il faut aussi noter la divergence entre les patrons des personnes

chinoises et ceux des personnes myopes, à savoir que les personnes chinoises regardent moins la région des yeux, alors que les personnes myopes canadiennes la regardent plus. Ceci étant dit, il est possible que la myopie interagit avec la culture de l'observateur ou de l'observatrice donnant lieu à un profil plus complexe de différences entre les individus provenant de différentes régions géographiques.

5.3. Intégration et contribution des résultats

La présente thèse avait pour objectif d'aborder deux grandes questions qui animent la recherche actuelle en perception culturelle : comment et pourquoi existe-t-il des différences culturelles importantes en perception visuelle, et spécifiquement en reconnaissance de visages? Le « comment » réfère en l'occurrence aux mécanismes impliqués, à la manière dont les différences culturelles se manifestent; le « pourquoi » réfère aux facteurs explicatifs. Certes, cette question est d'une complexité incommensurable et nécessite la convergence de plusieurs études, à maints endroits et moments. Malgré tout, les résultats de la présente thèse ont permis d'apporter des éléments de réponses cruciaux à ce questionnement prévalent. D'une part, la première étude est la première à employer une technique ultra-précise d'échantillonnage de fréquences spatiales et a permis de révéler des différences culturelles très tôt durant le traitement des visages. Cette découverte suggère que la culture a le potentiel d'affecter la vision à un niveau de traitement très précoce, correspondant possiblement à un traitement de bas niveau. D'autre part, les deux autres études ont contribué de manière complémentaire à démêler les facteurs sociaux et biologiques potentiellement impliqués dans les différences culturelles en perception des visages. Ces deux études peuvent être cadrées dans le contexte de la critique véhiculée dans l'introduction du présent travail concernant l'opérationnalisation de la culture. En effet, la grande majorité des études sur les différences culturelles en perception visuelle, et surtout en reconnaissance des visages, souffre d'un

problème de validité interne. C'est-à-dire, ces études prétendent mesurer l'impact de la culture sur la vision, mais aucune définition opérationnelle de la culture n'est offerte. Il est important de considérer que la culture émerge dans un contexte géographique et biologique, et que celui-ci est multidimensionnel. Donc, le problème de validité interne vient du fait que ces études sur les différences culturelles en perception des visages, par exemple, n'étudient pas réellement la « culture », mais bien des groupes de personnes issues d'un environnement géographique et culturel distinct. Il est tout à fait possible pour des personnes vivant dans un contexte socio-géographique donné d'être acculturées de diverses manières. Ceci est d'autant plus vrai dans un monde moderne et globalisé. De plus, il existe au sein d'un milieu socio-géographique de multiples facteurs d'influence sur la perception des visages. La présente étude a donc fait un premier pas pour démêler les facteurs spécifiques, sociaux et biologiques, pouvant être à l'origine des différences culturelles en perception des visages. Les résultats suggèrent que ni l'orientation sociale, ni la myopie expliquent de manière univoque les différences culturelles en reconnaissance de visages.

Les résultats des trois études qui composent la présente thèse contribuent de manière unique aux questionnements scientifiques actuels dans le domaine de la reconnaissance des visages et des différences culturelles. Toutefois, il est aussi intéressant d'imaginer comment les résultats de ces trois études s'intègrent ensemble dans le contexte scientifique entourant les différences culturelles en perception des visages. Il est intéressant de noter que la première étude révèle des différences culturelles tôt durant le traitement visuel qui suggère la possibilité d'une généralisation des différences culturelles à d'autres catégories d'objets et qui suggère aussi que l'influence de la culture soit automatique, touchant des régions cérébrales précoces. Cependant, la deuxième étude indique que la théorie dominante de l'orientation sociale qui semble relativement bien s'appliquer aux différences culturelles dans la perception d'objet (voir Varnum et al., 2010; Kuhnen et Oyserman, 2002; Oyserman et al. 2008), ne s'applique pas clairement aux différences culturelles en reconnaissance de visages. Donc, malgré l'existence

de différences culturelles précoces en reconnaissance de visages, et l'existence de différences culturelles en perception d'objets et de scènes qui vont dans le même sens, il demeure probable que les vecteurs d'influences spécifiques soient multiples et à différents niveaux. Il est notamment possible que les facteurs qui mènent à des différences culturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance de visages ne soient pas les mêmes que ceux qui mènent à des différences culturelles dans la manière d'orienter l'attention visuelle durant le traitement et la mémorisation d'objets ou de scènes visuelles. Il est aussi possible que les différences culturelles en reconnaissance de visages touchent à des mécanismes plus fondamentaux (tel que montré dans la première étude) que les différences culturelles dans le traitement d'objets ou de scènes. L'influence de l'environnement culturel sur les visages, par opposition à d'autres objets, pourrait se produire avant même que l'enfant intérieurise les normes culturelles d'orientation sociale. Ceci est plausible puisque le visage humain est un des premiers stimuli que l'enfant perçoit, et un des plus fréquents (Sinha et al., 2007).

5.4. Limites et recherches futures

Dans cette section de la présente thèse, quelques questions en suspens seront soulevées et des suggestions d'études futures seront fournies.

5.4.1. Mécanismes impliqués

La présente thèse a contribué au domaine de la perception culturelle et au corpus de connaissances relatives aux mécanismes impliqués dans les différences culturelles en perception des visages en permettant de découvrir avec grande précision le moment auquel ces différences surgissent durant l'extraction d'information visuelle. Plus précisément, la présente thèse a montré que la culture peut affecter l'utilisation d'information visuelle très tôt durant le traitement des visages. Sur le plan cérébral, cette chronologie concorde avec le traitement

d'information dans les aires visuelles primaires non spécifiques aux visages (voir p. ex., Duchaine et Yovel, 2015). Donc, il est probable que les différences culturelles précoces dans l'utilisation des fréquences spatiales, révélées dans le présent travail, impliquent des mécanismes visuels généraux. Cette hypothèse sous-entend que, peu importe la tâche, des éléments de l'environnement culturel mèneraient à des différences interculturelles générales, par défaut, dans la manière dont l'attention visuelle est déployée dans le monde.

Par contre, certaines études ne semblent pas supporter cette hypothèse (voir Majaj et al., 2002; Tardif et al., 2017; Wang & Legge, 2018). En effet, Tardif et al. (2017) ne trouve aucune différence culturelle dans la courbe de sensibilité aux fréquences spatiales durant une tâche avec des grilles sinusoïdales, malgré que cette étude montre des différences culturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales durant la reconnaissance de visages. Par ailleurs, il a été démontré que les fréquences spatiales importantes durant l'identification de lettres sont fortement déterminées par la complexité visuelle des lettres, de sorte à ce qu'une complexité plus grande exige l'utilisation de plus hautes fréquences spatiales (Majaj et al., 2002; Wang & Legge, 2018). Ces données illustrent l'importance de la disponibilité de l'information dans un stimulus pour déterminer le type d'information utilisé. De plus, Wang et al. (2014) montrent que les lettres chinoises sont objectivement plus complexes que les lettres alphabétiques. Ces données pourraient suggérer que les individus de Chine utilisent de plus hautes fréquences spatiales pour la lecture, mais cette hypothèse demeure spéculative, et mérite d'être explorée. Plus généralement, il devient important d'investiguer l'interaction entre l'information disponible dans le stimulus et les biais attentionnels culturellement spécifiques. Cette idée est discutée en détail dans un très récent article dont je suis co-autrice (Blais et al., 2021; voir Annexe A). En bref, cet article présente un compte rendu des différences culturelles en perception des visages et discute des mécanismes potentiels en se basant sur le modèle RAP de la catégorisation visuelle (Represented information × Available information ≈ Potent information; Gosselin et Schyns, 2002). Ce modèle théorique avance l'idée

que l'information importante (diagnostique) dans un stimulus dépend de l'interaction entre l'information disponible dans le stimulus (la composition physique de celui-ci) et les représentations mentales qu'une personne se fait du stimulus. En d'autres mots, il y a une interaction entre les attentes d'une personne quant à l'apparence d'un stimulus et les caractéristiques réelles de ce dernier. Les « attentes » peuvent référer à l'information visuelle ou sémantique que la personne possède en mémoire (ses représentations), ou même aux habitudes attentionnelles qu'une personne utilise pour chercher l'information pertinente. Compte tenu des résultats hétérogènes quant aux différences culturelles dans le traitement de stimuli variés, il est plausible que l'information disponible dans les différents stimuli ait un rôle important à jouer. Toutefois, basé sur les différences culturelles précoces dans l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance de visages rapporté dans la présente thèse, il demeure possible que des processus généraux (précoces) soient impliqués dans les différences culturelles en vision, mais que ceux-ci interagissent avec la nature des stimuli et les exigences particulières de certaines tâches. Par exemple, il est possible que l'étendue des fréquences spatiales contenue dans un visage soient relativement large, permettant ainsi aux individus d'utiliser leur stratégie attentionnelle générale préférée, c'est-à-dire un déploiement de l'attention plus large et une utilisation de plus basses fréquences spatiales chez les individus d'Asie de l'Est, et un déploiement de l'attention plus focal et une utilisation de plus hautes fréquences spatiales chez les individus de pays occidentaux. Au contraire, l'étendue des fréquences spatiales contenue dans une grille sinusoïdale, et potentiellement dans une lettre, est plus limitée, ce qui pourrait contraindre les individus de différents groupes culturels à adopter une stratégie attentionnelle (et extraire des fréquences spatiales) plus similaire, dépendant largement du stimulus.

Afin d'aborder cette question, il serait utile, d'une part, d'examiner comment ces différences culturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales se déploient temporellement dans les aires visuelles du cerveau. Notamment, il serait intéressant de combiner une technique d'échantillonnage de fréquences spatiales à

l'enregistrement électroencéphalographique (EEG) afin de circonscrire le niveau de traitement cérébral correspondant aux différences culturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance de visages. Justement, une méthode de ce genre a été employée dans une série d'études en catégorisation d'expressions faciales (Schyns et al., 2007; 2009). Cette méthode permet de suivre l'intégration temporelle de l'information d'un stimulus au cours du traitement cérébral, jusqu'à sa reconnaissance. L'idée est de reconstruire l'information (l'image de classification) associée à l'activité cérébrale à travers le temps. Le principe est le même que la création d'images de classification basées sur la performance (technique rapportée dans le Chapitre II), mais cette fois-ci l'information présentée n'est pas corrélée avec la performance; elle est plutôt corrélée avec l'activité cérébrale, à chaque palier temporel. Par exemple, dans Schyns et al. (2007; 2009), deux électrodes d'intérêts sont sélectionnées : une électrode au niveau de l'aire occipito-temporale gauche et une au niveau de l'aire équivalente droite; chacune correspondant à l'amplitude N170 la plus élevée de la région respective. Le signal EEG est enregistré à toutes les 4 millisecondes sur ces électrodes. Pour chacun de ces paliers temporels (4 millisecondes), une image de classification est produite en additionnant, à chaque essai, l'information présentée (en l'occurrence, le filtre de fréquences spatiales) ayant mené à une amplitude ERP au-dessus (p. ex., score z positif) ou en dessous (p. ex., score z négatif) de la moyenne des amplitudes à travers les essais pour un palier temporel donné. Cette méthode permet d'examiner l'importance relative de l'information provenant d'un stimulus visuel à chaque étape du traitement cérébral. Par exemple, il serait possible de savoir à quel moment durant le traitement cérébral, des différences culturelles dans la sensibilité aux fréquences spatiales surviennent. Ainsi, il serait possible d'examiner l'implication relative de mécanismes plus généraux (aires cérébrales précoces; indépendants de la tâche) et de mécanismes spécifiques au stimulus (p. ex., des aires cérébrales spécifiques aux visages) dans les différences culturelles observées.

D'autre part, il serait pertinent d'examiner plus systématiquement la présence de différences interculturelles dans le cadre d'une variété de tâches et de stimuli visuels. Suivant l'idée derrière le modèle RAP mentionné plus tôt, il serait intéressant de manipuler l'information disponible d'un stimulus à l'autre pour voir si des différences interculturelles se manifestent avec d'autres catégories d'objets quand l'étendue de l'information disponible le permet.

Finalement, malgré que la présente thèse accorde beaucoup d'importance au rôle de l'attention dans les différences culturelles observées en reconnaissance de visages, la précocité des différences soulevées dans ce travail suggère potentiellement l'implication de mécanismes pré-attentionnels. En effet, les différences se manifestent tellement tôt que celles-ci semblent précéder l'implication de processus centraux tels que l'attention. Dans cet ordre d'idées, il est possible que l'utilisation de fréquences spatiales différentes entre les personnes de Chine et du Canada reflète plutôt une spécialisation des aires visuelles pour certaines fréquences spatiales, sans nécessairement impliquer un changement attentionnel en soi. Par exemple, il est possible que des représentations visuelles de l'environnement se forment différemment durant l'enfance, résultant en une sensibilité des aires visuelles pour des fréquences spatiales spécifiques. Une hypothèse intéressante qui pourrait expliquer ces différences dans l'utilisation des fréquences spatiales pour la reconnaissance de visages est celle des différences culturelles quant à la distance parent-enfant entre les familles américaines et japonaises. En effet, une étude par Fogel et al. (1988), la seule à notre connaissance, montre que les mères japonaises tiennent leur bébé plus loin de leur visage que le font les mères américaines. Il est donc possible que les enfants japonais, et potentiellement d'autres pays en Asie de l'Est, soient habitués à voir des visages en plus basses fréquences spatiales pour cette raison. En effet, plus un stimulus est loin de nous, plus l'information que nous pouvons en extraire est en basse fréquences spatiales. Passé une certaine distance, les hautes fréquences spatiales ne sont plus disponibles. Cette hypothèse pour expliquer les différences culturelles fondamentales en reconnaissance de visages demeure inexplorée. De

même, la question du rôle de l'attention dans les différences culturelles en fréquences spatiales reste en suspens. La présente étude ne permet pas de répondre à cette question de manière définitive, puisqu'aucune manipulation de l'attention ou de la taille des stimuli n'a eu lieu. D'ailleurs, il serait intéressant d'investiguer d'autres mesures de l'attention: par exemple, la pupillométrie. En effet, un lien entre la dilatation pupillaire et l'étendue attentionnelle a été démontée: une plus grande dilatation pupillaire est associée à une attention plus étendue (voir Daniels et al., 2012). Donc, la pupillométrie pourrait être une avenue intéressante pour explorer les différences culturelles en reconnaissance de visages et investiguer le rôle de l'attention.

5.4.2. Facteurs culturels, sociaux et individuels

Une découverte intéressante issue de l'exploration de l'effet des valeurs sociales sur les mouvements oculaires en reconnaissance des visages est le lien entre le niveau de compétitivité et la région des yeux. En effet, les résultats rapportés dans le Chapitre III (sur les valeurs sociales) de la présente thèse dévoilent que les individus qui scorent plus élevé sur la sous-dimension « Compétition », dans les deux questionnaires utilisés, fixent moins la région des yeux. Bien que les individus chinois de l'échantillon testé scorent plus hauts sur cette sous-dimension et fixent moins les yeux que les individus canadiens, des corrélations partielles indiquent que l'association entre la compétition et les yeux ne peut pas être expliquée par la culture du répondant ou de la répondante. Il serait donc intéressant dans le cadre d'études ultérieures d'explorer le lien entre la compétition et l'évitement de la région des yeux durant le traitement des visages. Pour ce faire, il serait important d'inclure des mesures plus exhaustives de la compétition. Cette idée est étayée dans la discussion de l'article scientifique qui compose le Chapitre III de la présente thèse.

De plus, il serait judicieux d'inclure des mesures d'identification culturelle, afin de mieux cerner la réalité des individus étudiés. Certes, les mesures d'orientation

sociale fournissent une estimation du degré d'adhésion d'un individu à un ensemble de valeurs et d'attitudes sociales. Cependant, ces mesures sont rigides, dépendantes d'opérationnalisations arbitraires de concepts complexes, et présentent donc des limites importantes, telles que mentionnées précédemment. Afin de rendre compte de la variabilité individuelle au sein des différents groupes culturels tout en évitant les questionnaires arbitraires, il serait alors intéressant d'avoir une mesure d'identification culturelle plus globale. Par exemple, des questionnaires sur les pratiques culturelles dominantes chez la personne et la culture à laquelle s'identifie la personne pourraient être des avenues à explorer. Tel que proposé, notamment, par Doucerain et al. (2016), il pourrait de plus être utile d'intégrer une approche qualitative à celle principalement quantitative en psychologie culturelle. De cette manière, il serait possible d'avoir un « profil culturel » plus complet des personnes à l'étude. Cette méthode mixte pourrait notamment bénéficier d'une interdisciplinarité entre les différentes branches qui étudient la culture en psychologie : la psychologie interculturelle, la psychologie des minorités ethniques, la psychologie anthropologique et la psychiatrie transculturelle (voir Doucerain et al., 2016). Cette interdisciplinarité permettrait de rendre compte des différentes réalités culturelles dans une perspective contextualisée, de répondre à un plus grand éventail de questions de recherche, d'élaborer des hypothèses et des interprétations des données de manière plus éclairées, et mènerait à de meilleures applications pratiques de la recherche en psychologie culturelle.

Notamment, il est intéressant de réfléchir de manière concrète à une façon d'aller au-delà à la fois des grands blocs géographiques et des questionnaires de valeurs sociales décontextualisées. D'une part, l'utilisation de blocs géographiques permet d'étudier des groupes culturels dans leur ensemble. Cependant, la présente thèse critique cette méthode en affirmant qu'elle ne permet pas de mesurer la culture en soi. D'autre part, l'utilisation de questionnaires de valeurs sociales et culturelles permet de déceler certaines nuances culturelles. Cependant, cette approche est critiquée aussi, puisqu'elle réifie et décontextualise la culture. En effet, la culture

ne se véhicule pas uniquement par l'entremise d'une intériorisation de valeurs personnelles abstraites. La culture se vit aussi à travers un contexte d'interactions et d'intersubjectivité sociale et géographique. Il serait donc important de réfléchir à une approche qui peut dépasser les limites de celles employées précédemment. Concrètement, il serait utile de faire un retour à l'idée de groupes culturels, puisque la culture est un phénomène collectif et non un caractère individuel, strictement intériorisée. Toutefois, il serait aussi intéressant de faire ressortir des nouvelles délimitations culturelles qui ne sont pas strictement déterminées par des frontières géographiques. De plus, à l'ère digitale, il est de plus en plus difficile de circonscrire une culture à une géographie particulière.

Basé sur l'approche intersubjective de Chiu et al. (2010), il serait intéressant de demander à des individus de réfléchir aux normes et habitudes partagées au sein de la culture à laquelle ils s'identifient. Dans cette optique, les adhérents et adhérentes d'une culture seraient portées à réfléchir à l'organisation et la signification de la culture à laquelle iels s'identifient. Notamment, celleux-ci pourrait faire l'exercice de réfléchir à ce qui fait que leur culture est comme elle est, à comment les individus interagissent entre eux, à l'intersubjectivité perçue des gens dans leur culture, aux normes et habitudes partagées par les gens qui composent leur culture. Et ensuite, il serait possible de refaire les groupes culturels non pas basé sur des régions géographiques, mais plutôt basé sur la culture à laquelle les personnes s'identifient. Il serait aussi possible de faire ressortir des grandes lignes, des catégories principales de perceptions que les personnes rapportent. Ce genre d'étude est d'autant plus réaliste maintenant que les plateformes d'expériences en ligne sont de plus en plus sophistiquées.

Par ailleurs, il est possible qu'une multitude de facteurs interagissent ensemble dans des contextes différents sur le développement perceptif et la reconnaissance faciale. Plusieurs mécanismes potentiels pour expliquer les différences culturelles en reconnaissance de visages sont proposés dans la littérature (voir Blais et al., 2021 pour un compte rendu). Parmi les sources explicatives proposées, il y a

l'exposition à des systèmes de valeurs individualistes ou collectivistes, l'exposition à un environnement rural ou urbain, et même l'existence de mécanismes spécifiques aux visages découlant de différences culturelles dans les normes de distances interpersonnelles entre une mère et son enfant. Il demeure difficile d'attribuer une source aux différences interculturelles en perception des visages, cependant plusieurs pistes intéressantes sont offertes.

Il est aussi important de noter que la culture est complexe et dynamique. Comme le souligne Patricia M. Greenfield (2016), il est nécessaire de considérer les changements culturels rapides ainsi que les interactions interculturelles à travers les temps, surtout à l'ère de la mondialisation dans un monde hyperconnecté. Par exemple, dans la deuxième étude de la présente thèse, les résultats avec les questionnaires de valeurs sociales montrent que les distinctions classiques individualistes-collectivistes ne s'appliquent pas aux participants et participantes échantillonnées. En effet, les personnes chinoises dans cette étude étaient plus individualistes. Ce changement pourrait être interprété dans un contexte de changement culturel rapide, par exemple, comme une conséquence de la croissance économique accélérée en Chine. Cette idée demeure toutefois spéculative. Il y a des phénomènes à plusieurs niveaux qui génèrent des changements culturels rapides. Par exemple, au niveau des échanges économiques internationaux et au niveau des interactions sociales cybersociales. D'ailleurs, un facteur important de changements sociaux rapides est l'urbanisation, une variable qui sera explorée par l'autrice de la présente thèse dans des études futures. En effet, il serait, en particulier, intéressant de comparer des populations chinoises et nord-américaines urbaines et rurales sur les tâches employées dans le cadre de la présente thèse.

Finalement, il demeure crucial d'inclure des populations plus diversifiées dans les études en perception et ainsi élargir le bassin de populations à l'étude (p. ex., inclure des populations africaines, de différents milieux - urbain ou rural - et de différentes classes sociales). Cette initiative permettrait de mieux comprendre

l'étendue des facteurs d'influence possible sur la perception visuelle. En effet, il est important de souligner que, malgré que les échantillons d'individus étudiés dans le cadre du présent travail viennent de différents endroits (Fribourg (Suisse), Gatineau (Canada), Guangzhou (Chine) et Hangzhou (Chine)), il demeure que ceux-ci sont petits et spécifiques à ces régions. Ceci limite la généralisabilité des résultats et limite de plus le potentiel d'explorer la multitude de facteurs d'influence possible. Heureusement, de nos jours, de plus en plus d'études en vision se font en ligne et la technologie à cet effet s'améliore à un rythme record pour répondre à la demande. La migration scientifique vers les plateformes en ligne est une avenue révolutionnaire qui permettra d'élargir le bassin d'échantillon humain et ainsi contribuer à créer une recherche sur la culture de plus en plus représentative. Toutefois, il ne faut pas négliger les limites que posent les expériences en ligne. Il demeurera difficile, par exemple, d'inclure des personnes de milieux moins développés ou plus ruraux, où l'accès au réseau internet est difficile, voire inexistant. Par ailleurs, ce médium limite aussi le type d'étude qui peut être effectué, puisque le contrôle sur l'environnement expérimental est moins rigoureux et les conditions d'expérimentation deviennent alors très variables d'un endroit à l'autre (les écrans d'ordinateurs personnels, la luminance de l'écran, la lumière ambiante, le taux de rafraîchissement des écrans, la rapidité de la connexion internet, et plus encore). Certaines tâches qui requièrent un contrôle temporel accru de la présentation, comme c'est le cas pour la première étude de la présente thèse, ou de l'équipement spécial, comme un oculomètre ou un électroencéphalogramme, devront demeurer en laboratoire jusqu'à la prochaine révolution technologique.

5.5. Conclusion

En guise de conclusion, nous allons d'abord revenir à la question générale posée par ce travail : Quels mécanismes et facteurs sont impliqués dans les différences culturelles en reconnaissance de visages. En effet, la question des mécanismes est

un débat d'actualité. Est-ce que les mécanismes impliqués sont réellement visuels ou proviennent-ils d'autres sources d'influence, par exemple, des normes sociales? Est-ce que ces mécanismes sont liés à des processus de plus haut niveau ou sont-ils plus fondamentaux? La présente thèse est la première à dévoiler des différences interculturelles dans l'utilisation des fréquences spatiales en reconnaissance de visages dès 34 millisecondes suivant l'apparition d'un visage (Chapitre II). La rapidité des différences interculturelles observées suggère un effet bottom-up de la culture sur la reconnaissance des visages. Mais à quoi réfère la culture? Il est improbable qu'un seul et unique facteur de l'environnement culturel soit à l'origine de ces différences perceptives. Il semble plausible que des facteurs individuels, psychologiques et biologiques, s'entremêlent avec des vecteurs d'influences macro-systémiques (p. ex., la culture) pour forger l'expérience visuelle. Cette influence multifactorielle de l'environnement sur la vision fait écho à l'hétérogénéité des résultats quant aux différences interculturelles répertoriées dans le corpus scientifique. La présente thèse est la première à examiner conjointement des facteurs sociaux et biologiques potentiellement impliqués dans les différences interculturelles en reconnaissance des visages. Les résultats obtenus permettent de rejeter deux hypothèses importantes : l'orientation sociale individualiste/collectiviste (Chapitres III) et la myopie (Chapitre IV). Dans l'ensemble, la présente thèse a permis de démystifier deux questions importantes relatives aux différences interculturelles en vision. La prochaine étape dans cette quête scientifique est, d'une part, employer des méthodes variées, comme l'EEG, et d'autres part, tester des populations d'autant plus diverses, afin de comprendre comment l'environnement affecte la perception visuelle et, ainsi, nos relations interpersonnelles dans un monde multiculturel.

ANNEXE A

Publications:

A) Articles publiés

1. Blais, C., Linnell, K., Caparos, S., & *Estéphan, A. Cultural differences in face recognition and potential underlying mechanisms. *Frontiers in Psychology*, 12:627026. doi: 10.3389/fpsyg.2021.627026 (2021)
2. Saumure, C., Plouffe-Demers, M-P., *Estéphan, A., Fiset, D., & Blais, C. The use of visual information in the recognition of posed and spontaneous facial expressions. *Journal of Vision*, 18(9), 21 (2018)
3. *Estéphan, A., Fiset, D., Saumure, C., Plouffe-Demers, M-P., Zhang, Y., Sun, D., & Blais, C. Time Course of Cultural Differences in Spatial Frequency Use for Face Identification. *Scientific Reports*, 8, 1816 (2018)
4. Tardif, J., Fiset, D., Zhang, Y., *Estéphan, A., Cai, Q., Sun, D., Luo, C., Gosselin, F., & Blais, C. Culture shapes spatial frequency tuning in face identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(2), 294-306 (2017)

B) Articles soumis ou en préparation

1. *Estéphan, A., Fiset, D., Lingnan, H., Blais, C., & Caldara, R. (soumis). Social Orientation Does Not Account For Cultural Differences in Facial Recognition
2. *Estéphan, A., Fiset, D., Caldara, R., & Blais, C. (en préparation). Myopia changes perceptual strategies for face and pattern recognition

Conférences:

A) Communications par affiche

1. Estéphan, A., Charbonneau, C., Leblanc, V., Fiset, D., & Blais, C. Link between initial fixation location and spatial frequency utilization in face

recognition. Vision Sciences Society (VSS) Annual Meeting, St-Petersburg, Florida (USA, 2019)

2. Estéphan, A., Charbonneau, C., Furumoto-Deshaires, H., Plouffe-Demers, M.-P., Fiset, D., Caldara, R. & Blais, C. Evidence for a broader allocation of attention in emmetropes over myopes during three visual processing tasks. VSS Annual Meeting, Abstract in *Journal of Vision*, 18(10): 1121, doi: 10.1167/18.10.1121 (2018)
3. Blais, C., Furumoto-Deshaires, H., Plouffe-Demers, M.-P., Estéphan, A. & Fiset, D. Impact of myopia on visual attention and the potential link with cultural differences in visual perception. VSS Annual Meeting, Abstract in *Journal of Vision*, 17(10): 1005-1005, doi: 10.1167/17.10.1005 (2017)
4. Estéphan, A., Saumure Régimbald, C., Fiset, D., Sun, D., Zhang, Y., Plouffe-Demers, M.-P., Blais, C. Measuring the time course of spatial frequency use for face recognition from East to West. VSS Annual Meeting, Abstract in *Journal of Vision*, 16(12): 1393, doi: 10.1167/16.12.1393 (2016)
5. Estéphan, A., Saumure Régimbald, C., Fiset, D., Sun, D., Zhang, Y., Plouffe-Demers, M.-P., Blais, C. Measuring the time course of spatial frequency use for face recognition from East to West. 24ième Journée Scientifique du CERNEC (2016)
6. Tardif, J., Zhang, Y., Fiset, D., Luo, C., Sun, D., Tanguay, S., Estéphan, A., Gosselin, F. & Blais, C. Westerners and Easterners use different spatial frequencies for face recognition. VSS Annual Meeting, Abstract in *Journal of Vision*, 15(12): 169, doi: 10.1167/15.12.169 (2015)
7. Lafourture, S., Blais, C., Duncan, D., Estéphan, A., & Fiset, D. The importance of the natural contour for visual feature integration in face processing. VSS Annual Meeting, Abstract in *Journal of Vision*, 15(12): 159, doi:10.1167/15.12.159 (2015)
8. Estéphan, A., Fiset, D., Collin-Lévesque, E. & Blais, C. L'influence des valeurs socioculturelles sur les stratégies d'extraction de l'information visuelle en reconnaissance faciale. 23ième Journée Scientifique du CERNEC (2015)

9. Saumure Régimbald, C., Estéphan, A., Tardif, J., Fiset, D., Zhang, Y., Cai, Q., Sun, D. & Blais, C. L'impact de la culture sur l'intégration spatiale et temporelle de l'information visuelle. 23ième Journée Scientifique du CERNEC (2015)
10. Estéphan, A., Saumure Régimbald, C., Tardif, J., Fiset, D., Zhang, Y., Cai, Q., Sun, D. & Blais, C. L'impact de la culture sur l'intégration temporelle de l'information visuelle. 37e congrès annuel de la SQRP (2015)
11. Saumure Régimbald, C., Estéphan, A., Tardif, J., Fiset, D., Zhang, Y., Cai, Q., Sun, D. & Blais, C. L'impact de la culture sur l'intégration spatiale de l'information visuelle. 37e congrès annuel de la SQRP (2015)
12. Collin-Lévesque, E., Blais, C., Estéphan, A., Dery, K., & Fiset, D. Le nombre de fixations oculaires qui maximise la performance en reconnaissance de visages dépend des habiletés individuelles. 37e congrès annuel de la SQRP (2015)

B) Communications orales

1. Estéphan, A., Fiset, D., Saumure, C., Plouffe-Demers, M.-P., Zhang, Y., Sun, D., & Blais, C. Time Course of Cultural Differences in Spatial Frequency Use for Face Identification. Prix Guy Bégin au 41e congrès annuel de la SQRP (2019)
2. Estéphan, A., Plouffe-Demers, M.-P., Saumure, C., N'guiama, M., Fiset, D., Zhang, Y., Sun, D., & Blais, C. Impact de la culture sur les mécanismes visuels. 41e congrès annuel de la SQRP (2019)
3. Estéphan, A., Saumure Régimbald, C., Fiset, D., Sun, D., Zhang, Y., Plouffe-Demers, M.-P., Blais, C. Measuring the time course of spatial frequency use for face recognition from East to West. Canadian Society for Brain, Behaviour and Cognitive Science (CSBCCS) 26th Annual Meeting (2016)

ANNEXE B

The screenshot captures a Mozilla Firefox browser window. At the top, there's a navigation bar with icons for back, forward, search, and other functions. Below the bar, the address bar shows the URL: https://s1000copyright.com/AppDispatchServlet#formTop. The main content area displays a document summary for a book chapter titled "Perceiving an Object and Its Context in Different Cultures". The summary includes the following details:

- Author:** Shinobu Kitayama, Sean Duffy, Tadashi Kawamura, et al.
- Publication:** Psychological Science
- Publisher:** SAGE Publications
- Date:** 05/01/2003

The SAGE logo, which consists of a stylized 'S' inside a circle followed by the word "SAGE", is prominently displayed. On the right side of the document summary, there's a navigation menu with links for Home, Help, Email Support, Sign In, and Create Account. At the very bottom of the browser window, the standard Firefox toolbar is visible, featuring icons for Back, Forward, Stop, Refresh, and Home, along with the date and time (Fri 9 Apr, 13:20).

ANNEXE C

(voir les neuf prochaines pages)

ELSEVIER LICENSE TERMS AND CONDITIONS

Apr 09, 2021

This Agreement between Amanda Estephan ("You") and Elsevier ("Elsevier") consists of your license details and the terms and conditions provided by Elsevier and Copyright Clearance Center.

License Number 5044900324635

License date Apr 09, 2021

Licensed Content
Publisher Elsevier

Licensed Content
Publication Vision Research

Licensed Content
Title Asia has the global advantage: Race and visual
attention

Licensed Content
Author Elinor McKone,Anne Aimola Davies,Dinusha
Fernando,Rachel Aalders,Hildie Leung,Tushara
Wickramariyaratne,Michael J. Platow

Licensed Content
Date Jul 21, 2010

Licensed Content
Volume 50

Licensed Content
Issue 16

Licensed Content Pages	10
Start Page	1540
End Page	1549
Type of Use	reuse in a thesis/dissertation
Portion	figures/tables/illustrations
Number of figures/tables /illustrations	1
Format	both print and electronic
Are you the author of this Elsevier article?	No
Will you be translating?	No
Title	RECONNAISSANCE FACIALE ET CULTURE : QUELS SONT LES MÉCANISMES ET FACTEURS IMPLIQUÉS ?
Institution name	Université du Québec à Montréal
Expected presentation date	May 2021
Portions	Fig. 1.
Requestor Location	Amanda Estephan 232 rue Champlain

Gatineau, QC J8X3R8
Canada
Attn: Amanda Estephan

Publisher Tax ID GB 494 6272 12

Total 0.00 CAD

Terms and Conditions

INTRODUCTION

1. The publisher for this copyrighted material is Elsevier. By clicking "accept" in connection with completing this licensing transaction, you agree that the following terms and conditions apply to this transaction (along with the Billing and Payment terms and conditions established by Copyright Clearance Center, Inc. ("CCC"), at the time that you opened your Rightslink account and that are available at any time at <http://myaccount.copyright.com>).

GENERAL TERMS

2. Elsevier hereby grants you permission to reproduce the aforementioned material subject to the terms and conditions indicated.

3. Acknowledgement: If any part of the material to be used (for example, figures) has appeared in our publication with credit or acknowledgement to another source, permission must also be sought from that source. If such permission is not obtained then that material may not be included in your publication/copies. Suitable acknowledgement to the source must be made, either as a footnote or in a reference list at the end of your publication, as follows:

"Reprinted from Publication title, Vol /edition number, Author(s), Title of article / title of chapter, Pages No., Copyright (Year), with permission from Elsevier [OR APPLICABLE SOCIETY COPYRIGHT OWNER]." Also Lancet special credit - "Reprinted from The Lancet, Vol. number, Author(s), Title of article, Pages No., Copyright (Year), with permission from Elsevier."

4. Reproduction of this material is confined to the purpose and/or media for which permission is hereby given.

5. Altering/Modifying Material: Not Permitted. However figures and illustrations may be altered/adapted minimally to serve your work. Any

other abbreviations, additions, deletions and/or any other alterations shall be made only with prior written authorization of Elsevier Ltd. (Please contact Elsevier's permissions helpdesk [here](#)). No modifications can be made to any Lancet figures/tables and they must be reproduced in full.

6. If the permission fee for the requested use of our material is waived in this instance, please be advised that your future requests for Elsevier materials may attract a fee.

7. Reservation of Rights: Publisher reserves all rights not specifically granted in the combination of (i) the license details provided by you and accepted in the course of this licensing transaction, (ii) these terms and conditions and (iii) CCC's Billing and Payment terms and conditions.

8. License Contingent Upon Payment: While you may exercise the rights licensed immediately upon issuance of the license at the end of the licensing process for the transaction, provided that you have disclosed complete and accurate details of your proposed use, no license is finally effective unless and until full payment is received from you (either by publisher or by CCC) as provided in CCC's Billing and Payment terms and conditions. If full payment is not received on a timely basis, then any license preliminarily granted shall be deemed automatically revoked and shall be void as if never granted. Further, in the event that you breach any of these terms and conditions or any of CCC's Billing and Payment terms and conditions, the license is automatically revoked and shall be void as if never granted. Use of materials as described in a revoked license, as well as any use of the materials beyond the scope of an unrevoked license, may constitute copyright infringement and publisher reserves the right to take any and all action to protect its copyright in the materials.

9. Warranties: Publisher makes no representations or warranties with respect to the licensed material.

10. Indemnity: You hereby indemnify and agree to hold harmless publisher and CCC, and their respective officers, directors, employees and agents, from and against any and all claims arising out of your use of the licensed material other than as specifically authorized pursuant to this license.

11. No Transfer of License: This license is personal to you and may not be sublicensed, assigned, or transferred by you to any other person without publisher's written permission.

12. No Amendment Except in Writing: This license may not be amended except in a writing signed by both parties (or, in the case of publisher, by CCC on publisher's behalf).

13. Objection to Contrary Terms: Publisher hereby objects to any terms contained in any purchase order, acknowledgment, check endorsement

or other writing prepared by you, which terms are inconsistent with these terms and conditions or CCC's Billing and Payment terms and conditions. These terms and conditions, together with CCC's Billing and Payment terms and conditions (which are incorporated herein), comprise the entire agreement between you and publisher (and CCC) concerning this licensing transaction. In the event of any conflict between your obligations established by these terms and conditions and those established by CCC's Billing and Payment terms and conditions, these terms and conditions shall control.

14. Revocation: Elsevier or Copyright Clearance Center may deny the permissions described in this License at their sole discretion, for any reason or no reason, with a full refund payable to you. Notice of such denial will be made using the contact information provided by you. Failure to receive such notice will not alter or invalidate the denial. In no event will Elsevier or Copyright Clearance Center be responsible or liable for any costs, expenses or damage incurred by you as a result of a denial of your permission request, other than a refund of the amount(s) paid by you to Elsevier and/or Copyright Clearance Center for denied permissions.

LIMITED LICENSE

The following terms and conditions apply only to specific license types:

15. Translation: This permission is granted for non-exclusive world English rights only unless your license was granted for translation rights. If you licensed translation rights you may only translate this content into the languages you requested. A professional translator must perform all translations and reproduce the content word for word preserving the integrity of the article.

16. Posting licensed content on any Website: The following terms and conditions apply as follows: Licensing material from an Elsevier journal: All content posted to the web site must maintain the copyright information line on the bottom of each image; A hyper-text must be included to the Homepage of the journal from which you are licensing at <http://www.sciencedirect.com/science/journal/xxxxx> or the Elsevier homepage for books at <http://www.elsevier.com>; Central Storage: This license does not include permission for a scanned version of the material to be stored in a central repository such as that provided by Heron/XanEdu.

Licensing material from an Elsevier book: A hyper-text link must be included to the Elsevier homepage at <http://www.elsevier.com>. All content posted to the web site must maintain the copyright information line on the bottom of each image.

Posting licensed content on Electronic reserve: In addition to the

above the following clauses are applicable: The web site must be password-protected and made available only to bona fide students registered on a relevant course. This permission is granted for 1 year only. You may obtain a new license for future website posting.

17. For journal authors: the following clauses are applicable in addition to the above:

Preprints:

A preprint is an author's own write-up of research results and analysis, it has not been peer-reviewed, nor has it had any other value added to it by a publisher (such as formatting, copyright, technical enhancement etc.).

Authors can share their preprints anywhere at any time. Preprints should not be added to or enhanced in any way in order to appear more like, or to substitute for, the final versions of articles however authors can update their preprints on arXiv or RePEc with their Accepted Author Manuscript (see below).

If accepted for publication, we encourage authors to link from the preprint to their formal publication via its DOI. Millions of researchers have access to the formal publications on ScienceDirect, and so links will help users to find, access, cite and use the best available version. Please note that Cell Press, The Lancet and some society-owned have different preprint policies. Information on these policies is available on the journal homepage.

Accepted Author Manuscripts: An accepted author manuscript is the manuscript of an article that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and editor-author communications.

Authors can share their accepted author manuscript:

- immediately
 - via their non-commercial person homepage or blog
 - by updating a preprint in arXiv or RePEc with the accepted manuscript
 - via their research institute or institutional repository for internal institutional uses or as part of an invitation-only research collaboration work-group
 - directly by providing copies to their students or to research collaborators for their personal use
 - for private scholarly sharing as part of an invitation-only work group on commercial sites with which Elsevier has an agreement
- After the embargo period
 - via non-commercial hosting platforms such as their institutional repository

- via commercial sites with which Elsevier has an agreement

In all cases accepted manuscripts should:

- link to the formal publication via its DOI
- bear a CC-BY-NC-ND license - this is easy to do
- if aggregated with other manuscripts, for example in a repository or other site, be shared in alignment with our hosting policy not be added to or enhanced in any way to appear more like, or to substitute for, the published journal article.

Published journal article (PJA): A published journal article (PJA) is the definitive final record of published research that appears or will appear in the journal and embodies all value-adding publishing activities including peer review co-ordination, copy-editing, formatting, (if relevant) pagination and online enrichment.

Policies for sharing publishing journal articles differ for subscription and gold open access articles:

Subscription Articles: If you are an author, please share a link to your article rather than the full-text. Millions of researchers have access to the formal publications on ScienceDirect, and so links will help your users to find, access, cite, and use the best available version.

Theses and dissertations which contain embedded PJAAs as part of the formal submission can be posted publicly by the awarding institution with DOI links back to the formal publications on ScienceDirect.

If you are affiliated with a library that subscribes to ScienceDirect you have additional private sharing rights for others' research accessed under that agreement. This includes use for classroom teaching and internal training at the institution (including use in course packs and courseware programs), and inclusion of the article for grant funding purposes.

Gold Open Access Articles: May be shared according to the author-selected end-user license and should contain a [CrossMark logo](#), the end user license, and a DOI link to the formal publication on ScienceDirect.

Please refer to Elsevier's [posting policy](#) for further information.

18. For book authors the following clauses are applicable in addition to the above: Authors are permitted to place a brief summary of their work online only. You are not allowed to download and post the published electronic version of your chapter, nor may you scan the printed edition to create an electronic version. **Posting to a repository:** Authors are permitted to post a summary of their chapter only in their institution's repository.

19. Thesis/Dissertation: If your license is for use in a

thesis/dissertation your thesis may be submitted to your institution in either print or electronic form. Should your thesis be published commercially, please reapply for permission. These requirements include permission for the Library and Archives of Canada to supply single copies, on demand, of the complete thesis and include permission for Proquest/UMI to supply single copies, on demand, of the complete thesis. Should your thesis be published commercially, please reapply for permission. Theses and dissertations which contain embedded PJAs as part of the formal submission can be posted publicly by the awarding institution with DOI links back to the formal publications on ScienceDirect.

Elsevier Open Access Terms and Conditions

You can publish open access with Elsevier in hundreds of open access journals or in nearly 2000 established subscription journals that support open access publishing. Permitted third party re-use of these open access articles is defined by the author's choice of Creative Commons user license. See our [open access license policy](#) for more information.

Terms & Conditions applicable to all Open Access articles published with Elsevier:

Any reuse of the article must not represent the author as endorsing the adaptation of the article nor should the article be modified in such a way as to damage the author's honour or reputation. If any changes have been made, such changes must be clearly indicated.

The author(s) must be appropriately credited and we ask that you include the end user license and a DOI link to the formal publication on ScienceDirect.

If any part of the material to be used (for example, figures) has appeared in our publication with credit or acknowledgement to another source it is the responsibility of the user to ensure their reuse complies with the terms and conditions determined by the rights holder.

Additional Terms & Conditions applicable to each Creative Commons user license:

CC BY: The CC-BY license allows users to copy, to create extracts, abstracts and new works from the Article, to alter and revise the Article and to make commercial use of the Article (including reuse and/or resale of the Article by commercial entities), provided the user gives appropriate credit (with a link to the formal publication through the relevant DOI), provides a link to the license, indicates if changes were made and the licensor is not represented as endorsing the use made of the work. The full details of the license are available at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

CC BY NC SA: The CC BY-NC-SA license allows users to copy, to create extracts, abstracts and new works from the Article, to alter and revise the Article, provided this is not done for commercial purposes, and that the user gives appropriate credit (with a link to the formal publication through the relevant DOI), provides a link to the license, indicates if changes were made and the licensor is not represented as endorsing the use made of the work. Further, any new works must be made available on the same conditions. The full details of the license are available at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>.

CC BY NC ND: The CC BY-NC-ND license allows users to copy and distribute the Article, provided this is not done for commercial purposes and further does not permit distribution of the Article if it is changed or edited in any way, and provided the user gives appropriate credit (with a link to the formal publication through the relevant DOI), provides a link to the license, and that the licensor is not represented as endorsing the use made of the work. The full details of the license are available at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>. Any commercial reuse of Open Access articles published with a CC BY NC SA or CC BY NC ND license requires permission from Elsevier and will be subject to a fee.

Commercial reuse includes:

- Associating advertising with the full text of the Article
- Charging fees for document delivery or access
- Article aggregation
- Systematic distribution via e-mail lists or share buttons

Posting or linking by commercial companies for use by customers of those companies.

20. Other Conditions:

v1.10

Questions? customercare@copyright.com or +1-855-239-3415
(toll free in the US) or +1-978-646-2777.

RÉFÉRENCES

- Atowa, U. C., Munsamy, A. J., Wajuihian, S. O. (2017). Prevalence and risk factors for myopia among school children in Aba, Nigeria. *Afr Vision Eye Health*, 76(1), a369. <https://doi.org/10.4102/aveh.v76i1.369>
- Balz, G. W. & Hock, H. S. (1997) The effect of attentional spread on spatial resolution. *Vision research*, 37, 1499–1510.
- Banaji, M. R., & Hardin, C. D. (1996). Automatic stereotyping. *Psychological Science*, 7(3), 136–141. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1996.tb00346.x>
- Bang, S., Kim, D., & Choi, S. (2001). Asian Face Image Database. In: *Lab IM*, ed. Korea: Postech.
- Bar, M. (2003). A cortical mechanism for triggering top-down facilitation in visual object recognition. *J. Cogn. Neurosci.* 15, 600–609. doi: 10.1162/089892903321662976
- Bar, M. (2004) Visual objects in context. *Nat. Rev. Neurosci.* 5, 617–629.
- Besson, G et al. (2017) From face processing to face recognition: Comparing three different processing levels, *Cognition*, 158, 33-43
- Betancourt, H., & Flynn, P. M. (2009). The psychology of health: Physical health and the role of culture and behavior. In F. A. Villaruel, G. Carlo, J. M. Grau, M. Azmitia, N. J. Cabrera, & T. J. Chahin (Eds.), *Handbook of US Latino psychology* (pp. 347–361). Thousand Oaks, CA: SAGE.

Bontempo, R. (1993). Translation fidelity of psychological scales: An item response theory analysis of an individualism-collectivism scale. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 24, 149–166.

Blais C, Jack RE, Scheepers C, Fiset D, Caldara R (2008) Culture Shapes How We Look at Faces. *PLoS ONE*, 3(8), e3022.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003022>

Blais, C., Roy, C., Fiset, D., Arguin, M. & Gosselin, F. (2012) The eyes are not the window to basic emotions. *Neuropsychologia*, 50, 2830–2838.

Blais, C., Linnell, K. J., Caparos, S., & Estéphan, A. (2021) Cultural Differences in Face Recognition and Potential Underlying Mechanisms. *Frontiers in Psychology*, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.627026>

Boduroglu, A., Shah, P., & Nisbett, R. E. (2009). Cultural differences in allocation of attention in visual information processing. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 40, 349–360. doi: 10.1177/0022022108331005.

Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10 (4), 433 - 436. <https://doi.org/10.1163/156856897X00357>

Brewer, M. B., & Chen, Y. R. (2007). Where (who) are collectives in collectivism? Toward conceptual clarification of individualism and collectivism. *Psychol. Rev.* 114, 133–151. doi: 10.1037/0033-295X.114.1.133

Brewer, M. B., & Gardner, W. (1996). Who is this “we”? Levels of collective identity and self-representations. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 71, 83–93. doi: 10.1037/0022-3514.71.1.83

Caharel, S., Ramon, M., & Rossion, B. (2014). Face familiarity decisions take 200 msec in the human brain: electrophysiological evidence from a go/no-go speeded task. *Journal of cognitive neuroscience*, 26(1), 81–95.

https://doi.org/10.1162/jocn_a_00451

Caldara, R., Zhou, X., & Miellet, S. (2010). Putting culture under the ‘spotlight’ reveals universal information use for face recognition. *PLoS One*, 5 (3).

Caldara, R. (2017). Culture Reveals a Flexible System for Face Processing. *Current Directions in Psychological Science*, 26(3), 249–255.

<https://doi.org/10.1177/0963721417710036>

Canadian Association of Optometrists (2018, October 31). The eye exam. Retrieved April 08, 2021, from <https://opto.ca/health-library/the-eye-exam>

Caplette, L., West, G., Gomot, M., Gosselin, F. & Wicker, B. (2014) Affective and contextual values modulate spatial frequency use in object recognition. *Frontiers in psychology*, 5, <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00512>.

Caplette, L., Wicker, B. & Gosselin, F. (2016) Atypical time course of object recognition in autism spectrum disorder. *Scientific Reports*, 6, 35494.

Caparos, S., Ahmed, L., Bremner, A. J., de Fockert, J. W., Linnell, K. J., & Davidoff, J. (2012). Exposure to an urban environment alters the local bias of a remote culture. *Cognition*, 122, 80-85. doi:10.1016/j.cognition.2011.08.013

Carroll, S., Maiello, G., Harrison, W., & Bex, P. (2016). Myopic Eyes See Better in a Crowd. *Journal of Vision*. 16. 233. 10.1167/16.12.233.

- Chauvin, A., Worsley, K. J., Schyns, P. G., Arguin, M., & Gosselin, F. (2005). Accurate statistical tests for smooth classification images. *Journal of Vision*, 5(9), 659–667. <https://doi.org/10.1167/5.9.1>
- Chiu, C.-Y., Gelfand, M. J., Yamagishi, T., Shteynberg, G., & Wan, C. (2010). Intersubjective culture: The role of intersubjective perceptions in cross-cultural research. *Perspectives on Psychological Science*, 5(4), 482–493. <https://doi.org/10.1177/1745691610375562>
- Chua, H. F., Boland, J. E., & Nisbett, R. E. (2005). Cultural variation in eye movements during scene perception. *PNAS*, 102 (35), 12629-12633. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506162102>
- Chuk, T., Chan, A. B., & Hsiao, J. H. (2014). Understanding eye movements in face recognition using hidden Markov models. *Journal of Vision*, 14 (11):8, 1–14, <http://www.journalofvision.org/content/14/11/8>, doi:10.1167/14.11.8.
- Chuk, T., Crookes, K., Hayward, W. G, Chan, A. B., & Hsiao, J. H. (2017). Hidden Markov model analysis reveals the advantage of analytic eye movement patterns in face recognition across cultures. *Cognition*, 169, 102-117. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.08.003>.
- Collins, A. M. & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Reviews*, 82, 407-428.
- Congdon, N., Zheng, M., Sharma, A., Choi, K., Song, Y., Zhang, M., Wang, M., Zhou, Z., Li, L., Liu, X., Liu, X., & Lam, D. S. (2008). Prevalence and determinants of spectacle nonwear among rural Chinese secondary schoolchildren: the Xichang Pediatric Refractive Error Study Report 3. *Archives of ophthalmology* (Chicago, Ill. : 1960), 126(12), 1717–1723. <https://doi.org/10.1001/archopht.126.12.1717>

Cornelissen, F.W., Peters, E.M. & Palmer, J. (2002). The Eyelink Toolbox: Eye tracking with MATLAB and the Psychophysics Toolbox. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 34, 613–617.

<https://doi.org/10.3758/BF03195489>

Crouzet, S. M., Kirchner, H., Thorpe, S. J. (2010) Fast saccades toward faces: Face detection in just 100 ms. *Journal of Vision*, 10(4):16. doi:
<https://doi.org/10.1167/10.4.16>.

Daniels, L., Nichols, D., Seifert, M., & Hock, H. (2012). Changes in pupil diameter entrained by cortically initiated changes in attention. *Visual Neuroscience*, 29(2), 131-142. doi:10.1017/S0952523812000077

Davidoff, J., Fonteneau, E., & Fagot, J. (2008a) Local and global processing: Observations from a remote culture. *Cognition*, 108 (3), 702-709,
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.06.004>.

Davidoff, J., Fonteneau, E., & Goldstein, J. (2008b). Cultural differences in perception: Observations from a remote culture. *Journal of Cognition and Culture*, 8(3-4), 189–209. <https://doi.org/10.1163/156853708X358146>

Deubel, H. & Schneider, W. (1996) Saccade target selection and object recognition: evidence for a common attentional mechanism. *Vision Research*, 36, 1827–1837.

De Valois, R. L., & De Valois, K. K. (1988). Spatial Vision, Oxford Psychology Series No. 14. New York, NY: Oxford University Press.

Donner, K. & Hemilä, S. (2007) Modelling the effect of microsaccades on retinal responses to stationary contrast patterns. *Vision research*, 47 (9), 1166-1177

Doucerain, M., Vargas, S., & Ryder, A. G. (2016). Mixed-methods research: Integrating qualitative and quantitative approaches to the psychological study of culture. In N. Zane, G. Bernal, & F. T. L. Leong (Eds.), *Cultural, racial, and ethnic psychology book series. Evidence-based psychological practice with ethnic minorities: Culturally informed research and clinical strategies* (p. 147–167).

American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/14940-008>

Duchaine, B. & Yovel, G. A (2015) revised neural framework for face processing. *Annu. Rev. Vis. Sci.*, 1, 393–416.

Duncan, J. et al. (2017) Orientations for the successful categorization of facial expressions and their link with facial features. *Journal of Vision*, 17, 7.

Duncan, J., Royer, J., Dugas, G., Blais, C., & Fiset, D. (2019). Revisiting the link between horizontal tuning and face processing ability with independent measures. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 45(11), 1429-1435. <https://doi.org/10.1037/xhp0000684>

Estéphan, A., Fiset, D., Saumure, C., Plouffe-Demers, M. P., Zhang, Y., Sun, D., & Blais, C. (2018). Time Course of Cultural Differences in Spatial Frequency Use for Face Identification. *Scientific reports*, 8(1), 1816.

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-19971-1>

Estéphan, A., Fiset, D., Lingnan, H., Blais, C., & Caldara, R. (*submitted*). Social Orientation Does Not Account for Cultural Differences in Face Recognition. (Article 2, Chapitre III de la présente thèse)

Evans, K., Rotello, C. M., Li, X., & Rayner, K. (2009). Scene perception and memory revealed by eye movements and receiver-operating characteristic analyses: Does a cultural difference truly exist? *Quarterly Journal of*

Experimental Psychology, 62(2), 276-285.
<https://doi.org/10.1080/17470210802373720>

Ewing, L., Karmiloff-Smith, A., Farran, E. K. & Smith, M. L. (2017) Developmental changes in the critical information used for facial expression processing. *Cognition*, 166, 56–66.

Fincher, C. L., Thornhill, R., Murray, D. R., & Schaller, M. (2008). Pathogen prevalence predicts human cross-cultural variability in individualism/collectivism. *Proceedings. Biological sciences*, 275(1640), 1279–1285.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0094>

Firestone, C., & Scholl, B. J. (2016). Cognition does not affect perception: Evaluating the evidence for "top-down" effects. *The Behavioral and brain sciences*, 39, e229. <https://doi.org/10.1017/S0140525X15000965>

Fogel, A., Toda, S., & Kawai, M. (1988). Mother-infant face-to-face interaction in Japan and the United States: A laboratory comparison using 3-month-old infants. *Developmental Psychology*, 24(3), 398–406.

<https://doi.org/10.1037/0012-1649.24.3.398>

Foster, P.J. & Jiang, Y. (2014). Epidemiology of myopia. *Eye*, 28(2): 202–8. doi:10.1038/eye.2013.280.

Fu, G., Hu, C. S., Wang, Q., Quinn, P. C. & Lee, K. (2012). Adults scan own- and other-race faces differently. *PLoS One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037688>.

Geangu, E., Ichikawa, H., Lao, J., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., Caldara, R., & Turati, C. (2016). Culture shapes 7-month-olds' perceptual strategies in discriminating facial expressions of emotion. *Current Biology*, 26(14), R663-664.

Goldinger, S. D., He, Y. & Papes, M. H. (2009). Deficits in cross-race face learning: insights from eye movements and pupillometry. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 35, 1105–22.

Gosselin, F. & Schyns, P.G. (2001) Bubbles: a technique to reveal the use of information in recognition tasks, Vision Research, 41(17), 2261-2271, [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(01\)00097-9](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(01)00097-9).

Gosselin, F., & Schyns, P. G. (2002). RAP: a new framework for visual categorization. *Trends Cogn. Sci.* 6, 70–77. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01838-6

Goto, M., Toriu, T. & Tanahashi, J. I. (2001) Effect of size of attended area on contrast sensitivity function. *Vision research*,41, 1483–1487.

Greenfield, P. M. (2016). Social change, cultural evolution, and human development. *Current opinion in psychology*, 8, 84–92.

<https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2015.10.012>

Greenwald, A. G., McGhee, D. E., & Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring individual differences in implicit cognition: The implicit association test. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(6), 1464–1480.

<https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.6.1464>

Greenwald, A. G., Poehlman, T. A., Uhlmann, E. L., & Banaji, M. R. (2009). Understanding and using the Implicit Association Test: III. Meta-analysis of predictive validity. *Journal of Personality and Social Psychology*, 97(1), 17–41. <https://doi.org/10.1037/a0015575>

Gross, T. F. (2009) Own-ethnicity bias in the recognition of black, east asian, hispanic, and white faces. *Basic and Applied Social Psychology*, 31, 128–135.

Gutchess, A., & Sekuler, R. (2019). Perceptual and mnemonic differences across cultures. In K. D. Federmeier (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Vol. 71. The psychology of learning and motivation* (p. 131–174). Elsevier Academic Press.

Hancock, P. (2008) Psychological image collection at stirling (pics),
<http://pics.psych.stir.ac.uk>.

Haxby, J. V., Hoffman, E. A. & Gobbini, M. I. (2000) The distributed human neural system for face perception. *Trends Cogn. Sci.*, 4, 223–33.

He, J., Lu, L., Zou, H., He, X., Li, Q., Wang, W., & Zhu, J. (2014). Prevalence and causes of visual impairment and rate of wearing spectacles in schools for children of migrant workers in Shanghai, China. *BMC public health*, 14, 1312.
<https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-1312>

Henderson, J.M., Williams, C.C. & Falk, R.J. Eye movements are functional during face learning. *Mem Cogn* 33, 98–106 (2005).
<https://doi.org/10.3758/BF03195300>

Helmholtz, H. V. (1886/1962). Concerning the perceptions in general. In translated by In J. P. C. Southall (Ed.), Vol. III. *Treatise on physiological optics*. New York: Dover.

Heine, S. J. (2010). Cultural psychology. In S. T. Fiske, D. T. Gilbert, & G. Lindzey (Eds.), *Handbook of social psychology* (p. 1423–1464). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470561119.socpsy002037>

Heine, S. J. (2012). What is culture? In *Cultural psychology* (2nd ed., pp. 3–5). W.W. Norton & Company. New-York, NY

Henderson, J. M., Pollatsek, A. & Rayner, K. (1989) Covert visual attention and extrafoveal information use during object identification. *Perception and Psychophysics*, 45, 196–208.

Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010a). The weirdest people in the world?. *Behavioral and brain sciences*, 33(2-3), 61-83.

Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010b). Most people are not WEIRD. *Nature*, 466(7302), 29-29.

Hobday R. (2016). Myopia and daylight in schools: a neglected aspect of public health?. *Perspectives in public health*, 136(1), 50–55.
<https://doi.org/10.1177/1757913915576679>

Hoffman, J. E. & Subramaniam, B. (1995) The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception and Psychophysics*, 57, 787–795.

Hofstede, G. (2011). Dimensionalizing Cultures: The Hofstede Model in Context. *Online Readings in Psychology and Culture*, 2(1).
<https://doi.org/10.9707/2307-0919.1014>

Hofstede, G. (1980). *Culture's Consequences: International Differences in Work-Related Values*. Beverly Hills, CA: Sage.

Holden, B. A., Fricke, T. R., Wilson, D. A., Jong, M., Naidoo, K. S., Sankaridurg, P., Wong, T. Y., Naduvilath, T. J. & Resnikoff, S. (2016). Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *American Academy of Ophthalmology*, 123, 1036–1042.

- Hong, Y. Y., Morris, M. W., Chiu, C. Y., & Benet-Martínez, V. (2000). Multicultural minds: A dynamic constructivist approach to culture and cognition. *American Psychologist*, 55(7), 709–720.
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.7.709>
- Hong, Y. Y., Chiu, C. Y., & Kung, T. M. (1997). Bringing culture out in front: Effects of cultural meaning system activation on social cognition. *Progress in Asian Social Psychology*. 1. 135-146.
- Hsiao, J. H. W. & Cottrell, G. (2008) Two fixations suffice in face recognition. *Psychological Science*, 19, 998–1006.
- Hu, M., Zhou, Y., Huang, S., Congdon, N., Jin, L., Wang, X., Hogg, R., Zhang, H., Cun, Y., Yang, L., Li, X., & Liang, C. (2019). Population prevalence of myopia, glasses wear and free glasses acceptance among minority versus Han schoolchildren in China. *PloS one*, 14(4), e0215660.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215660>
- Huang, L., Kawasaki, H., Liu, Y., & Wang, Z. (2019). The prevalence of myopia and the factors associated with it among university students in Nanjing: A cross-sectional study. *Medicine*, 98, e14777.
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000014777>.
- Jack, R. E., Blais, C., Scheepers, C., Schyns, P. G., & Caldara, R. (2009). Cultural confusions show that facial expressions are not universal. *Current Biology*, 19(18), 1543-1548.
- Jack, R. E., Caldara, R. & Schyns, P. G. (2012) Internal Representations Reveal Cultural Diversity in Expectations of Facial Expressions of Emotion. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, 19–25.

Ji, L. J., Peng, K., & Nisbett, R. E. (2000). Culture, control, and perception of relationships in the environment. *Journal of personality and social psychology*, 78-943. doi: 10.1037/0022-3514.78.5.943.

Kagitcibasi, C. (1987). Individual and group loyalties: Are they compatible? In C. Kagitcibasi (Ed.), *Growth and progress in cross-cultural psychology*. Lisse, the Netherlands: Swets & Zeitlinger.

Kashima, E. S., Hardie, E. A., Wakimoto, R., & Kashima, Y. (2011). Culture- and gender-specific implications of relational and collective contexts on spontaneous self-descriptions. *J. Cross-Cult. Psychol.* 42, 740–758. doi: 10.1177/0022022110362754

Kauffmann L., Ramanoël S., & Peyrin C. (2014). The neural bases of spatial frequency processing during scene perception. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8, 37. DOI: 10.3389/fnint.2014.00037

Kelly, D. J., Liu, S., Rodger, H., Miellet, S., Ge, L., & Caldara, R. (2011a). Developing cultural differences in face processing. *Developmental science*, 14(5), 1176–1184. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01067.x>

Kelly, D. J., Jack, R. E., Miellet, S., De Luca, E., Foreman, K., & Caldara, R. (2011b). Social experience does not abolish cultural diversity in eye movements. *Front Psychol*, 2, 95. doi:10.3389/fpsyg.2011.00095

Kerber, K. L., Thorn, F., Bex, P. J., & Vera-Diaz, F. A. (2016). Peripheral contrast sensitivity and attention in myopia. *Vision research*, 125, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2016.05.004>

- Kitayama, S., Duffy, S., Kawamura, T., & Larsen, J. T. (2003). Perceiving an object and its context in different cultures: a cultural look at New Look. *Psychological Science*, 14, 201–206. doi: 10.1111/1467-9280.02432.
- Klein, C., & Ettinger, U. (2019). Eye movement research: an introduction to its scientific foundations and applications. Cham: Springer International Publishing.
- Kleiner, M., Brainard, D., Pelli, D., Ingling, A., Murray, R., & Broussard, C. (2007). What's new in psychtoolbox-3. *Perception*, 36(14), 1-16.
- Ko, H.-K., Poletti, M., & Rucci, M. (2010) Microsaccades precisely relocate gaze in a high visual acuity task. *Nature neuroscience*, 13 (12), 1549-1553
- Koch, B. J., & Koch, P. T. (2007). Collectivism, individualism, and outgroup cooperation in a segmented China. *Asia Pacific J Manage*, 24, 207-225. DOI 10.1007/s10490-006-9004-5
- Kowler, E., Anderson, E., Dosher, B. & Blaser, E. (1995) The role of attention in the programming of saccades. *Vision Research*, 35, 1897–1916.
- Kroeber, A. L., & Kluckhohn, C. (1952). Culture: a critical review of concepts and definitions. Papers. Peabody Museum of Archaeology & Ethnology, Harvard University, 47(1), viii, 223.
- Ksander, J. C., Paige, L. E., Johndro, H. A., & Gutchess, A. H. (2018). Cultural specialization of visual cortex. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 13(7), 709-718. doi:10.1093/scan/nsy039
- Kuhnen, U. & Oyserman, D. (2002). Thinking about the self influences thinking in general: Cognitive consequences of salient self-concept. *Journal of*

Experimental Social Psychology, 38, 492-499.

<http://hdl.handle.net/2027.42/64245>

Kumar, D., & Srinivasan, N. (2011). Emotion perception is mediated by spatial frequency content. *Emotion*, 11(5), 1144–1151. <https://doi.org/10.1037/a0025453>

Kwon, M. & Legge, G. E. (2012). Spatial-frequency requirements for reading revisited. *Vision Research*, 62, 139-147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.visres.2012.03.025>.

Langner, O. et al. (2010) Presentation and validation of the radboud faces database. *Cognition and Emotion*, 24, 1377–1388.

Lao, J., Miellet, S., Pernet, C., Sokhn, N., & Caldara, R. (2017). iMap4: An open source toolbox for the statistical fixation mapping of eye movement data with linear mixed modeling. *Behav Res Methods*, 49(2), 559-575.
doi:10.3758/s13428-016-0737-x

Lao, J., Vizioli, L., & Caldara, R. (2013). Culture modulates the Temporal Dynamics of Global/Local Processing. *Culture and Brain*, 1(2), 158-174

Leung, H., & Au, W. W.-T. (2010). Chinese cooperation and competition. In M. H. Bond (Ed.), Oxford library of psychology. *The Oxford handbook of Chinese psychology* (p. 499–514). Oxford University Press.

Levi, D. M. (2008) Crowding - An essential bottleneck for object recognition: A mini-review. *Vision Research*, 48(5), 635-654.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.12.009>

Li, L., Lam, J., Lu, Y., et al. (2010) Attitudes of Students, Parents, and Teachers Toward Glasses Use in Rural China. *Arch Ophthalmol*, 128(6):759–765.
doi:10.1001/archophthalmol.2010.73

Liu, Z., Cheng, M., Peng, K., & Zhang, D. (2015) Self-construal priming selectively modulates the scope of visual attention. *Front. Psychol.* 6:1508. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01508

Liu, X., Liang, X., Feng, C., & Zhou, G. (2019). Self-Construal Priming Affects Holistic Face Processing and Race Categorization, but Not Face Recognition. *Frontiers in Psychology*, 10, 1973.

<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2019.01973>. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01973

Lovegrove, W. J., Bowling, A., Badcock, D., & Blackwood, M. (1980). Specific reading disability: differences in contrast sensitivity as a function of spatial frequency. *Science*, 210(4468), 439-440. DOI: 10.1126/science.7433985

Lundqvist, D., Flykt, A., & Ohman, A. (1998). The karolinska directed emotional faces. Stockholm, Sweden: Karolinska Institute.

Lüthold, P., Lao, J., He, L., Zhou, X., & Caldara, R. (2018). Waldo reveals cultural differences in return fixations. *Visual Cognition*, 26(10), 817-830.

Majaj, N. J., Pelli, D. G., Kurshan, P., & Palomares, M. (2002). The role of spatial frequency channels in letter identification. *Vis. Res.* 42, 1165–1184. doi: 10.1016/S0042-6989(02)00045-7

Markus, H. R. & Kitayama, S. (1991). Culture and the self: Implications for cognition, emotion, and motivation. *Psychol Rev*, 98, 224–253.

Masuda, T. & Nisbett, R. E. (2001) Attending holistically versus analytically: comparing the context sensitivity of Japanese and Americans. *Journal of personality and social psychology*, 81, 922.

Masuda, T., Ellsworth, P. C., Mesquita, B., Leu, J., Tanida, S., & Van de Veerdonk, E. (2008). Placing the face in context: Cultural differences in the perception of facial emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 94(3), 365–381. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.94.3.365>

Masuda, T., Wang, H., Ishii, K. & Ito, K. (2012) Do surrounding figures' emotions affect judgment of the target figure's emotion? Comparing the eye-movement patterns of European Canadians, Asian Canadians, Asian international students, and Japanese. *Front. Integr. Neurosci.* 6: 72. doi: 10.3389/fnint.2012.00072

McCamy, M. B., Otero-Millan, J., Macknik, S. L., Yang, Y., Troncoso, X. G., Baer, S. M., Crook, S. M., & Martinez-Conde, S. (2012) Microsaccadic efficacy and contribution to foveal and peripheral vision. *The Journal of Neuroscience*, 32 (27), 9194-9204

McKone, E., Davies, A. A., & Fernando, D. (2008). Blurry Means Good Focus: Myopia and Visual Attention. *Perception*, 37(11), 1765–1768.
<https://doi.org/10.1068/p6156>

McKone, E., Davies, A. A., Fernando, D., et al. (2010). Asia has the global advantage: Race and visual attention. *Vision Res*, 50(16), 1540–1549. doi:10.1016/j.visres.2010.05.010

Mehoudar E., Arizpe J., Baker C. I., Yovel G. (2014). Faces in the eye of the beholder: Unique and stable eye scanning patterns of individual observers. *Journal of Vision*, 14 (7): 6, 1–11, doi:10.1167/14.7.6.

Miellet, S., Caldara, R., & Schyns, P. G. (2011). Local Jekyll and Global Hyde: The Dual Identity of Face Identification. *Psychological Science*, 22(12), 1518-1526

Miellet, S., He, L., Zhou, X., Lao, J. & Caldara, R. (2012). When East meets West: gaze-contingent Blindsights abolish cultural diversity in eye movements for faces. *Journal of Eye Movement Research*, 5(2):5, 1-12

Miellet, S., Vizioli, L., He, L., Zhou, X., & Caldara, R. (2013). Mapping face recognition information use across cultures. *Frontiers in Perception Science*, 4, 34.

Miellet, S., Zhou, X., He, L., Rodger, H., & Caldara, R. (2010). Investigating cultural diversity for extrafoveal information use in visual scenes. *Journal of Vision*, 10(6):21, 1–18, <http://www.journalofvision.org/content/10/6/21>, doi:10.1167/10.6.21.

Miles, W. R. (1930) Ocular dominance in human adults. *J Gen Psychol*, 3: 412–30.

Millar, P. R., Serbun, S. J., Vadalia, A., & Gutchess, A. H. (2013) Cross-cultural differences in memory specificity. *Cult. Brain* 1, 138–157.
<https://doi.org/10.1007/s40167-013-0011-3>

Morgan, I. G., Ohno-Matsui, K., & Saw, S-M. (2012). Myopia. *The Lancet*, 379(9827), 1739-1748. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60272-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60272-4)

Morrison, D. J. & Schyns, P. G. (2001) Usage of spatial scales for the categorization of faces, objects, and scenes. *Psychonomic Bulletin and Review*, 8, 454–469.

Naccache, L., & Dehaene, S. (2001). Unconscious semantic priming extends to novel unseen stimuli. *Cognition*, 80, 223-237.

Navon, D. (1977) Forest before trees: The precedence of global features in visual perception, *Cognitive Psychology*, 9 (3), 353-383,
[https://doi.org/10.1016/0010-0285\(77\)90012-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(77)90012-3).

Navon, D. (1981) The forest revisited: More on global precedence. *Psychol. Res* 43, 1–32. <https://doi.org/10.1007/BF00309635>

Ng, A. H., Steele, J. R., Sasaki, J. Y., Sakamoto, Y., & Williams, A. (2015). Culture moderates the relationship between interdependence and face recognition. *Front. Psychol.* 6:1620. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01620

Nisbett, R. E., & Masuda, T. (2003). Culture and point of view. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(19), 11163-11170. DOI: 10.1073/pnas.1934527100

Nisbett, R. E., & Miyamoto, Y. (2005). The influence of culture: holistic versus analytic perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 467–473. doi: 10.1016/j.tics.2005.08.004.

Nisbett, R. E., Peng, K., Choi, I., & Norenzayan, A. (2001). Culture and systems of thought: holistic versus analytic cognition. *Psychological review*, 108(2), 291.

Norenzayan, A., Smith, E. E., Kim, B. J., & Nisbett, R. E. (2002). Cultural preferences for formal versus intuitive reasoning. *Cognitive Science*, 26(5), 653–684. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(02\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(02)00082-4)

Or, C. C. F., Peterson, M. F. & Eckstein, M. P. (2015) Initial eye movements during face identification are optimal and similar across cultures. *Journal of vision*, 15, 12–12.

Oyserman, D., Coon, H. M., & Kemmelmeier, M. (2002). Rethinking individualism and collectivism: Evaluation of theoretical assumptions and meta-analyses. *Psychological Bulletin*, 128, 3–72.

Oyserman, D. (1993). The lens of personhood: Viewing the self, others, and conflict in a multicultural society. *Journal of Personality and Social Psychology*, 65, 993–1009.

Paige, L. E., Ksander, J. C., Johndro, H. A., & Gutchess, A. H. (2017). Cross-cultural differences in the neural correlates of specific and general recognition. *Cortex*, 91, 250-261. doi:10.1016/j.cortex.2017.01.018

Palmer, S. E. (1975) Visual perception and world knowledge: Notes on a model of sensory-cognitive interaction. In *Explorations in cognition* (eds Norman, D. A. & Rumelhart, D. E.) 279–307 (Freeman).

Pan, C.W., Ramamurthy, D., Saw, S.M. (2012). Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 32(1): 3–16. doi:10.1111/j.1475-1313.2011.00884.x.

Pelli, D. G. (2008). Crowding: A cortical constraint on object recognition. *Current opinion in neurobiology*, 18(4), 445-451.

Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies, *Spatial Vision*, 10(4), 437–442.
<https://doi.org/10.1163/156856897X00366>

Pernet, C. R., Wilcox, R., & Rousselet, G. A. (2013). Robust correlation analyses: False positive and power validation using a new open source Matlab toolbox. *Frontiers in Psychology*, 3, Article 606. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00606>

Peterson M. F., Eckstein M. P. (2013). Individual differences in eye movements during face identification reflect observer-specific optimal points of fixation. *Psychological Science*, 24 (7), 1216–1225, doi:10.1177/0956797612471684.

Peterson, M. F., Lin, J., Zaun, I., & Kanwisher, N. (2016). Individual differences in face-looking behavior generalize from the lab to the world. *Journal of Vision*, 16, 12. <https://doi.org/10.1167/16.7.12>

Peterson, M. S., Kramer, A. F. & Irwin, D. E. (2004) Covert shifts of attention precede involuntary eye movements. *Perception and Psychophysics*, 66, 398–405.

Pezdek, K., Blandon-Gitlin, I. & Moore, C. (2003) Children's Face Recognition Memory: More Evidence for the Cross-Race Effect. *Journal of Applied Psychology*, 88, 760–763.

Pitcher, D., Goldhaber, T., Duchaine, B., Walsh, V. & Kanwisher, N. (2012) Two critical and functionally distinct stages of face and body perception. *J. Neurosci.*, 32, 15877–85.

Plouffe-Demers, M.-P., Fiset D., Saumure C., Duncan J., Blais C. (2019). Strategy Shift Toward Lower Spatial Frequencies in the Recognition of Dynamic Facial Expressions of Basic Emotions: When It Moves It Is Different. *Frontiers in Psychology*, 10, 1563. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01563

Purves, D. et al. (2001) Types of Eye Movements and Their Functions, In Neuroscience. 2nd edition. Sunderland (MA): Sinauer Associates; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10991/>

Ramamurthy, D., Lin Chua, S. Y., & Saw, S. M. (2015). A review of environmental risk factors for myopia during early life, childhood and adolescence. *Clinical & experimental optometry*, 98(6), 497–506.
<https://doi.org/10.1111/cxo.12346>

Rayner, K., Li, X., Williams, C. C., Cave, K. R., & Well, A. D. (2007). Eye movements during information processing tasks: Individual differences and cultural effects. *Vision Research*, 47(21), 2714–2726.
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.05.007>

Resnikoff, S., Pascolini, D., Mariotti, S. P., & Pokharel, G. P. (2008). Global magnitude of visual impairment caused by uncorrected refractive errors in 2004. *Bulletin of the World Health Organization*, 86(1), 63–70.

<https://doi.org/10.2471/blt.07.041210>

Rhee, E., Uleman, J. S., & Lee, H. K. (1996). Variations in collectivism and individualism by in-group and culture: Confirmatory factor analyses. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71, 1037–1053.

Richler, J. J. & Gauthier, I. (2014) A Meta-Analysis and Review of Holistic Face Processing. *Psychological Bulletin*, 140, 1281–1302.

Rodger, H., Kelly, D. J., Blais, C. & Caldara, R. (2010a) Inverting faces does not abolish cultural diversity in eye movements. *Perception*, 39, 1491–1503.

Rodger, H., Blais, C. & Caldara, R. (2010b) First fixation toward the geometric center of human faces is common across tasks and culture. *Journal of Vision*, 10, 639–639.

Roth, H. L., Lora, A. N., & Heilman, K. M. (2002) Effects of monocular viewing and eye dominance on spatial attention. *Brain*, 125 (9), 2023–2035,
<https://doi.org/10.1093/brain/awf210>

Royer, J. et al. (2017) The influence of natural contour and face size on the spatial frequency tuning for identifying upright and inverted faces. *Psychological Research*, 81, 13–23.

Royer, J., Blais, C., Charbonneau, I., Déry K., Tardif, J., Duchaine, B., Gosselin, F., & Fiset, D. (2018). Greater reliance on the eye region predicts better face recognition ability. *Cognition*, 121- 12-20.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.08.004>

Rucci, M., Iovin, R., Poletti, M., & Santini, F. (2007) Miniature eye movements enhance fine spatial detail. *Nature*, 447 (7146), 852-855

Rudnicka, A. R., Kapetanakis, V. V., Wathern, A. K., Logan, N. S., Gilmartin, B., Whincup, P. H., Cook, D. G. & Owen, C. G. (2016). Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic review and quantitative meta-analysis: implications for aetiology and early prevention. *British Journal of Ophthalmology*, 100, 882–890.

Sadeh, B., Podlipsky, I., Zadanov, A. & Yovel, G. (2010) Event-related potential and functional mri measures of face- selectivity are highly correlated: a simultaneous ERP-fMRI investigation. *Hum. Brain Mapp.*, 31, 1490–501.

Sangrigoli, S., Pallier, C., Argenti, A.-M., Ventureyra, V. A. G. & de Schonen, S. (2005) Reversibility of the Other-Race Effect in Face Recognition During Childhood. *Psychological Science*, 16, 440–444.

Schwartz, S. H., & Boehnke, K. (2004). Evaluating the structure of human values with confirmatory factor analysis. *Journal of Research in Personality*, 38(3), 230–255. [https://doi.org/10.1016/S0092-6566\(03\)00069-2](https://doi.org/10.1016/S0092-6566(03)00069-2)

Schyns, P. G. & Oliva, A. (1999) Dr. angry and mr. smile: when categorization flexibly modifies the perception of faces in rapid visual presentations. *Cognition*, 69, 243–265.

Schyns, P. G., & Oliva, A. (1994). From Blobs to Boundary Edges: Evidence for Time- and Spatial-Scale-Dependent Scene Recognition. *Psychological Science*, 5(4), 195–200. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1994.tb00500.x>

Schyns, P.G., Petro, L.S., Smith, M.L. (2009) Transmission of Facial Expressions of Emotion Co-Evolved with Their Efficient Decoding in the Brain: Behavioral and Brain Evidence. *PLoS ONE* 4(5): e5625.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005625>

Schyns, P. G., Petro, L. S., & Smith, M. L. (2007). Dynamics of visual information integration in the brain for categorizing facial expressions. *Current biology : CB*, 17(18), 1580–1585. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.08.048>

Segall, M. H., Campbell, D. T. & Herskovits, M. J. (1966) The Influence of Culture on Visual Perception in *Social Perception* (eds Toch, H. & Smith, C.) 1–5 (The Bobbs-Merrill Company, Inc.)

Shulman, G. L. & Wilson, J. (1987) Spatial frequency and selective attention to local and global information. *Perception*, 16, 89–101.

Shulruf, B., Hattie, J., & Dixon, R. (2007). Development of a New Measurement Tool for Individualism and Collectivism. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 25(4), 385–401. <https://doi.org/10.1177/0734282906298992>

Singelis, T. M. (1994). The Measurement of Independent and Interdependent Self-Construals. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 20(5), 580–591. <https://doi.org/10.1177/0146167294205014>

Sinha, D., & Tripathi, R. C. (1994). Individualism in a collectivist culture: A case of coexistence of opposites. In U. Kim, H. C. Triandis, C. Kagitcibasi, S. Choi, & G. Yoon (Eds.), Individualism and collectivism: Theory, method, and applications (pp. 123–136). Thousand Oaks, CA: Sage.

Sinha, P., Balas, B., and Ostrovsky, Y. (2007). Discovering faces in infancy. *J. Vis.* 7, 569–569. doi: 10.1167/7.9.569

Smith, M. L., Cottrell, G. W., Gosselin, F. & Schyns, P. G. (2005) Transmitting and Decoding Facial Expressions. *Psychological Science*, 16, 184–189.

Sowden, P. T. & Schyns, P. G. (2006) Channel surfing in the visual brain. *Trends in cognitive sciences*, 10, 538–545.

Stacchi, L., Ramon, M., Lao, J., & Caldara, R. (2019). Neural Representations of Faces are Tuned to Eye Movements. *Journal of Neuroscience*, 39(21), 4113-4123.

Schwartz, S. H., & Boehnke, K. (2004). Evaluating the structure of human values with confirmatory factor analysis. *Journal of Research in Personality*, 38(3), 230–255. [https://doi.org/10.1016/S0092-6566\(03\)00069-2](https://doi.org/10.1016/S0092-6566(03)00069-2)

Tadros, K., Dupuis-Roy, N., Fiset, D., Arguin, M., & Gosselin, F. (2013) Reading laterally: The cerebral hemispheric use of spatial frequencies in visual word recognition. *Journal of Vision*, 13(1):4. doi: <https://doi.org/10.1167/13.1.4>.

Talhelm, T., Zhang, X., Oishi, S., Shimin, C., Duan, D., Lan, X., & Kitayama, S. (2014) Large-Scale Psychological Differences Within China Explained by Rice Versus Wheat Agriculture. *Science*, 344 (6184), 603-608. DOI: 10.1126/science.1246850

Tanaka, J. W., Kiefer, M. & Bukach, C. M. (2004) A holistic account of the own-race effect in face recognition: evidence from a cross-cultural study. *Cognition*, 93, B1–9.

Tardif, J., Fiset, D., Zhang, Y., Estéphan, A., Cai, Q., Luo, C., Sun, D., Gosselin, F., & Blais, C. (2017). Culture shapes spatial frequency tuning for face identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43, 294–306.

Tardif, J., Morin-Duchesne, X., Cohan, S., Royer, J., Blais, C., Fiset, D., Duchaine, B., & Gosselin, F. (2019). Use of face information varies systematically from developmental prosopagnosics to super-recognizers. *Psychological Science*, 30(2), 300-308. <https://doi.org/10.1177/0956797618811338>

Thurman, S. M. & Grossman, E. D. (2011) Diagnostic spatial frequencies and human efficiency for discriminating actions. *Attention, Perception and Psychophysics*, 73, 572–580.

Triandis, H. C., Bontempo, R., Villareal, M. J., Asai, M., & Lucca, N. (1988). Individualism and collectivism: Cross-cultural perspectives on self-ingroup relationships. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 323–338.

Triandis, H. C. (1989). The self and social behavior in differing cultural contexts. *Psychological Review*, 96(3), 506–520.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.3.506>

Triandis, H. C. (1993). Collectivism and Individualism as Cultural Syndromes. *Cross-Cultural Research*, 27(3–4), 155–180.

<https://doi.org/10.1177/106939719302700301>

Triandis, H. C., & Gelfand, M. J. (1998). Converging measurement of horizontal and vertical individualism and collectivism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74 (1), 118–128. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.74.1.118>

Turatto, M., Facoetti, A., Serra, G., Benso, F., Angi, M., Umiltà, C., Mascetti, G. G. (1999) Visuospatial attention in myopia. *Cognitive Brain Research*, 8 (3), 369-372, [https://doi.org/10.1016/S0926-6410\(99\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0926-6410(99)00025-7).

van Rijsbergen, N. J. & Schyns, P. G. (2009) Dynamics of Trimming the Content of Face Representations for Categorization in the Brain. *PLoS Comput Biol*, 5, e1000561.

Varnum, M. E. W., Grossmann, I., Kitayama, S., & Nisbett, R. E. (2010). The origin of cultural differences in cognition: Evidence for the social orientation hypothesis. *Curr Dir Psychol Sci*, 19, 9–13.

Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2003). Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions. *Nature neuroscience*, 6 (6), 624–631. <https://doi.org/10.1038/nn1057>

Walker, P. M. & Hewstone, M. (2006) A perceptual discrimination investigation of the own-race effect and intergroup experience. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 461–475.

Wang, X., Yi, H., Lu, L., et al. (2015) Population Prevalence of Need for Spectacles and Spectacle Ownership Among Urban Migrant Children in Eastern

China. JAMA Ophthalmol, 133(12):1399–1406.
doi:10.1001/jamaophthalmol.2015.3513

Wang, X. & Tang, X. (2009) Face photo-sketch synthesis and recognition. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions*, 31, 1955–1967.

Wang, H., He, X., & Legge, G. E. (2014). Effect of pattern complexity on the visual span for Chinese and alphabet characters. *J. Vis.* 14:6. doi: 10.1167/14.8.6

Wang, H., & Legge, G. E. (2018). Comparing the minimum spatial-frequency content for recognizing Chinese and alphabet characters. *J. Vis.* 18:1. doi: 10.1167/18.1.1

Watson, A. B. & Pelli, D. G. (1983) Quest: A Bayesian adaptive psychometric method. *Perception and psychophysics*, 33, 113–120.

White, M. J., & White, G. B. (2006). Implicit and explicit occupational gender stereotypes. *Sex Roles: A Journal of Research*, 55(3-4), 259–266.

<https://doi.org/10.1007/s11199-006-9078-z>

Willenbockel, V., Fiset, D., Chauvin, A., Blais, C., Arguin, M., Tanaka, J. W., Bub, D. N., & Gosselin, F. (2010a). Does face inversion change spatial frequency tuning? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 36(1), 122–135. <https://doi.org/10.1037/a0016465>

Willenbockel, V. Sadr, J. Fiset, D. Horne, G. Gosselin, F. Tanaka, J. (2010b). Controlling low-level image properties: The SHINE toolbox. *Behavior Research Methods*, 42, 671–684. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.3.671>

Willenbockel, V., Lepore, F., Nguyen, K. D., Bouthillier, A. & Gosselin, F. (2012) Spatial frequency tuning during the conscious and non-conscious perception of

emotional facial expressions - an intracranial erp study. *Frontiers in Psychology*, 3, 1–12.

Willenbockel, V., Bacon, B., Lepore, F. & Gosselin, F. (2013) The informational correlates of conscious and non-conscious face-gender perception. *Journal of Vision*, 13, 1–14.

Witkin, H. A. et al. (1954) Personality through perception: an experimental and clinical study. (Harper).

Wolfe, J. M., Kluender, K. R., & Levi, D. M. (2009). The First Steps in Vision: From Light to Neural Signals. In *Sensation & Perception*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

Wright, D. B. & Sladden, B. (2003) An own sex bias and the importance of hair in face recognition. *Acta Psychologica*, 114, 101–114.

Xiong, S., Sankaridurg, P., Naduvilath, T., Zang, J., Zou, H., Zhu, J., Lv, M., He, X., & Xu, X. (2017). Time spent in outdoor activities in relation to myopia prevention and control: a meta-analysis and systematic review. *Acta ophthalmologica*, 95(6), 551–566. <https://doi.org/10.1111/aos.13403>

Yang, M., Luensmann, D., Fonn, D. et al. (2018) Myopia prevalence in Canadian school children: a pilot study. *Eye*, 32, 1042–1047 .
<https://doi.org/10.1038/s41433-018-0015-5>

Zhou, J., Gotch, C., Zhou, Y., & Liu, Z. (2008). Perceiving an object in its context—is the context cultural or perceptual? *Journal of Vision*, 8, 2. doi: <https://doi.org/10.1167/8.12.2>