



HAL
open science

Le côté méconnu des visages émotionnels : perception des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue

Henri Lenoir

► **To cite this version:**

Henri Lenoir. Le côté méconnu des visages émotionnels : perception des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue. Traitement des images [eess.IV]. Université Paris Cité, 2023. Français. NNT : 2023UNIP7107 . tel-04586072

HAL Id: tel-04586072

<https://theses.hal.science/tel-04586072v1>

Submitted on 24 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ PARIS CITÉ

École Doctorale 261

« Cognition, Comportements, Conduites Humaines »

Laboratoire Maladie d'Alzheimer, UPR 4468

Le côté méconnu des visages émotionnels :

Perception des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue

Thèse présentée par **Henri LENOIR**

Réalisée sous la direction du **Professeur Éric SIÉROFF**

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat, spécialité Psychologie

Soutenue publiquement le 14 juin 2023

Composition du jury :

BAUDOIN, Jean-Yves, PR, Université Lyon 2 (Rapporteur)

BOUCART, Muriel, DR, Université Lille 2 (Examinatrice)

GIL, Sandrine, PR, Université de Poitiers (Rapportrice)

NARME, Pauline, MCF, Université Paris Cité (Examinatrice)

SIÉROFF, Éric, PR, Université Paris Cité (Directeur de thèse)

Remerciements

Je remercie le Pr Eric Siéroff d'avoir encadré mes recherches depuis maintenant sept ans. Au fil de nos échanges vous m'avez enseigné la précision et la richesse de la pensée, de la méthode et du discours scientifique. Sur le plan humain comme sur le plan scientifique, vous avez été pour moi un mentor académique d'une valeur inestimable.

Je remercie les membres du jury, le Pr Jean-Yves Baudouin, le Dr Muriel Boucart, le Pr Sandrine Gil et le Dr Pauline Narme, d'avoir accepté d'évaluer ma thèse.

Je remercie le Dr Gabriel Arnold de m'avoir permis d'utiliser la base de données vidéo qu'il a constituée. Je le remercie également pour sa disponibilité à toutes mes questions.

Je remercie le Dr Dorin Feteanu et le Dr Magali Guichardon de m'avoir permis de mener des recherches au sein du Centre d'Evaluation Gériatrique Ambulatoire. J'ai aimé travailler à l'Hôpital Paul Brousse et garde un excellent souvenir de tous ceux que j'ai croisés là-bas.

Je remercie tous ceux, notamment mes patients, qui ont accepté de donner gratuitement leur temps et leur attention en participant à mes expériences. Sans eux, aucun résultat n'était possible.

Je remercie tous les étudiants de l'Institut de Psychologie qui m'ont assisté dans la création et la passation des expériences : Chani Attelann, Dounia Belkaid, Romane Coqué, Caroline David, Emilie Demonceaux, Armelle Froutguen, Floriane Picton, Mohmed Surtee et Manon Valette.

Je remercie mes amis de l'école doctorale, le Dr Angélique Lebert, le Dr Charlotte Mennetrey et Charlotte Jouny, qui ont égayé mon temps à l'Institut, et m'ont conseillé maintes fois dans l'accomplissement des tâches administratives qu'un doctorat impose.

Je remercie mes parents, mes beaux-parents, et les autres membres de ma famille qui m'ont soutenu sans cesse. Leur confiance m'est précieuse.

Enfin, je remercie mon épouse Sabine qui a su persévérer avec moi durant toutes ces années et m'encourager à chaque instant. Je lui dédie ma thèse.

Résumé

Titre : Le côté méconnu des visages émotionnels : Perception des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue

Les expressions faciales émotionnelles jouent un rôle important dans l'interaction sociale en facilitant la communication non verbale d'un état émotionnel. Elles sont reconnues dans la vie courante selon différents angles de vue, et pas seulement de face. Or, les différents angles de vue n'offrent pas les mêmes précisions sur les expressions. Nous avons donc mesuré les performances, vitesse de réponse et taux d'erreurs, de participants qui devaient identifier le plus rapidement possible des expressions faciales émotionnelles selon l'angle : de face, de trois-quarts ou de profil. La vue de profil a donné des temps de réponse plus lents avec des images statiques, mais pas avec des vidéos, ce qui indique que la nature dynamique des expressions, décelée sur les vidéos, peut compenser une moins bonne visibilité de profil. Les performances étaient généralement meilleures avec les angles de trois-quarts, et, ce, indépendamment du nombre d'angles utilisés dans une expérience, ce qui peut s'expliquer par le fait que les vues de trois-quarts offrent le plus d'informations sur les expressions. Un effet de positivité, c'est-à-dire le fait qu'une émotion positive comme la joie est reconnue plus rapidement qu'une émotion négative comme la colère, a été retrouvé de face et de trois-quarts droit, alors qu'un effet de négativité (effet inverse) a été retrouvé de trois-quarts gauche. Le fait que le type d'angle affecte l'effet de positivité est difficilement explicable par un biais cognitif en faveur des émotions positives, mais plutôt par une plus grande saillance des différentes émotions selon l'angle. Les effets d'angles affectant les vues de trois-quarts gauche et droit, pourraient s'expliquer par des différences hémisphériques selon la valence émotionnelle : avec un avantage des vues de droite pour la joie en lien avec une supériorité de l'hémisphère gauche, et, inversement, un avantage des vues de gauche pour la colère en lien avec une supériorité de l'hémisphère droit. Toutefois, cette asymétrie des trois-quarts disparaissait en inversant les images horizontalement. De plus, elle n'était jamais observée pour la peur. Plutôt, ces asymétries pourraient dépendre, au moins partiellement, d'une asymétrie motrice dans l'expression faciale seulement pour certaines émotions. Dans une expérience chez des personnes âgées contrôles ou souffrant de maladie d'Alzheimer, l'avantage des émotions positives n'a également été retrouvé que pour certains angles de vue, ce qui est en défaveur d'une hypothèse socio-émotionnelle de l'avantage positif lié à l'âge. Quant aux performances altérées pour la peur, parfois évoquées dans la maladie d'Alzheimer, elles n'ont ici été retrouvées que pour les vues de face, ce qui amplifie un phénomène déjà retrouvé chez les adultes âgés contrôles et les adultes jeunes. Ces effets d'angles seraient vraisemblablement liés à des effets perceptifs traduisant une difficulté à extraire les caractéristiques importantes pour reconnaître certaines émotions lors de différents angles visuels. Cette difficulté « angulaire » dépendrait du type d'émotion, et donc peut-être de la localisation des traits caractéristiques de chaque émotion, et elle augmenterait avec l'âge, dû à un déclin perceptif. Enfin, une expérience avec des visages portant un masque a montré que l'identification des expressions faciales était plus difficile lors du port d'un masque, surtout pour les personnes âgées, et surtout de profil. Au total, nos résultats suggèrent que l'utilisation d'angles de vue dans les expériences de perception des expressions faciales émotionnelles a non seulement un intérêt écologique, mais aussi théorique et méthodologique.

Mots clés : Expressions faciales émotionnelles, angles de vue, face, trois-quarts, profil, positivité, valence émotionnelle, asymétrie, vieillissement, port du masque

Summary

Title: The lesser-known side of emotional faces: Perceiving emotional facial expressions from different viewpoints

Emotional facial expressions play an important role in social interaction by facilitating nonverbal communication of an emotional state. They are recognized in everyday life from different viewpoints, and not just from full face views. However, different viewpoints do not offer the same information on expressions. We therefore measured the performance, response speed and error rate, of participants who had to identify emotional facial expressions as quickly as possible from different viewpoints: full face, three-quarters, or profile. Profile views gave slower response times with static images, but not with videos, indicating that the dynamic nature of the expressions seen in the videos may compensate for poorer profile visibility. Performance was generally better with three-quarter views, regardless of the number of viewpoints used in an experiment, which may be because three-quarter views provide the most information on expressions. A positivity effect, i.e. the fact that a positive emotion such as happiness is recognized more quickly than a negative emotion such as anger, was found from full face and right three-quarter views, whereas a negativity effect (opposite effect) was found from left three-quarter views. The fact that the viewpoint affects the positivity effect is difficult to explain by a cognitive bias in favour of positive emotions, but rather by a greater saliency of the different emotions depending on the viewpoint. The viewpoint effects affecting left and right three-quarter views could be explained by hemispheric differences according to emotional valence: an advantage of right views for happiness linked to a left-hemisphere superiority, and, conversely, an advantage of left views for anger linked to a right-hemisphere superiority. However, this three-quarter asymmetry disappeared by reversing the images horizontally. Moreover, it was never observed for fear. Rather, these asymmetries may depend, at least partially, on motor asymmetry in facial expression only for certain emotions. In an experiment with older controls or patients suffering from Alzheimer's disease, the advantage of positive emotions was also only found for certain viewpoints, which is against a socio-emotional hypothesis of a positive age-related advantage. As for altered performance for fear, sometimes mentioned in Alzheimer's disease, it was found here only for full face views, which amplifies a phenomenon already found in older control adults and younger adults. These viewpoint effects might be linked to perceptual effects reflecting a difficulty in extracting the important characteristics necessary to recognize certain emotions from different viewpoints. This "angular" difficulty would depend on the type of emotion, and therefore perhaps on the location of the characteristic traits of each emotion, and it would increase with age, due to a perceptual decline. Finally, an experiment with models wearing facemasks showed that identifying facial expressions was more difficult when wearing a facemask, especially for older people, and especially in profile. Altogether, our results suggest that the use of viewpoints in emotional facial expression perception experiments is not only advantageous ecologically, but also from a theoretical and methodological standpoint.

Keywords: Emotional facial expressions, viewpoints, full-face, three-quarter, profile, positivity, emotional valence, asymmetry, ageing, facemask

Table des matières

Remerciements.....	1
Résumé.....	2
Summary	3
Table des matières	4
Liste des figures	7
Liste des tableaux.....	10
INTRODUCTION GÉNÉRALE	12
PARTIE THEORIQUE	15
Chapitre 1 : Les différentes expressions faciales émotionnelles.....	16
1.1 Introduction.....	16
1.2 Les précurseurs : Duchenne de Boulogne et Darwin	17
1.3 Le Facial Expression Program et les « Emotions de base ».....	19
1.4 Critiques du Facial Expression Program	26
1.5 Conclusion	29
Chapitre 2 : Visages et angles de vue	30
2.1 Introduction.....	30
2.2 Vues « canoniques » et vues « minimales »	31
2.2.1 Vues « canoniques ».....	32
2.2.2 Vues « minimales ».....	37
2.3 Biais pour les angles de vue gauches	39
2.4 Conclusion	44
Chapitre 3 : Asymétries des expressions faciales émotionnelles	46
3.1 Introduction.....	46
3.2 Asymétries motrices	47
3.3 Asymétries perceptives	51
3.3.1 Modèle de l'hémisphère droit.....	51
3.3.2 Modèle de la valence émotionnelle	53
3.3.3 Modèle de l'approche/évitement et Modèle BIS/BAS.....	56
3.3.4 Modèles hybrides	58
3.4 Conclusion	61
Chapitre 4 : Expressions faciales émotionnelles et effet de positivité	62
4.1 Introduction.....	62
4.2 Biais de saillance	64
4.3 Biais de positivité	68
4.4 Conclusion	71
Chapitre 5 : Expressions faciales émotionnelles statiques et dynamiques	73
5.1 Introduction.....	73
5.2 Importance de l'information dynamique	74
5.3 Visages dynamiques et valence émotionnelle.....	77

5.4 Conclusion	79
Chapitre 6 : Expressions faciales émotionnelles et angles de vues (revue de la littérature).....	80
6.1 Introduction.....	80
6.2 Tâches de reconnaissance	84
6.3 Tâches de jugement.....	89
6.4 Conclusion	93
PARTIE EXPERIMENTALE	94
Chapitre 7 : Présentation générale.....	95
7.1 Présentation des expériences.....	95
7.2 Présentation des stimulus	98
Chapitre 8 : Effet de profil, effet de trois-quarts et perception des expressions faciales émotionnelles (Expériences 1 à 3)	101
8.1 Introduction.....	101
8.2 Expérience 1 « colère-joie »	104
8.2.1 Méthode	105
8.2.2 Résultats	109
8.3 Expérience 2 « colère-joie statique »	112
8.3.1 Méthode	112
8.3.2 Résultats	113
8.4 Expérience 3 « colère-joie sans profil ».....	116
8.4.1 Méthode	116
8.4.2 Résultats	117
8.5 Discussion.....	120
Chapitre 9 : Effet de positivité et perception des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue (Expériences 4 à 7)	123
9.1 Introduction.....	123
9.2 Expérience 4 « colère-joie miroir »	129
9.2.1 Méthode	129
9.2.2 Résultats	130
9.3 Expérience 5 « colère-sourire »	132
9.3.1 Méthode	132
9.3.2 Résultats	133
9.4 Expérience 6 « peur-joie ».....	136
9.4.1 Méthode	136
9.4.2 Résultats	137
9.5 Expérience 7 « colère-joie intensité »	140
9.5.1 Méthode	141
9.5.2 Résultats	142
9.6 Discussion.....	143
Chapitre 10 : Perception d'expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue dans le vieillissement normal ou pathologique (Expérience 8)	147
10.1 Introduction.....	147
10.2 Méthode.....	151

10.2.1 Participants	151
10.2.2 Matériel et procédure.....	152
10.3 Résultats.....	154
10.4 Discussion.....	159
Chapitre 11 : Le port du masque affecte l'identification des expressions faciales émotionnelles, surtout chez les personnes âgées, et surtout de profil (Expérience 9)	162
11.1 Introduction.....	162
11.2 Méthode.....	165
11.2.1 Participants	165
11.2.2 Matériel et procédure.....	166
11.3 Résultats.....	169
11.4 Discussion.....	174
<i>DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSION</i>	178
Chapitre 12 : Expressions faciales émotionnelles et angles de vue, discussion générale	179
12.1 Effet de profil et effet de trois-quarts	179
12.2 Effet de positivité.....	182
12.3 Asymétries gauche-droite	185
12.4 Intérêt méthodologique.....	187
Conclusion et perspectives	189
Références	191
LISTE DES ÉLÉMENTS SOUS DROITS	212

Liste des figures

Figure 1 : Exemples de photographies prises par Duchenne montrant des expressions faciales induites par un courant électrique à travers une sonde. Source, Duchenne (1862).	18
Figure 2 : Hommes de Nouvelle Guinée exprimant la joie (1), la tristesse (2), la colère (3) et le dégoût (4).....	22
Figure 3 : Représentation schématique du modèle circumplexe ; exemples d'états émotionnels en fonction des dimensions de valence (axe horizontal) et d'excitation (axe vertical). D'après Colibazzi et al. (2010).	28
Figure 4 : Performance en fonction de l'angle de vue. A) Condition vue identique entre apprentissage et test B) Condition vue différente entre apprentissage et test (ligne solide : vue apprentissage, ligne pointillée : vue test). Source : Van der Linde et Watson (2010).....	36
Figure 5 : Visages entiers originaux et en miroir, et visages composites droits et gauches. D'après Gilbert et Bakan (1973).....	41
Figure 6 : Organisation des voies visuelles. Les traits du visage visibles dans le champ visuel gauche sont projetés à l'hémisphère cérébral droit. D'après Purves et al. (2018).....	43
Figure 7 : Exemples de visages schématiques (à gauche) et naturels (à droite) exprimant la joie ou la colère utilisés dans des expériences de détection. Source : Horstmann et Bauland (2006).	65
Figure 8 : Figures schématiques représentant (de gauche à droite) joie, neutre et tristesse. Source : Leppänen et Hietanen (2004).	71
Figure 9 : Comparaison de la joie et de la colère, et de leurs unités d'actions caractéristiques selon différents angles de vue (de haut en bas : 0°, 22,5°, 45° et 90°).....	82
Figure 10 : Dispositif d'enregistrement des vidéos comportant caméra, éclairage indirect et fauteuil tournant. Source : Arnold (2011).	99
Figure 11 : Exemples de visages de la base de données (a) exprimant différentes émotions (b) selon différents angles de vue (joie en haut, peur en bas). Source : Arnold (2011).	100
Figure 12 : Appareillage de l'expérience 1 comportant écran, reposoir, et pavé de réponse. Deux touches sont ici surlignées en couleur pour plus de visibilité, mais lors de l'expérience un autocollant "joie" et un "colère" étaient posés sur ces deux touches.	106

Figure 13 : Taille des visages à l'écran lors de l'expérience 1. Reproduit à l'échelle, degrés d'angle visuel pour une distance de 57 cm des yeux.....	107
Figure 14 : Déroulé d'un essai de l'expérience 1.	108
Figure 15 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 1.....	110
Figure 16 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 1.....	111
Figure 17 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 2.....	114
Figure 18 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 2.....	115
Figure 19 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 3.....	118
Figure 20 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 3.....	119
Figure 21 : Effet de positivité selon l'angle tel que prédit par un biais de saillance (a), par un biais de valence émotionnel (b) ou par un biais cognitif de positivité (c).	125
Figure 22 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 4.....	131
Figure 23 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 5.....	134
Figure 24 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et sourire) pour l'expérience 5.	135
Figure 25 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (peur et joie) pour l'expérience 6.....	138
Figure 26 : Taux d'erreurs (%) selon l'angle de vue et l'émotion (peur et joie) pour l'expérience 6.	140
Figure 27 : Jugement d'intensité (1 à 5) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 7.	143
Figure 28 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère, joie, peur et surprise) pour l'expérience 8.	156
Figure 29 : Taux d'erreurs (%) selon l'angle de vue et l'émotion (colère, joie, peur et surprise) pour l'expérience 8.	158
Figure 30 : Temps de réponse (ms) des personnes âgées souffrant de maladie d'Alzheimer (MA) ou contrôles pour les émotions positives (pos. joie et surprise) ou négatives (nég. colère et peur), selon l'angle de vue (expérience 8).	161
Figure 31 : Exemple de modèle, masqué ou non, stimulus de l'expérience 9.	166

Figure 32 : Dispositifs montrés aux participants de l'expérience 9 : présentation du stimulus, et réponse du participant.....	168
Figure 33 : Taux de réponses correctes des personnes jeunes et âgées pour les visages non-masqués (gris) et masqués (bleu) de l'expérience 9 – les barres d'erreur représentent l'écart-type.....	170
Figure 34 : Taux de réponses correctes des personnes jeunes et âgées pour les visages non-masqués (gris) et masqués (bleu) pour chaque émotion de l'expérience 9 – * indique une différence significative entre personnes jeunes et âgées.....	172
Figure 35 : Taux de réponses correctes de l'expérience 9 pour les visages non-masqués et masqués selon l'angle de vue.....	173
Figure 36 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue (gauche et droite confondus) pour les expériences 1, 2, 4, 5, et, 6. (C : colère, J : joie, S : sourire, P : peur). * indique une différence significative au test de comparaison planifié des profils par rapport aux autres angles de vue.....	180
Figure 37 : Effet de positivité ou de négativité (= négatif - positif en ms) selon l'angle de vue (gauche et droite confondus) pour les expériences 1 à 6. (C : colère, J : joie, S : sourire, P : peur).	182
Figure 38 : Asymétrie gauche/droite (= gauche - droite en ms) selon l'angle de vue (gauche et droite confondus) pour les expériences 1 à 6 (de bas en haut, par expérience, 90°, 45° et 22,5°). * indique une différence significative aux tests post-hoc par angle de vue ** indique une différence significative aux tests de comparaison planifiée par expérience.....	186
Figure 39 : Temps de réponse (ms) des personnes âgées souffrant de maladie d'Alzheimer (MA) ou contrôles pour les émotions positives (pos. joie et surprise) ou négatives (nég. colère et peur), A) seulement de face - les barres d'erreur représentent l'erreur-type. B) selon l'angle de vue (expérience 8).	188

Liste des tableaux

Tableau 1 : Unités d'action caractéristiques de la joie, la tristesse, la colère et la peur. D'après Kohler et al. (2004).	25
Tableau 2 : Angle de rotation entre vue cible et vue d'apprentissage pour une expérience de comparaison séquentielle utilisant aléatoirement des angles de vue de face, de trois-quarts et de profil.	35
Tableau 3 : Revue de la littérature pour les tâches de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue (TdP : Temps de présentation, G : Gauche, D : Droite, TR : temps de réponse, BR : taux de bonnes réponses).	87
Tableau 4 : Revue de la littérature pour les tâches de jugement des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue (TdP : Temps de présentation, G : Gauche, D : Droite).	91
Tableau 5 : Nombre de participants et type de matériel utilisé pour chacune des neuf expériences de ce travail (M : moyenne ; F : femmes ; H : hommes ; MA : souffrant de maladie d'Alzheimer).	97
Tableau 6 : Âges et scores au MMS et HADS des participants de l'expérience 8 (Anx. : anxiété ; Dép. : dépression). Un score au MMS en-dessous de 26 est généralement considéré anormal (Kalafat et al., 2003). Un score au HADS au-dessus de 7 signale une symptomatologie possible.	152
Tableau 7 : Matrice de confusion des cinq réponses possibles (colonne de gauche), entre personnes jeunes et âgées (expérience 9).....	171

« Ce que nous observons n'est pas la nature elle-même, mais la nature exposée à
notre méthode de questionnement »

Heisenberg, 1958

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans les rues de Paris du dix-neuvième siècle, un officier de police traquait les criminels, non pas muni d'un pistolet, d'une matraque ou de menottes, mais d'un appareil photographique. Frustré par l'impossibilité d'identifier les récidivistes, qui changeaient habilement de nom à chaque arrestation, Alphonse Bertillon créa un système d'archives qui fit de Sherlock Homes seulement le deuxième plus grand détective d'Europe¹. La pièce maîtresse de ce système ? Des photographies des criminels de face et de profil. Grâce à cette documentation, il était devenu aisé de repérer les récidivistes (Kaluszynski, 2011).

Depuis l'époque de Bertillon, la psychologie a largement étudié l'importance des différents angles de vue (face, trois-quarts, profil, et toutes les vues intermédiaires) dans la reconnaissance des visages (Van der Linde & Watson, 2010). Cependant le visage lui-même n'est pas seulement le vecteur de l'identité d'une personne, il est aussi un moyen de communiquer visuellement son état émotionnel par le biais des expressions faciales. Or, il y a aujourd'hui un manque d'études examinant l'importance des angles de vue sur la perception des expressions faciales émotionnelles. Le changement d'angle de vue n'affecte-t-il pas la capacité à reconnaître une expression faciale émotionnelle ? L'utilisation des angles de vues dans une expérience mesurant la perception des expressions faciales émotionnelles n'a-t-elle pas d'intérêt pour aborder des questions théoriques ? L'objectif de ce travail est de répondre à ces deux questions.

¹ Doyle, 1902, *Le chien des Baskerville*, Chapitre 1.

La partie théorique de notre travail est composée de six chapitres. Dans le **premier chapitre**, nous avons défini plus précisément ce que nous entendons par expression faciale émotionnelle, et avons justifié l'utilisation d'émotions discrètes comme la joie ou la colère dans les tâches que nous avons montées pour la partie expérimentale de ce travail. Dans le **deuxième chapitre**, nous avons présenté les principaux points de discussions de la recherche sur la reconnaissance des visages selon différents angles de vue, points qui peuvent aussi informer la recherche sur la perception des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue. Comme les angles de vue, autres que la face, montrent plus un côté du visage que l'autre, un effet d'asymétrie gauche/droite dans la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles pourrait être amplifié pour ces angles de vue. Dans le **troisième chapitre** nous présentons donc l'état de la recherche sur l'asymétrie droite/gauche dans la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles qui peut être due à une asymétrie motrice lors de l'expression, ou à une asymétrie perceptive lors de la reconnaissance. Les performances de reconnaissance pourraient aussi être différentes pour chaque émotion exprimée, selon l'angle de vue, ce qui pourrait affecter l'effet connu de positivité qui décrit un avantage pour la reconnaissance des émotions positives plutôt que négatives. Dans le **quatrième chapitre** nous présentons cet effet de positivité et les hypothèses qui ont été proposées pour l'expliquer, notamment l'hypothèse de biais de saillance et l'hypothèse de biais de positivité. Les expressions faciales n'existent pas seulement de façon statique, mais sont exprimées, et souvent perçues, de façon dynamique. Les stimulus dynamiques apportent une information spatio-temporelle supplémentaire, mais sont souvent plus difficiles à contrôler. Le **cinquième chapitre** examine la différence entre l'utilisation de stimulus statiques ou dynamiques dans la construction de tâches de perception des expressions faciales émotionnelles. Enfin, dans le **sixième chapitre**, nous avons fait une revue de la littérature de toutes les études qui, à notre

connaissance, ont proposé une tâche de perception d'expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue, et examiné quels résultats ont déjà été rapportés.

Notre partie expérimentale est introduite par le **septième chapitre** qui offre une vue d'ensemble des expériences que nous avons menées et décrit les stimulus utilisés dans notre travail. Le **huitième chapitre** regroupe trois expériences que nous avons menées afin de mieux comprendre l'effet de l'angle de vue sur la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. Le **neuvième chapitre** regroupe quatre expériences qui adressent plus particulièrement l'effet de positivité selon différents angles de vue. Le **dixième chapitre**, qui présente une expérience de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles menée chez des personnes âgées en bonne santé ou souffrant de la maladie d'Alzheimer, et le **onzième chapitre**, qui présente une expérience menée sur l'impact du port du masque, chez des personnes jeunes ou âgées, sur la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, permettent d'illustrer l'intérêt d'incorporer différents angles de vue dans ce type de recherche. Enfin, le **douzième chapitre** fait une synthèse de tous nos résultats en présentant l'impact des angles de vue sur la reconnaissance des expressions faciales, mais aussi en présentant comment l'utilisation de différents angles de vue nous a permis d'apporter de nouveaux arguments aux discussions théoriques entourant la perception des expressions faciales émotionnelles, comme l'effet de positivité et l'asymétrie droite-gauche.

PARTIE THEORIQUE

Chapitre 1 : Les différentes expressions faciales

émotionnelles

1.1 Introduction

La vision est l'un des sens qui nous permettent de percevoir le monde qui nous entoure. Grâce à la transformation du signal lumineux en message nerveux dans l'œil, notre cerveau reçoit en permanence des informations sur les caractéristiques des objets qui nous entourent. Le visage est l'un de ces objets, et la capacité à décoder les caractéristiques d'un visage est essentiel dans nos interactions sociales. En effet, le traitement visuel d'un visage permet d'extraire un ensemble d'informations utiles aux interactions sociales. Bruce et Young (1986) ont proposé un modèle qui postule, après l'analyse visuelle primaire du visage, une séparation du traitement en deux réseaux, un pour les traits invariants, qui permettent l'identification d'un visage, et l'autre pour les traits variables qui permettent une forme de communication à travers le mouvement des muscles faciaux : les expressions faciales.

Les expressions faciales permettent la communication d'un état intérieur, ou état émotionnel. Izard (1997) a proposé une définition de l'émotion comme le système motivationnel primaire du comportement, divisé en systèmes distincts (les différentes émotions). L'activation de ces systèmes serait liée à la génération des différents affects ressentis. Il est généralement accepté qu'émotion et expressions faciales sont intimement liées (Benson, 1967 ; Rosenberg & Ekman, 1994). L'expression faciale serait donc le reflet visible de l'état émotionnel d'un individu. A noter cependant que si les expressions faciales sont souvent spontanées (involontaires), elles peuvent également être feintes (volontairement). Quoi qu'il en soit, reflet authentique ou feint d'un état émotionnel, il est indéniable que le

mouvement des traits du visage, par exemple des sourcils ou des lèvres, peut avoir une valeur de signal émotionnel, on parle alors d'expression faciale émotionnelle.

Puisque l'expression faciale émotionnelle peut communiquer un état émotionnel, la question se pose de savoir si cette communication est innée ou acquise. Pour les tenants du *Facial Expression Program* et leurs précurseurs, parmi lesquels les figures principales sont Duchenne de Boulogne et Darwin, l'expression et la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, ou en tout cas d'un nombre défini d'émotions « de base », sont avant tout innées et universelles. Pour d'autres, elles sont surtout culturelles et dépendantes du contexte.

1.2 Les précurseurs : Duchenne de Boulogne et Darwin

Influencé par la pensée créationniste, Duchenne a postulé que l'expression et la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles est à la fois innée et universelle : « Ce langage de la physionomie une fois créé, il lui a suffi [le créateur], pour le rendre universel et immuable, de donner à tout être humain la faculté instinctive d'exprimer toujours ses sentiments par la contraction des mêmes muscles. » (Duchenne, 1862, *Mécanisme de la physionomie humaine*, Chapitre 2, pg. 31). Or, si l'expression faciale émotionnelle obéit à des lois universelles, il serait intéressant d'en chercher les règles. Duchenne a donc utilisé une technique d'électrophysiologie qui consiste à activer la contraction d'un ou plusieurs muscles choisis, à l'aide de courants électriques produits par des sondes posées sur le visage (figure 1). En étudiant toutes les expressions faciales produites par la contraction d'un muscle facial ou par diverses combinaisons de deux muscles faciaux ou plus, il a conclu en l'existence de seize expressions faciales émotionnelles « primordiales ». Les autres expressions

émotionnelles seraient une combinaison de plusieurs expressions faciales émotionnelles primordiales (Duchenne, 1862, *Mécanisme de la physionomie humaine*, Chapitre 4.).

Élément sous droit, diffusion non autorisée

Figure 1 : Exemples de photographies prises par Duchenne montrant des expressions faciales induites par un courant électrique à travers une sonde. Source, Duchenne (1862).

Darwin prit connaissance des travaux de Duchenne, et même s'il fut très élogieux de ses découvertes, il contesta la pensée créationniste de Duchenne dans son ouvrage *The expression of the emotions in man and animal* (1872). Souvent considéré comme l'ouvrage princeps de l'étude des expressions faciales émotionnelles, cet ouvrage s'est appuyé entre autres sur les travaux de Bell (1802) et de Duchenne (1862). Darwin a accepté l'idée d'expressions faciales émotionnelles primordiales proposée par Duchenne, ainsi que la nature universelle de ces expressions faciales émotionnelles, mais qui serait issue « d'une origine naturelle et indépendante » (Darwin, 1872, *The expression of the emotions in man and animal*,

chapitre 14, pg. 356). De plus, la capacité d'expression émotionnelle serait transmise depuis des générations, tandis que la capacité de reconnaissance serait acquise à l'enfance, mais la démonstration scientifique de ces propos est basée sur l'observation de quelques cas isolés.

La première contribution majeure de Darwin (voir Russel & Fernandez-Dols, 1997) fut la considération d'expressions faciales émotionnelles chez d'autres espèces, comme les primates, ce qui contrastait fortement avec la vision dominante de l'époque et qui permit d'imaginer une étude naturaliste des expressions faciales émotionnelles. Sa seconde contribution majeure fut une méthode de recherche qui consiste à demander à des participants quel affect émotionnel est communiqué par une expression faciale émotionnelle présentée, et de déduire, par les réponses de ces participants, que telle émotion provoque telle expression faciale émotionnelle. Cette méthode a été la méthode de choix des tenants du *Facial Expression Program*.

1.3 Le Facial Expression Program et les « Emotions de base »

Duchenne et Darwin ont partagé l'intuition que parmi les différentes expressions faciales émotionnelles, certaines seraient universelles, c'est-à-dire l'intuition d'un nombre limité d'émotions de « base » inscrites dans la nature humaine et donc exprimées et reconnues par tous. Par opposition, les autres expressions faciales émotionnelles seraient un mélange de ces émotions de base, assemblage déterminé par l'expérience de chacun, et plus largement, par acquis social.

La recherche des émotions de base a produit dans un premier temps l'effet contraire lorsque l'on s'est rendu compte de la variabilité avec laquelle chaque culture exprime les

émotions, même celles considérées comme émotions primaires, dans des circonstances similaires. Klineberg (1938) a rapporté « l'abondante effusion de larmes par les Andaman Insulaires et Maoris de Nouvelle-Zélande lorsque des amis se retrouvent après une absence » (pg. 517), le « sourire avec lequel le japonais répond à la réprimande de son supérieur, ou qui accompagne l'annonce du décès de son fils préféré » (pg. 517). Mais surtout Klineberg a noté la différence dans les descriptions d'expressions faciales émotionnelles, et de leur signification, entre la littérature chinoise, et la littérature occidentale. A travers ces exemples, et bien d'autres anecdotes de différences entre cultures dans les expressions faciales émotionnelles, Klineberg (1938), LaBarre (1947) et Birdwhistell (1963) ont plaidé contre la possibilité d'émotions de base. « Ce qui se voit sur le visage y est inscrit par la culture » attribue-t-on à Klineberg². « Il n'y a probablement pas de symbole universel d'un état émotionnel » a écrit Birdwhistell (1963 - pg. 126).

Ekman et Friesen (Ekman *et al.*, 1969 ; Ekman & Friesen 1971) ont opposé la vision d'acquisition purement culturelle. En effet, en postulant que les expressions faciales sont innées et universelles (du moins les émotions de base), Ekman et Friesen se sont référés spécifiquement au rapport entre un état émotionnel, ou affect, et les mouvements musculaires produits sur le visage, associés à cet affect. Or, jusqu'à ce moment, les descriptions dans la littérature scientifique (Birdwhistell, 1963 ; Klineberg, 1938 ; LaBarre, 1947) avaient étudié le rapport, non pas entre un affect et un mouvement facial, mais entre une situation sociale et

² A noter que d'après Ekman (1970), Klineberg se serait défendu de cet axiome qui serait une maladroite simplification de ses conclusions.

un mouvement facial, en présupposant qu'une situation sociale identique provoquerait un affect identique. Or, a argumenté Ekman, il est tout à fait possible que le lien entre situation sociale et affect ressenti soit dépendant de la culture. Ekman (1970) a pris l'exemple de funérailles : si certaines cultures y expriment une grimace et d'autres un sourire, il ne faut pas nécessairement conclure que le rapport entre affect et expressions faciales diffère d'une culture à l'autre, car il est possible que les funérailles évoquent la douleur dans les premières cultures, et que, dans les secondes cultures, à travers certaines normes et acquis culturels, les funérailles suscitent certains sentiments de joie. Aussi les observations de Klineberg (1938), LaBarre (1947) et Birdwhistell (1963) ne réfutent pas la possibilité d'émotions de base, et dans la recherche de ces émotions de base, Ekman et Friesen se sont tournés vers une nouvelle méthodologie.

Utilisant un raisonnement similaire à celui qu'avait utilisé Darwin, Ekman et Friesen (Ekman *et al.*, 1969 ; Ekman, 1970) ont rassemblé 30 images de visages exprimant des expressions faciales émotionnelles. Les images furent sélectionnées afin de refléter uniquement, d'après les auteurs, la joie, la peur, le dégoût, la colère, la surprise ou la tristesse. Ces images ont ensuite été montrées à des étudiants du Brésil, des États-Unis d'Amérique, d'Argentine, du Chili, et du Japon, en leur demandant d'associer chaque image à une liste verbale contenant chacune de ces émotions, traduite dans leur langue d'origine. La majorité des participants de chaque culture firent les mêmes associations qu'avaient prédites les auteurs (Ekman *et al.*, 1969 ; Ekman, 1970). Cependant, une critique de ces résultats est la possibilité que les individus de ces différentes cultures aient des acquis sociaux communs, à cause d'échanges géographiques et à travers l'exposition à des media communs, notamment l'industrie cinématographique. Ekman et Friesen (1971) se sont donc appliqués à reproduire ces résultats avec des individus qui n'avaient eu aucun contact avec la civilisation

occidentale : des membres d'un groupe culturel isolé de Nouvelle Guinée. Dans leur expérience, les membres de ce groupe ont fait les mêmes associations entre images et affect que les membres des cultures précédemment testées. Dans une seconde expérience, les auteurs ont demandé aux membres du groupe culturel de Nouvelle Guinée d'exprimer chacune de ces émotions (figure 2). Des photographies de ces expressions faciales émotionnelles furent ensuite montrées à des étudiants américains qui ont reconnu avec précision chacune des émotions.

Élément sous droit, diffusion non autorisée

Figure 2 : Hommes de Nouvelle Guinée exprimant la joie (1), la tristesse (2), la colère (3) et le dégoût (4).³

Les études d'Ekman et Friesen sont généralement créditées comme démontrant l'existence de six émotions de base. Pourtant Ekman a nié que les expressions faciales

³ Images trouvées sur le site Paul Ekman Group (<https://www.paulekman.com/resources/universal-facial-expressions/> consulté le 12/03/2022)

émotionnelles reconnues universellement se limitent nécessairement à ces six (Ekman *et al.*, 1971). Simplement, ce sont les seules émotions qui aient été systématiquement montrées comme étant universelles, à la fois par Ekman⁴ que par Izard, qui utilisa ses propres images (1991), et par Tomkins (1962) et Plutchik (1962, 1980) sur des bases théoriques, notamment pour élaborer un modèle de la personnalité (Tomkins, 1962). Les études d'Ekman et Friesen ont surtout montré l'existence d'expressions faciales émotionnelles reconnues comme exprimant un affect identique à travers toutes les cultures, ce qu'Ekman a appelé les éléments « pan-culturels » (Ekman *et al.*, 1969).

Ekman, Friesen, Izard, Tomkins et Plutchnik sont à l'origine d'une littérature abondante qui, prise dans son ensemble, est connue sous le nom de « *Facial Expression Program*⁵ ». Les conclusions des tenants du *Facial Expression Program* peuvent être résumées en quelques points clés (Russel & Fernandez-Dols, 1997) : les expressions faciales émotionnelles révèlent l'émotion intérieure, et inversement, la manipulation des muscles du visage dans la configuration correcte peut générer le sentiment de l'émotion correspondante. Il existe un petit nombre d'émotions de base universelles (généralement six : joie, peur, dégoût, colère, surprise et tristesse), et chacune est associée à une expression faciale émotionnelle primaire (discrète). D'autres émotions sont une combinaison des émotions de

⁴ Ekman et Friesen rajoutèrent plus tard le mépris à leur liste (1986).

⁵ Les conclusions du *Facial Expression Program* sont parfois aussi appelés *Basic Emotions Theory* (Crivelli & Fridlund, 2019), *Neurocultural Model* (Crivelli & Fridlund, 2019) ou *Affect Program Theory* (Reisenzein *et al.*, 2013).

base, et d'autres expressions faciales émotionnelles sont des combinaisons des expressions faciales émotionnelles primaires.

Puisque le *Facial Expression Program* postule l'existence d'émotions de base reconnues universellement à travers les expressions faciales correspondantes, l'un des corollaires est l'existence de combinaisons de mouvements faciaux discrets qui correspondent à chaque expression faciale émotionnelle. Ekman et Friesen (1978) se sont donc attelés, dans un second temps, à définir les mouvements faciaux qui produisent une expression émotionnelle de base, et, en combinaison, des expressions émotionnelles plus complexes. Plutôt que d'identifier les muscles impliqués, Ekman et Friesen ont créé un système recensant tous les traits visibles (tension, plissement ou relaxation d'une zone faciale particulière), parce qu'il leur était difficile d'identifier l'action d'un muscle seulement en observant les mouvements du visage. Ainsi, bien que fondée sur le même principe théorique, leur méthode se distingue de celle de Duchenne qui a utilisé l'électrophysiologie. Pour catégoriser ces traits visibles, qu'ils ont appelés *Action Units*, ou « Unités d'Action », ils ont recensé tous les mouvements visibles sur le visage ne pouvant être détectés que de façon binaire, c'est-à-dire présent ou non. Ainsi le sourire, qui peut être produit de différentes manières, n'est pas une unité d'action, mais composé de plusieurs unités : joues levées, lèvre supérieure levée, coins des lèvres étirées, lèvres écartées, etc. Les unités d'actions ont été nommées de façon descriptive en évitant volontairement toute référence à une émotion, mais de nombreuses études subséquentes se sont attelées à définir quelles unités d'actions étaient liées à quelles émotions (voir par exemple tableau 1). Ekman et Friesen ont nommé leur système *Facial Action Coding System* ou *FACS* (Ekman & Friesen, 1978 ; Ekman *et al.*, 2002). D'autres systèmes de classification des mouvements faciaux produisant des expressions émotionnelles

existent, comme celles utilisant des méthodes informatisées ou l'électrophysiologie (Cross *et al.*, 2022), mais le *Facial Action Coding System* demeure souvent utilisé et référencé.

Tableau 1 : Unités d'action caractéristiques de la joie, la tristesse, la colère et la peur.

D'après Kohler *et al.* (2004).

Emotion	Unité d'Action	Muscle facial
Joie	6. Joux levées	Orbiculaire de l'œil - portion orbitaire
	12. Coins des lèvres étirés	Grand zygomatique
Tristesse	17. Menton levé	Mentonnier
Colère	9. Nez retroussé	Elévateur de l'aile du nez
	16. Lèvre inférieure abaissée	Abaisseur de la lèvre inférieure
Peur	2. Sourcils extérieurs levés	Frontal, part latérale

Au total, le *Facial Expression Program* propose un système universel de classification des expressions faciales émotionnelles, et de classification des mouvements du visage qui se combinent pour créer ces expressions. Une conséquence d'accepter l'idée d'un système universel est d'accepter l'idée que si un participant attribue une émotion différente de celle que l'on attendait lorsqu'on lui présente une expression faciale émotionnelles, cette attribution soit alors qualifiée d'erreur. Nous avons utilisé cette même approche dans nos propres travaux, mais il est à noter que certains auteurs, présentés dans la partie suivante, se sont opposés aux méthodes et aux conclusions du *Facial Expression Program*.

1.4 Critiques du Facial Expression Program

Deux piliers des théories du *Facial Expression Program* ont été particulièrement critiqués depuis la large diffusion des idées d'Ekman. Le lien direct entre émotion et expression faciale émotionnelle est mis à mal par l'absence fréquente d'expressions faciales émotionnelles, ou du moins leur diversité, dans des situations où les participants rapportent pourtant avoir ressenti une émotion particulière (Duran *et al.*, 2021). Cette absence d'expression faciale a été montrée dans un contexte de laboratoire, par exemple en montrant des vidéos émotionnelles à des participants dont on filme le visage (Reisenzein *et al.*, 2013), mais aussi dans des contextes écologiques, par exemple en filmant des passagers à la recherche d'un bagage perdu dans un aéroport, ou des athlètes olympiques recevant leur médaille (Fernandez-Dols & Crivelli, 2013). Les auteurs de ces travaux (Fernandez-Dols & Crivelli, 2013 ; Reisenzein, *et al.*, 2013), ont ainsi mis l'accent sur l'importance des expressions faciales émotionnelles, non seulement comme une manifestation d'un état affectif intérieur, mais comme un moyen « de s'ajuster à, et agir sur, des objets extérieurs, et d'influencer l'appréciation qu'auraient d'autres [personnes] de ces objets » (Parkinson, 2013, pg. 97). En d'autres termes, l'activité d'expression faciale émotionnelle dépend en large partie du contexte, et le lien entre émotion intérieure et expression faciale est beaucoup plus indirecte que ne laisse à l'entendre le *Facial Expression Program*.

L'autre aspect du *Facial Expression Program* souvent critiqué est l'universalité supposée de l'expression et la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, au moins pour les émotions de base. Dans une revue de 39 recherches auprès de populations d'origine variées utilisant la méthode d'Ekman - c'est-à-dire la présentation de différentes expressions faciales émotionnelles avec une tâche de réponse à choix forcé multiple - Nelson

et Russel (2013) ont noté une haute précision seulement pour la joie (90%). Pour les émotions négatives, les participants occidentaux avaient les plus hauts scores (71%) suivi des non-occidentaux lettrés (57%) et des non-occidentaux illettrés (39%). Bien qu'au-dessus du niveau de la chance, ces scores sont bien plus bas que ce que prédit le *Facial Expression Program*, et surtout varient en fonction de la localisation géographique, et du niveau de langage. De plus, selon Nelson et Russel (2013), l'utilisation de réponses à choix forcé augmente artificiellement le taux de bonnes réponses, surtout pour des cultures non-occidentales qui pourraient classer les émotions autrement, c'est-à-dire selon des catégories non signalées dans les choix possibles.

Des critiques méthodologiques ont aussi été formulées à l'encontre du *Facial Expression Program* (Crivelli & Fridlund, 2019) : la première est d'avoir déterminé la liste des émotions de base *a priori* et d'avoir ensuite validé cette liste auprès de cultures non-occidentales, plutôt que d'effectuer une recherche explorative des catégorisations des émotions de base chez des cultures non-occidentales. Une deuxième critique est l'utilisation d'auto-rapport chez les participants pour déterminer l'émotion ressentie. Enfin, une troisième critique est l'utilisation d'expressions « posées » par les modèles, c'est-à-dire réalisées sur commande, plutôt que l'utilisation d'expressions spontanées. Concernant cette dernière critique, des travaux récents ont montré que les taux de reconnaissance peuvent être similaires entre expressions posées et spontanées (Sauter & Fischer, 2018), mais comment définir une expression faciale spontanée, et comment créer des images ou vidéos montrant des expressions réellement spontanées demeurent des questions ouvertes.

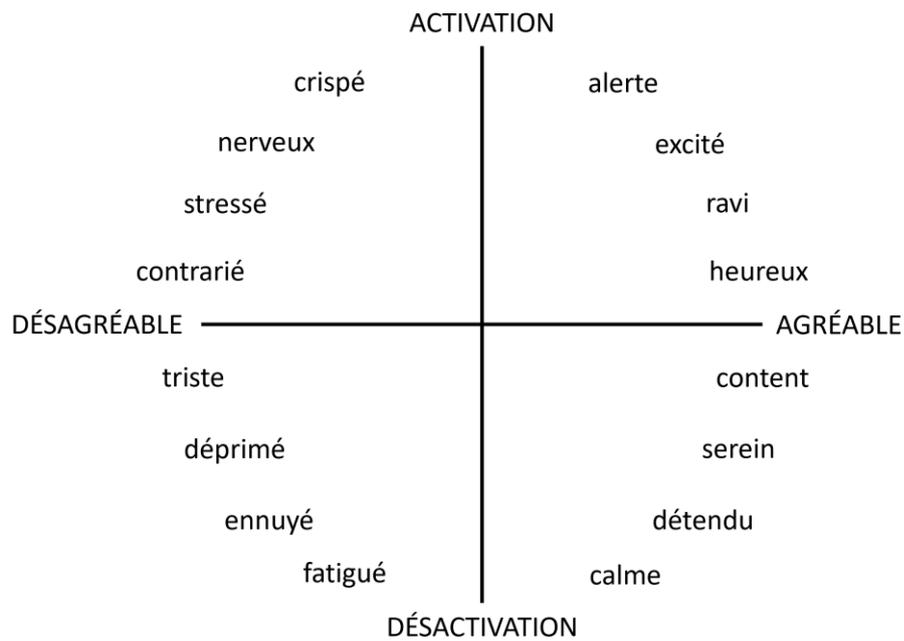


Figure 3 : Représentation schématique du modèle circomplexe ; exemples d'états émotionnels en fonction des dimensions de valence (axe horizontal) et d'excitation (axe vertical). D'après Colibazzi et al. (2010).

Le modèle circomplexe des émotions (Posner *et al.*, 2005 ; Russel, 1980) prend le contre-pied du *Facial Expression Program* en proposant, non pas des émotions discrètes et indépendantes, mais une multitude d'états distribués selon deux dimensions : valence et excitation (figure 3). La valence définit l'émotion par rapport à sa qualité hédonique, positive (agréable) ou négative (désagréable). Ainsi la tristesse, la peur, le dégoût, et la colère sont souvent considérés comme des émotions négatives, tandis que la surprise et la joie sont considérées positives. A noter cependant que le degré d'association entre ces émotions et leur valence varie entre différentes cultures : par exemple la colère a tendance à être perçue plus positivement et la surprise plus négativement par des participants d'Asie de l'Est comparés à

des participants Nord-Américains (An *et al.*, 2017). L'excitation (« *arousal* ») est définie par la mesure dans laquelle l'organisme est activé – autrement dit, par l'importance que l'organisme attache au stimulus ayant provoqué l'émotion (Lang *et al.*, 1997). Enfin, certains auteurs sont allés plus loin que le modèle circomplexe. Cowen et Keltner (2017), par exemple, conservent la notion de gradient entre les émotions, mais proposent 27 différentes dimensions (amusement, horreur, nostalgie, fierté, romance, triomphe, *etc.*) pour organiser les descriptions sémantiques d'états émotionnels.

1.5 Conclusion

Le *Facial Expression Program* a marqué un essor dans les travaux sur les expressions faciales émotionnelles. Si la vision des expressions faciales émotionnelles comme étant innée et universelle a longtemps été acceptée de façon quasi-dogmatique, des travaux plus récents ont insisté sur l'importance aussi de la culture et du contexte (Crivelli & Fridlund, 2019). En dépit de cela, le *Facial Expression Program* demeure un mouvement théorique influent sur notre compréhension actuelle de l'expression et la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles grâce à sa valeur heuristique : le *Facial Expression Program* génère des hypothèses testables, et permet de mettre en place des méthodologies simples. Les conclusions de ce programme sous-tendent largement l'ensemble des travaux que nous présenterons au long de cette thèse. Ainsi, nous utiliserons la notion d'expressions faciales émotionnelles discrètes comme « joie » ou « colère ». Nous utiliserons aussi la notion de « traits » du visage, par laquelle nous entendrons chacun des déplacements du visage qui forment ensemble une expression faciale, semblablement aux unités d'action d'Ekman et Friesen (1978).

Chapitre 2 : Visages et angles de vue

2.1 Introduction

Avant d'étudier les différences d'angles de vue pour les expressions faciales émotionnelles, il est important d'étudier les différences d'angles de vue pour les traits invariants du visage, car le visage est le canevas de ces expressions. Ces traits invariants jouent un rôle particulièrement important pour l'identification des visages (Bruce & Young, 1986), et différents types d'expériences mesurant des performances d'identification ont été menées pour étudier l'effet des angles de vue dans le traitement des visages. La tâche de reconnaissance consiste à faire apprendre à des participants des images de visages cibles (phase d'apprentissage), puis de mesurer leurs performances lorsqu'il est ultérieurement demandé à ces participants de reconnaître ces visages cibles parmi d'autres visages distrayeurs (phase de reconnaissance) (Krouse, 1981). En utilisant une tâche de reconnaissance, les visages peuvent être présentés de différents angles de vue lors de la phase d'apprentissage, lors de la phase de reconnaissance, ou lors des deux (Liu & Chaudhuri, 2002). Une autre tâche, utilisant des visages présentés selon différents angles de vue, est la comparaison séquentielle (*sequential matching*). Elle consiste à demander aux participants si deux visages présentés consécutivement étaient identiques ou non (Troje & Bühlhoff, 1996). Une variante de ce type d'expérience consiste à présenter aux participants le visage d'un personnage célèbre, et de leur demander s'il correspond, ou non, au nom de personnage célèbre présenté juste avant, ou juste après (Yamamoto *et al.*, 2005).

Ces différentes expériences ont permis de mettre en avant plusieurs résultats qui illustrent une influence des angles de vue sur la reconnaissance des visages : un avantage pour

les vues de trois-quarts, peut-être à cause de leur qualité de vues « canoniques », et un désavantage pour les vues de profil qui seraient des vues moins informatives, ou « minimales ». Un biais en faveur d'angles de vue gauches a aussi été rapporté.

2.2 Vues « canoniques » et vues « minimales »

Un avantage pour les performances à une tâche de reconnaissance des visages de trois-quarts, et un désavantage de profil, a été rapporté dans des études qui varient les angles de vue seulement pour la phase test (Patterson & Baddeley, 1977) ou à la fois pour la phase d'apprentissage et la phase test (Krouse, 1981). Dans ce second cas, l'angle de vue peut être congruent à l'apprentissage (même angle d'apprentissage et de test), ou incongruent (angle différent). Même si l'effet de congruence était important dans l'étude de Krouse (1981), il est ressorti un avantage pour les cibles présentées de trois-quarts (61% de reconnaissance correcte) plutôt que de face (55%). Cet effet de l'angle de vue a aussi été retrouvé dans une étude utilisant des modèles en chair et en os pour la phase d'apprentissage (Logie *et al.*, 1987). Des participants étaient invités à participer à une tâche sans rapport avec le but de l'expérience. Lors de cette tâche, un modèle rentrait dans la salle d'expérimentation et demandait aux participants si une voiture (fictive) bloquant l'entrée d'un parking leur appartenait. En faisant cela, le modèle était attentif à exposer son visage de face, de profil et de trois-quarts. Une heure après cette interruption, les expérimentateurs demandèrent aux participants de reconnaître l'intrus parmi les photos de plusieurs distracteurs. Les photos des modèles à reconnaître était de face, de trois-quarts ou de profil selon les participants. Les résultats montrent un avantage significatif pour les trois-quarts par rapport aux profils, mais pas de différence significative entre la vue de face et les deux autres. Parfois, l'effet de l'angle

de vue est obtenu pour la phase d'apprentissage, pas la phase test. Troje et Bühlhoff (1996), par exemple, ont mené une expérience de comparaison séquentielle dans laquelle l'image du visage d'un modèle (des images 3D créées par scanner laser) était présentée quelques centaines de millisecondes selon l'un de cinq angles de vue : 0° ; $22,2^\circ$; 45° ; $67,5^\circ$; ou 90° , suivie d'une autre image de visage, là aussi pendant quelques centaines de millisecondes et selon l'un des cinq angles de vue. Il était demandé aux participants d'indiquer si le second modèle était identique au premier ou non. Les auteurs ne trouvèrent un effet de l'angle de vue que pour la vue d'apprentissage. La vue d'apprentissage avec la meilleure performance était toujours entre $22,5^\circ$ et $67,5^\circ$ tandis que le profil causait toujours la moins bonne performance.

Globalement, ces quatre études soutiennent l'idée que les vues de trois-quarts sont des vues favorables à la reconnaissance des visages, et que les vues de profil sont, au contraire, des vues défavorables.

2.2.1 Vues « canoniques »

En parallèle aux études qui ont montré que les vues de trois-quarts mènent aux meilleures performances de reconnaissances de visages, la notion de « vue canonique » a été développée pour la reconnaissance d'objets visuels. Dans une étude (Palmer *et al.*, 1981), les participants ont ordonné, lors d'une première expérience, des photographies d'objets selon leurs angles préférés (devant, de côté, pardessus, derrière, ainsi que des angles intermédiaires de 45°). Dans une deuxième expérience, les participants devaient former une image mentale d'un objet qui était nommé, et décrire l'image. Dans une troisième expérience les participants devaient photographier un objet réel selon l'angle qui leur plaisait le plus. Les résultats étaient similaires pour les trois expériences, et ont montré que, indépendamment de la tâche, les participants ont privilégié systématiquement une vue intermédiaire, ou vue de trois-quarts.

Dans une quatrième expérience, les participants devaient nommer le plus rapidement possible ces mêmes objets présentés selon plusieurs angles. Les temps de réponse les plus courts étaient corrélés avec les vues intermédiaires. Ces résultats soutiennent la notion de vue canonique que Blanz *et al.* (1999) définissent de plusieurs manières :

- Un angle de vue évalué comme le « meilleur » par des participants
- L'angle de vue initialement imaginé lors d'une tâche d'imagerie visuelle
- L'angle de vue subjectivement choisi comme le « meilleur » pour une photo
- L'angle de vue produisant les temps de réponse les plus rapides et les taux d'erreurs les plus faibles lors de tâches de reconnaissance ou de dénomination
- L'angle de vue inspecté durant la plus longue période lors d'une tâche d'exploration libre

Étant donné les études mentionnées plus haut (Krouse, 1981 ; Logie *et al.*, 1987 ; Patterson & Baddeley, 1977 ; Troje & Bühlhoff, 1996) qui montrent de meilleures performances de reconnaissance pour les visages vus de trois quarts, les études qui montrent que des participants choisissent la vue de trois-quarts comme la meilleure à mettre dans une brochure (Blanz *et al.*, 1999) ou encore la constatation que la vue de trois-quarts est souvent privilégiée dans les portraits depuis la Renaissance (Baddeley & Woodhead, 1983), la vue de trois-quarts peut être considérée comme une vue canonique pour les visages (Bruce *et al.*, 1987). Une explication de la considération de la vue de trois-quarts comme vue canonique est que cette vue apporte plus d'informations visuelles que les autres vues, de face ou de profil, qui ne donnent que des indications partielles des traits du visage (Logie *et al.*, 1987). Les informations perçues sur une vue de trois-quarts permettent également de mieux construire une représentation mentale en trois dimensions, c'est-à-dire indépendante de l'angle de vue de présentation, puisque la vue de trois-quarts offre des indices de profondeur que n'offre ni

la vue de face, ni la vue de profil (Bruce, *et al.*, 1987). Même selon un processus de représentation dépendant de l'angle (« *view-dependant* »), la vue de trois-quarts pourrait bénéficier simultanément des traitements spécifiques aux représentations de face et ceux spécifiques aux traitements de profil. Perrett et ses collègues (Perrett *et al.*, 1985 ; Perrett *et al.*, 1991), utilisant l'enregistrement individuel de neurones dans le cortex temporal de macaques, ont suggéré qu'il y avait deux processus distincts pour la représentation des visages, l'un basé sur la détection des visages de face, l'autre des visages de profil. Ainsi, les vues de trois-quarts pourraient bénéficier d'une telle organisation en activant simultanément ces deux processus (Bruce *et al.*, 1987 ; Valentin *et al.*, 1997). Il a aussi été trouvé que certains neurones seraient activés spécifiquement par les vues de trois-quarts (De Souza *et al.*, 2005), mais cela ne contredit pas que les vues de trois-quarts puissent également activer des neurones préférentiellement spécialisés pour les vues de face ou les vues de profil, et donc tirer bénéfice de ces activations multiples.

La notion que la vue de trois-quarts serait une vue canonique pour la reconnaissance des visages n'est cependant pas soutenue par tous. Liu et Chaudhuri (2002), dans une revue de littérature sur cette question, montrent que si un effet de trois-quarts a été mis en évidence d'une manière ou d'une autre dans plusieurs études, cet effet a été difficile à répliquer dans un nombre égale d'autres études. Pour les tâches de reconnaissance, puisque les angles de vue diffèrent entre la phase d'apprentissage et la phase de reconnaissance, Liu et Chadhuri suggèrent que l'effet de trois-quarts pourrait être uniquement dû à un effet de rotation. En effet, si la vue d'apprentissage est de face, et la vue de reconnaissance de profil, il s'agit d'une rotation de 90°, alors que si, pour la même vue d'apprentissage de face, la vue de reconnaissance est de trois-quarts, il ne s'agit plus que d'une rotation de 45°. Cela vaut également pour les tâches de comparaison séquentielle. Imaginons par exemple une

expérience qui mélange aléatoirement des vues de face, de trois-quarts et de profil pour l'image d'apprentissage et l'image test. En moyenne, les vues tests de trois-quarts seront les vues tests qui nécessiteront le moins de rotation par rapport à la vue d'apprentissage (Tableau 2). Selon cet argument, l'effet de trois-quarts pourrait être dû en partie, ou en totalité, à cette réduction de rotation, plutôt qu'à l'existence d'une vue canonique.

Tableau 2 : Angle de rotation entre vue cible et vue d'apprentissage pour une expérience de comparaison séquentielle utilisant aléatoirement des angles de vue de face, de trois-quarts et de profil.

		Vue test		
		Face	Trois-quarts	Profil
Vue d'apprentissage	Face	0°	45°	90°
	Trois-quarts	45°	0°	45°
	Profil	90°	45°	0°
Moyenne		45°	30°	45°

Cette critique selon laquelle l'effet de trois-quarts est dû à une rotation moindre n'est cependant valide que dans le cas d'expériences qui utilisent deux phases, comme la tâche de reconnaissance ou la tâche de comparaison séquentielle, et qui effectuent une rotation entre ces deux phases. D'autres expériences ont montré un avantage pour les trois-quarts en dehors de ces conditions. Par exemple, Valentin *et al.* (1997) ont proposé une tâche de reconnaissance, et leurs participants avaient une meilleure précision pour les visages test de trois-quarts, même en ne regardant que les performances pour les visages tests appariés avec des visages d'apprentissage du même angle de vue (résultats répliqués par O'Toole *et al.*, 1998). Mais une autre étude de comparaison séquentielle, qui a comparé spécifiquement une condition où toutes les vues tests étaient d'un angle de vue identique à la vue d'apprentissage

et une autre où toutes les vues étaient d'un angle de vue différent de la vue d'apprentissage, a montré qu'un effet de trois-quarts était obtenu dans la condition vue différente, et une courbe en V inversé dans la condition vue identique (figure 4) (Van der Linde & Watson, 2010). Ainsi l'effet de trois-quarts n'a été obtenu que lorsqu'il y avait rotation entre vue d'apprentissage et vue test, comme prédit par l'argument de Liu et Chadhuri (2002 – voir aussi tableau 2).

Élément sous droit, diffusion non autorisée

Figure 4 : Performance en fonction de l'angle de vue. A) Condition vue identique entre apprentissage et test B) Condition vue différente entre apprentissage et test (ligne solide : vue apprentissage, ligne pointillée : vue test). Source : Van der Linde et Watson (2010).

Il existe une autre critique des démonstrations que la vue de trois-quarts mène aux meilleures performances. En effet, l'avantage du trois-quarts pourrait être dû, non à sa nature canonique, mais à sa position comme vue centrale, en moyenne, des vues testées (« centre de gravité »). Dans une tâche de comparaison séquentielle (Arnold & Siéroff, 2012a), les participants avaient les temps de réponse les plus rapides pour la vue gauche de 45° lorsqu'ils étaient testés sur des vues gauches allant de 60° à 30°, mais avaient les temps de réponse les

plus rapides pour la vue gauche de 30° lorsqu'une vue de face et une vue de 45° droite était rajoutés aux vues testées, suggérant un biais attentionnel centré sur la moyenne des vues testées. Comme l'explication par effet de rotation (Liu & Chaudhuri, 2002), cette explication par vue moyenne interprète l'avantage pour les trois-quarts comme un effet dû aux contraintes méthodologiques expérimentales. Cependant, l'explication par vue moyenne est potentiellement applicable à des situations écologiques, selon la fréquence d'apparition des différents angles de vue dans la réalité quotidienne.

Finalement, la notion que la vue de trois-quarts serait une vue canonique pour la reconnaissance des visages, une notion attractive du point de vue théorique, et qui a reçu un certain appui expérimental, demeure contestée car beaucoup d'études ne trouvent pas de différences entre les performances pour les vues de trois-quarts et les vues de face. En revanche ces études retrouvent presque toutes systématiquement des performances plus basses pour les vues de profil ce qui mène à penser que la vue de profil serait une vue moins informative pour la reconnaissance des visages, c'est-à-dire une vue « minimale ».

2.2.2 Vues « minimales »

Concernant les vues de profil, l'étude de Van der Linde et Watson (2010 – voir figure 4), montre par exemple que les performances les plus basses sont obtenues pour les vues de profil quelles que soient les conditions. Stephan et Caine (2007) ont monté une tâche de reconnaissance dans laquelle les vues d'apprentissage étaient de trois-quarts, et les vues tests de face, de trois-quarts ou de profil. En plus de cela, les images utilisées pouvaient être complètes, ou avoir yeux, nez ou bouche masquées. Pour les visages entiers (non-masqués), il n'y avait pas de différence de performance de reconnaissance entre vue test de trois-quarts

ou de face, mais une baisse significative des performances pour les vues tests de profil par rapport aux vues tests de trois-quarts. Les performances de vue test de trois-quarts et de face étaient similaires, peu importe le type de masquage de la vue d'apprentissage. En revanche, et par rapport aux vues test de trois-quarts, les vues test de profil menaient à de moins bonnes performances si la vue d'apprentissage avait les yeux et/ou le nez masqués, mais légèrement meilleures si la vue d'apprentissage avait la bouche masquée. Ces résultats suggèrent que non seulement le traitement des vues de profil serait globalement moins aisé que le traitement des vues de face ou de trois-quarts, mais en plus ce traitement pourrait s'appuyer sur des indices différents de ceux préférentiellement utilisés dans le traitement des vues de face ou de trois-quarts. Spécifiquement, ces résultats suggèrent que la bouche serait une zone moins importante, et les yeux/nez des zones plus importantes pour la reconnaissance des visages de profil.

Paradoxalement, certaines recherches de reconnaissance faciale par ordinateur ont préféré utiliser des vues de profil plutôt que d'autres vues (Efraty *et al.*, 2010). Loin de contredire l'idée que la vue de profil serait une vue minimale, le choix de la vue de profil est alors justifié par la relative simplicité géométrique du contour du visage, qui reste informative, par rapport à la complexité des traits internes dont le traitement est nécessaire à la reconnaissance de vues de face ou de trois-quarts (Davidenko, 2007), renforçant l'idée d'une nature « minimale » de la vue de profil.

2.3 Biais pour les angles de vue gauches

Jusqu'ici nous n'avons évoqué les vues de face, de trois-quarts ou de profil que comme des entités globales. Or, s'il n'existe qu'une seule vue de face possible, il existe deux vues de trois-quarts, et deux vues de profil possibles : les vues droite et gauche.

Siéroff (2001) a mené une expérience de comparaison séquentielle de visages dans laquelle la phase d'apprentissage comportait neuf vues en succession rapide (du profil droit au profil gauche, en passant par les angles de $67,5^\circ$, 45° , $22,5^\circ$ et face, et inversement), ce qui donnait une impression de mouvement semi-circulaire autour du modèle. Chaque phase d'apprentissage était suivie d'une image test présentée selon l'une des neuf vues. Les vues de trois-quarts gauches menaient à des temps de réponse significativement plus rapides que les vues droites. Yamamoto *et al.* (2005) ont conduit une expérience d'association dans laquelle des visages de personnages célèbres (ex : Ghandi) étaient présentés, précédés ou suivis d'un nom. Les participants devaient indiquer si le visage et le nom étaient congruents ou non. Les visages pouvaient être présentés de trois-quarts gauches ou droits. A noter que la moitié de ces visages étaient des images miroirs des images d'origine (par exemple un trois-quarts gauche original, et donc un trois-quarts droit en miroir), et les auteurs firent attention à ce que le nombre d'images originales et miroirs soit égal entre droite et gauche. Comme Siéroff (2001), Yamamoto *et al.* ont trouvé que les temps de réponse étaient significativement plus rapides pour les visages vus de gauche. Arnold, Bécue et Siéroff (2013) ont conduit une expérience de comparaison séquentielle dans laquelle la phase d'apprentissage était une séquence de vue d'un visage de trois-quarts droit ou gauche (à 30°) faisant un mouvement rotatoire d'amplitude de 30° . La vue test, présentée après chaque séquence, pouvait être une vue de même angle, de face, ou du côté opposé. Leurs résultats ont montré des temps de

réponses significativement plus rapides lorsque la phase d'apprentissage utilisait une séquence de vue de trois-quarts gauche plutôt que droit. En revanche pour le visage test, il n'y avait pas de différence entre les vues droites et gauches (mais plutôt un effet de congruence côté apprentissage/test).

Ces trois études rapportent un effet de performance amélioré pour les angles de vues de trois-quarts gauche par rapport aux angles de vues de trois-quarts droits. Trois hypothèses ont été avancées pour expliquer cet effet : l'hypothèse d'asymétrie faciale, l'hypothèse de spécialisation hémisphérique et l'hypothèse d'expérience perceptive.

L'hypothèse d'asymétrie faciale suggère qu'un côté du visage serait naturellement plus riche en détails informatifs que l'autre côté. Cette hypothèse peut être testée en utilisant la méthode des visages « composites ». Dans cette méthode, les visages sont recréés en utilisant un seul côté du visage, l'autre côté étant l'image miroir. Gilbert et Bakan (1973) ont présenté des visages entiers soit originaux, soit en miroir, ainsi que les deux visages composites associées (figure 5) et ont demandé aux participants quel visage composite ressemblait davantage au visage original (les participants ne sachant pas que ces deux images sont des composites). Les participants qui avaient reçu le visage original ont indiqué le composite droit (59% des choix) et les participants qui avaient reçu le visage en miroir ont indiqué le composite gauche (57% des choix). Ces résultats (répliqués par Bennett *et al.*, 1987) ne sont pas en faveur de l'hypothèse d'asymétrie faciale, car cette hypothèse aurait prédit le choix du composite gauche dans tous les cas (pour être en accord avec l'effet d'angle de vue gauche), mais plutôt en faveur de l'hypothèse de spécialisation hémisphérique.

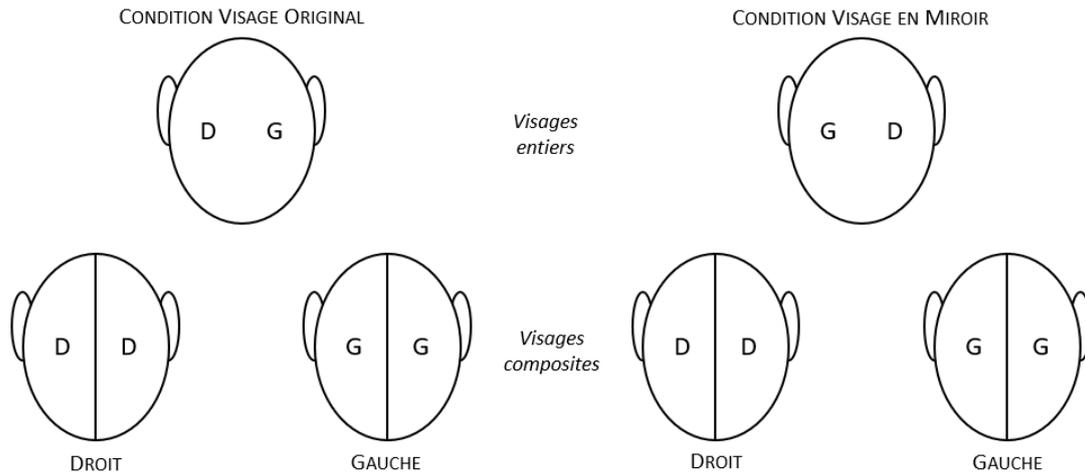


Figure 5 : Visages entiers originaux et en miroir, et visages composites droits et gauches. D'après Gilbert et Bakan (1973).

L'hypothèse de spécialisation hémisphérique postule une spécialisation de l'hémisphère cérébral droit pour le traitement visuospatial des visages (Rhodes, 1985) afin d'expliquer l'effet des angles de vue gauches. L'importance de l'hémisphère droit pour la reconnaissance des visages a d'abord été relevée grâce à l'étude de patients prosopagnosiques (qui ne peuvent pas reconnaître les visages – voir Rossion, 2018). En effet, bien que les cas de prosopagnosies soient souvent observés après des lésions cérébrales bilatérales, il semblerait qu'une lésion droite soit nécessaire et suffisante pour causer ce trouble (Cohen *et al.*, 2019). L'avènement de l'imagerie cérébrale a ensuite permis d'étudier la latéralisation de traitement des visages chez des participants sains, de façon plus contrôlée, confirmant une amplitude plus importante des activations hémisphériques droites que gauches lors du traitement de visages (Rossion & Lochy, 2022). Faisant le lien avec l'effet d'angle de vue, une étude utilisant l'IRMf (Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle) (Kowatari *et al.*, 2004) a montré que la reconnaissance de visages familiers vus en trois-quarts gauches provoque des activations

cérébrales (cortex occipito-pariétal inférieur et gyrus frontal inférieur droits) plus étendues que les visages vus de trois-quarts droits. Mais une autre étude utilisant aussi l'IRMf (Zeng *et al.*, 2022) a montré que si les vues de trois-quarts gauches et droits menaient à des activations latéralisées similaires, mais en miroir, dans le cortex strié (cortex visuel primaire), en revanche les trois-quarts gauches menaient à une plus grande amplitude d'activation dans le cortex extrastrié gauche. Les résultats de Zeng *et al.*, et de Kowatari *et al.* semblent opposés, mais ne le sont pas nécessairement ; ils peuvent indiquer que l'avantage pour les angles de vue gauches advient à la fois dans la phase précoce du traitement des visages de façon ipsilatérale (Zeng *et al.*, 2022) et dans la phase tardive de façon controlatérale (Kowatari *et al.*, 2004).

Les études de visages chimériques chez des participants sains comme celles présentées plus hauts (Bennett *et al.*, 1987 ; Gilbert & Bakan, 1973) ont apporté un autre argument en faveur de l'hypothèse de spécialisation hémisphérique. En effet, comme nous l'avons vu, les participants semblent privilégier le côté du visage qui est dans leur champ visuel gauche, en dépit de s'il s'agit du côté gauche ou droit du visage du modèle. Lorsque le visage est vu de côté, cet effet serait particulièrement saillant puisque tous les traits importants pour la reconnaissance du visage sont rassemblés dans un champ visuel ou l'autre (figure 6). Évidemment un participant peut parcourir le visage des yeux, mais une étude de mesure des mouvements oculaires a montré que, indépendamment de l'angle de vue, les participants ont tendance à fixer le centre géométrique des visages, au moins initialement (Bindemann *et al.*, 2009).

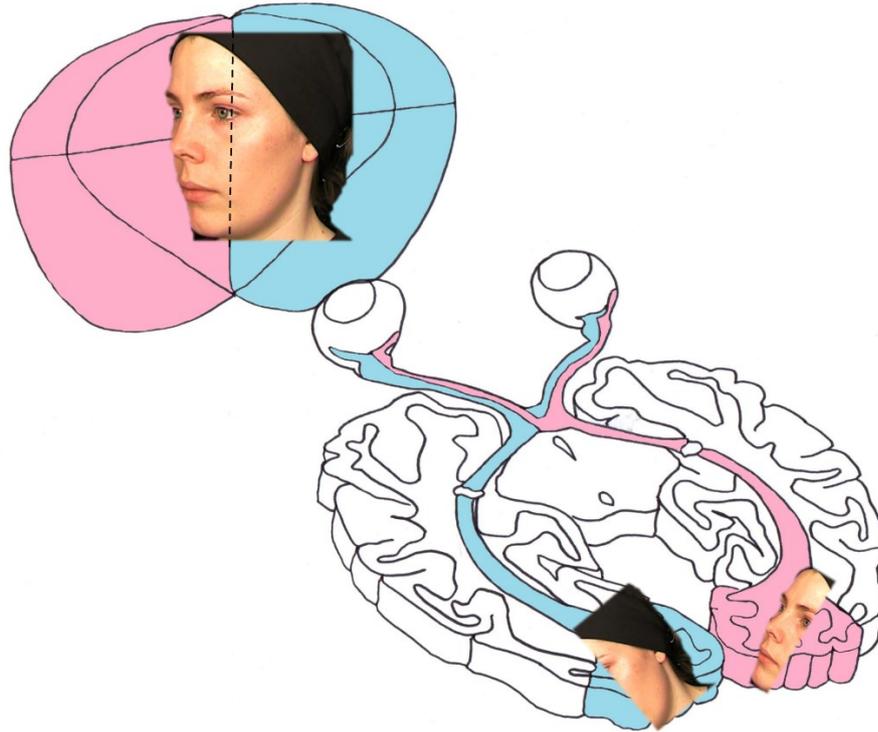


Figure 6 : Organisation des voies visuelles. Les traits du visage visibles dans le champ visuel gauche sont projetés à l'hémisphère cérébral droit. D'après Purves et al. (2018).

La troisième hypothèse pour expliquer l'effet d'angle de vue gauche est l'hypothèse d'expérience perceptive qui postule que les vues gauches sont plus courantes dans la vie de tous les jours que les vues droites. Par exemple, les piétons ont tendance à se croiser par la droite (Moussaïd *et al.*, 2009) et les mères à porter leurs nourrissons à gauche (Malatesta *et al.*, 2020 ; Vauclair & Donnot, 2005), ce qui, dans les deux cas, mène à une exposition du côté gauche du visage. En ce sens, il existe des données qui montrent que le côté gauche du visage est considéré plus attractif/plus canonique (Park *et al.*, 2020) et que la préférence pour un côté ou l'autre d'un objet peut être culturelle (Nittono *et al.*, 2020). L'hypothèse

d'expérience perceptive et l'hypothèse de spécialisation hémisphérique pourraient cohabiter, mais l'étude d'Arnold, Bécue et Siéroff (2013) apporte un argument contre l'hypothèse d'expérience perceptive et en faveur de l'hypothèse de spécialisation hémisphérique. Dans leur étude, l'effet d'angle de vue gauche est retrouvé indépendamment de l'angle de vue test. Or d'après les auteurs, l'hypothèse d'expérience perceptive ne prédit un effet que pour des vues tests identiques, car l'effet d'apprentissage perceptif ne devrait pas se transférer à des vues nouvelles ayant d'autres angles. En revanche si l'hémisphère droit a un rôle particulier pour l'élaboration d'une représentation mentale qui permet à la fois la reconnaissance de vues identiques et de vues nouvelles, alors le résultat d'effet d'angle de vue gauche indépendant de l'angle de vue test n'est pas surprenant.

2.4 Conclusion

D'une part les recherches sur les effets d'angle de vue dans la reconnaissance des visages ont mis en évidence un effet de trois-quarts : performances plus élevées pour la reconnaissance des visages vus de trois-quarts que pour les autres vues. Cet effet peut être dû à la nature « canonique » de l'angle de vue de trois-quarts, ou peut-être tout simplement aux contraintes expérimentales. Inversement, la vue de profil produit les performances de reconnaissance les plus basses, sans doute par son caractère de vue « minimale ».

D'autre part il existe peu d'études qui s'intéressent aux différences droite/gauche, mais celles qui ont été menées s'accordent à trouver un effet de performances améliorées pour les angles de vue gauche, notamment pour les vues de trois-quarts. Cet effet semble s'expliquer par l'hypothèse de spécialisation hémisphérique : l'hémisphère droit est particulièrement impliqué dans le traitement des visages. De façon fascinante, cela était peut-être déjà connu

de longue date aux peintres, au moins inconsciemment, puisqu'en examinant 1474 portraits du quatorzième au vingtième siècle, McManus et Humphrey (1973) ont découvert qu'environ 60% exposaient davantage le côté gauche.

Ces effets d'angle de vue ont aussi été étudiés pour la perception des expressions faciales émotionnelles, et font l'objet de notre revue de la littérature (chapitre 6). Cependant, ces effets d'angle de vue peuvent également être expliqués, au moins en partie, par des effets d'asymétrie, de valence, et de mouvement qui sont propres aux expressions faciales émotionnelles, et discutés plus en détail dans les chapitres 3, 4, et 5 respectivement.

Chapitre 3 : Asymétries des expressions faciales

émotionnelles

3.1 Introduction

Nous l'avons vu dans le chapitre 1, les émotions s'expriment sur le visage au travers d'expressions faciales émotionnelles, c'est-à-dire des mouvements du visage. Comme le reste de l'extérieur du corps humain, le visage possède globalement une symétrie axiale bilatérale : une partie droite et une partie gauche, images miroir l'une de l'autre. Les expressions faciales émotionnelles possèdent aussi une symétrie axiale : souriez de joie et vos deux joues se lèvent, froncez les yeux en colère et vos deux sourcils s'abaissent, faites une moue de dégoût, et vos lèvres s'étirent vers le bas, des deux côtés... Or, comme le reste du corps humain (Corballis, 2012), malgré cette symétrie structurelle apparente, une asymétrie fonctionnelle dans les expressions faciales émotionnelles a été notée et a donné lieu à un champ de recherche sur la latéralisation des expressions faciales émotionnelles. Darwin a noté l'exposition d'une seule canine dans des expressions de « grondement » qu'il a associé à des émotions de rage ou de mépris. Il a aussi noté que « certaines personnes sourient plus d'un côté du visage que de l'autre » mais avoua ne pas avoir de bonne explication pour ce phénomène (1872, *The expression of the emotions in man and animal*, chapitre 10, pg. 251). Des études subséquentes se sont attachées à rapprocher cette asymétrie motrice à une asymétrie hémisphérique cérébrale dans le traitement des émotions (Lindell, 2018). À côté de l'asymétrie motrice, une asymétrie dans la manière dont les expressions faciales émotionnelles sont perçues a aussi été décrite. Cette asymétrie a pu se développer comme une adaptation à l'asymétrie motrice, ou être aussi un reflet d'une asymétrie hémisphérique cérébrale dans le traitement des émotions.

Plusieurs modèles théoriques plus ou moins contradictoires ont émergé afin d'expliquer les résultats obtenus pour l'asymétrie dans la perception des expressions faciales émotionnelles.

3.2 Asymétries motrices

Deux méthodes ont été principalement utilisées pour démontrer les asymétries motrices dans les expressions faciales émotionnelles. La première consiste à demander à des participants d'évaluer l'intensité relative des côtés droits et gauches de visages exprimant une émotion. La seconde à utiliser des critères prédéfinis et des algorithmes pour effectuer une évaluation automatique jugée plus « objective ».

Utilisant la première méthode, Borod *et al.* (1988a) ont demandé à des participants de dire si des visages représentant l'une de huit émotions étaient symétriques, plus intenses à gauche, ou plus intenses à droite. Sans que les participants le sachent, certains visages avaient été retournés (présentés en miroir) tel que le côté gauche du modèle paraisse être son côté droit sur l'image retournée, afin de contrôler un éventuel biais perceptif chez les participants. Malgré cette précaution, 81% des expressions faciales émotionnelles furent jugées comme plus intenses du côté gauche du modèle, sans effet de l'inversion en miroir ou d'interaction avec le type d'émotion exprimée. Des visages composites (figure 5) ont aussi été utilisés dans le but d'éviter l'effet d'un biais perceptif chez les participants. Dans une revue de sept études utilisant des visages composites, six rapportèrent une intensité émotionnelle plus forte pour les visages composites gauche-gauche que pour les visages composites droite-droite (Borod *et al.*, 2001). Une revue de 49 expériences de jugement d'intensité (Borod *et al.*, 1997) a montré dans l'ensemble une intensité plus forte des expressions faciales émotionnelles du côté gauche du modèle. Les auteurs notent toutefois que si cette asymétrie est retrouvée à la fois

pour les émotions à connotation positive et celles à connotation négative, l'asymétrie est plus marquée pour les émotions à connotation négative. En demandant à des participants de quel côté la bouche était plus ouverte sur des images prises à partir de babillages spontanés de nourrissons de 5 à 12 mois enregistrés sur vidéo, Holowka et Petitto (2002) ont montré que le côté gauche du visage s'ouvre davantage pour les sourires dès cinq mois d'âge. Nagy (2012) n'a pas retrouvé ce résultat lorsqu'elle a demandé à des participants d'évaluer l'intensité de visages chimériques de nourrissons et d'enfants, mais une critique de sa méthode est d'avoir utilisé des images d'un site de concours de beauté, qui sont beaucoup plus posés comparés aux expressions spontanées capturées par Holowka et Petitto (Lindell, 2018). Au total, ces expériences indiquent une asymétrie de l'intensité d'expression, plus forte du côté gauche, et ce même chez les nourrissons. Cette asymétrie est retrouvée à la fois pour les émotions positives et négatives, mais serait plus significative pour les émotions négatives.

Malgré le haut degré de concordance dans l'ensemble de la recherche d'évaluation de l'asymétrie d'intensité dans l'expression faciale émotionnelle (Borod *et al.*, 1997), une critique possible de ces résultats est la dépendance au jugement des participants pour l'asymétrie. Une première tentative pour obtenir une mesure plus objective a été l'utilisation de l'électromyographie (Schwartz *et al.*, 1979 ; Sirota & Schwartz, 1982). Les recherches de Schwartz et ses collaborateurs n'ont pas mis en évidence une asymétrie significative dans la contraction des muscles lors d'expressions faciales émotionnelles, mais les expressions mesurées étaient des expressions spontanées provoquées par la consigne d'imaginer une scène heureuse ou déprimante. Dans une étude plus récente mesurant l'activité musculaire lors d'expressions faciales de joie ou de tristesse posées (Zhou & Hu, 2006), les auteurs ont trouvé une activité musculaire plus prononcée du côté gauche. Avec l'avènement de la vision par ordinateur, une branche de l'intelligence artificielle qui permet aux ordinateurs de traiter les

images et vidéos numériques et d'extraire des informations de haut niveau, de nouvelles techniques ont été appliquées à l'étude de l'asymétrie des expressions faciales émotionnelles. Un exemple précoce de ce type de technique est l'analyse du changement d'intensité des pixels, image par image, pour des vidéos de modèles exprimant différentes émotions (Richardson *et al.*, 2000). Richardson *et al.* ont trouvé une intensité plus forte du côté gauche seulement pour les émotions à connotation négative, et une intensité plus forte du côté droit pour les émotions à connotation positive. Cette méthode a été répliquée par Desai (2009) qui a obtenu une intensité plus forte du côté gauche pour toutes les émotions, mais seulement pour les hommes, tandis qu'aucune asymétrie significative n'était notée pour les femmes. Mais cette technique a une faible résolution (640 x 480 pixels pour l'expérience de Desai) et ses mesures sont fortement affectées par des variations dans l'éclairage de la surface du visage. Pour pallier ces inconvénients, Nicholls *et al.* (2004) ont utilisé une méthode d'imagerie 3D permettant de détecter le mouvement perpendiculaire à la surface du visage avec une haute précision. Ils ont obtenu des mouvements plus amples du côté gauche du visage, à la fois pour des expressions de joie et de tristesse, mais une fois de plus (Borod *et al.*, 1997 ; Richardson *et al.*, 2000) cet effet était plus important pour la tristesse, une émotion à connotation négative, que pour la joie, une émotion à connotation positive. Une autre technique encore pour mesurer l'asymétrie des expressions faciales émotionnelles consiste à mesurer le temps de début du mouvement, à gauche et à droite, lors de l'initiation d'une expression spontanée. À l'aide de vidéos à 600 images par seconde, Ross *et al.* (2019) ont trouvé que 59% des expressions faciales émotionnelles dans leur base de données étaient initiées du côté gauche du visage, là aussi avec un effet plus important pour les émotions négatives : 86% des *frown* (moue accompagnée d'un froncement des sourcils) et 77% des grimaces étant initiées du côté gauche.

L'expressivité plus importante du côté gauche du visage semble être inconsciemment reconnue par l'ensemble de la population (Lindell, 2013). En effet, lorsque Nicholls *et al.* (1999) ont demandé à leurs participants de montrer autant d'émotion que possible, ils avaient tendance à présenter le côté gauche de leur visage, alors que lorsqu'ils leur ont demandé de poser en scientifique (c'est-à-dire de poser avec un air « sérieux »), et d'éviter d'exprimer une émotion, ils avaient tendance à montrer plutôt le côté droit. Cet effet de pose n'est pas retrouvé chez des enfants âgés entre trois et sept ans (Lindell *et al.*, 2017), indiquant qu'il s'agit d'un comportement appris, et non d'un réflexe inné.

Anatomiquement, les muscles du visage sont contrôlés controlatéralement et ipsilatéralement par chaque hémisphère cérébral, mais surtout controlatéralement, notamment dans la partie inférieure du visage (Morecraft *et al.*, 2001). Ainsi, l'asymétrie motrice dans les expressions faciales émotionnelles est interprétée comme la manifestation d'une implication plus importante de l'hémisphère cérébral droit dans le traitement des émotions (Lindell, 2018). D'abord introduite par Jackson (1866), puis par Mills (1912) et Babinski (1914) qui observaient des patients souffrant de lésions cérébrales unilatérales droites, l'idée que l'hémisphère droit joue un rôle important dans l'expression des émotions s'est consolidé progressivement en modèle de l'hémisphère droit (Demaree *et al.*, 2005). Buck et Duffy (1980) ont mené une expérience dans laquelle ils ont filmé des patients souffrant de lésions cérébrales droites ou gauches regardant des diapositives familières, agréables, étonnantes ou désagréables. Ils ont ensuite demandé à des juges, naïfs aux objectifs de l'étude, de regarder ces vidéos et d'essayer de deviner quelle diapositive le patient observait, puis de noter l'expressivité du patient. Les juges eurent significativement plus de mal à deviner la diapositive vue pour les patients souffrant de lésions droites, et jugèrent leur comportement comme étant significativement moins expressif. Des recherches similaires (Borod *et al.*,

1988b ; Blonder *et al.*, 1993, 2005) comparant l'expressivité de patients souffrant de lésions cérébrales droites ou gauches ont montré plus d'expressivité chez les patients dont l'hémisphère droit avait été épargné, suggérant un rôle dominant de l'hémisphère droit dans l'expression faciale des émotions.

3.3 Asymétries perceptives

En parallèle aux recherches sur les asymétries motrices, le modèle de l'hémisphère droit a inspiré de nombreuses études sur une possible asymétrie dans la manière dont nous percevons les expressions faciales émotionnelles (Gainotti, 2019). D'autres modèles ont également tenté d'expliquer cette asymétrie : le modèle de la valence émotionnelle, le modèle de l'approche/évitement et le modèle BIS/BAS (Demaree, 2005 ; Güntürkün *et al.*, 2020).

3.3.1 Modèle de l'hémisphère droit

Suberi et McKeever (1977) ont demandé à un groupe de participants de mémoriser des photographies de visages neutres et à un autre groupe des visages exprimant une émotion. Ces visages, ainsi que d'autres visages distracteurs étaient présentés tachistoscopiquement (très rapidement - ici 150 ms) et unilatéralement, à gauche ou à droite d'un point de fixation central. Les temps de réponse pour cette tâche de reconnaissance étaient plus rapides pour les visages présentés dans le champ visuel gauche de tous les participants, en accord avec le modèle de l'hémisphère droit pour le traitement des visages. Mais cet effet était significativement plus marqué pour le groupe avec les visages exprimant des émotions. Ce résultat inspira l'idée que le traitement perceptif des expressions faciales émotionnelles

pourrait aussi être préférentiellement pris en charge par l'hémisphère droit. Dans l'expérience de Suberi et McKeever (1977), la tâche ne portait pas directement sur le caractère émotionnel des visages mais sur leur identité. Ley et Bryden (1979) ont mené une expérience similaire, mais de comparaison séquentielle, dans laquelle les participants devaient comparer soit le caractère émotionnel (très négatif, légèrement négatif, neutre, légèrement positif, très positif), soit l'identité, d'un visage présenté tachistoscopiquement et latéralement à un second visage présenté plus longuement et au centre de l'écran. Ley et Bryden ont trouvé un avantage pour le champ visuel gauche lors de la tâche de comparaison de l'identité, et un avantage encore plus important pour le champ visuel gauche lors de la tâche de comparaison du caractère émotionnel. Surtout, Ley et Bryden ont montré que ces effets étaient indépendants car prendre en compte la variation d'erreur de comparaison d'identité n'effaçait pas l'effet de latéralité des erreurs de comparaison d'émotion. D'après Ley et Bryden (1979), l'effet d'avantage du champ visuel gauche pour les expressions faciales émotionnelles n'est pas un épiphénomène de l'effet d'avantage du champ visuel gauche pour les visages. En d'autres termes, le modèle de l'hémisphère droit s'appliquerait indépendamment à la reconnaissance des visages (voir 2.3), et à la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles.

Un autre argument en faveur du modèle de l'hémisphère droit pour la perception des expressions faciales émotionnelles a été apporté par Adolphs *et al.* (1996) dans une étude de neuroimagerie de patients cérébrolésés. La tâche des patients était d'identifier l'émotion exprimée par des modèles parmi une liste de six émotions. Sur les 15 patients avec des lésions gauches, aucun n'a fait significativement plus d'erreurs qu'un groupe contrôle. En revanche, plusieurs des 24 patients avec des lésions droites ont fait un nombre significatif d'erreurs (excepté pour la joie). En corrélant les performances aux localisations précises des lésions cérébrales, Adolphs *et al.* (1996) ont montré que les cortex visuel et somatosensoriel droits

semblent particulièrement importants pour la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, en particulier la peur et la tristesse. Des expériences chez des sujets sains utilisant de l'EEG (Electroencéphalographie) (Kestenbaum & Nelson, 1992) ou de l'IRMf (Narumoto *et al.*, 2001) ont aussi souligné le rôle important de l'hémisphère cérébral droit pour la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles en montrant des activations plus importantes de régions du cortex droit.

3.3.2 Modèle de la valence émotionnelle

La notion, postulée par le modèle de l'hémisphère droit, que l'hémisphère droit serait dominant pour la perception des expressions faciales émotionnelles a été contestée par des recherches qui ont montré une implication significative de l'hémisphère gauche. Par exemple, dans une revue de 54 études PET et IRMf, Baas *et al.* (2004) ont montré que l'amygdale gauche a été globalement plus souvent activée que l'amygdale droite lors d'expériences de perception d'expressions faciales émotionnelles.

Un des modèles proposés pour expliquer ces données est le « modèle de valence émotionnelle » : l'hémisphère droit serait dominant pour les émotions négatives, l'hémisphère gauche pour les émotions positives (voir 1.4, pg. 28, pour une définition des émotions positives et négatives). Ce modèle tire ses racines des observations faites sur des patients recevant des injections d'amobarbital dans une carotide ou l'autre pour anesthésier l'hémisphère cérébral correspondant (« test de Wada »). En effet, les injections du côté gauche ont mené à une « réaction catastrophique » (pleurs, désespoir, anxiétés, *etc.*) tandis que les injections du côté droit ont mené à un comportement euphorique (optimisme, rires,

relaxation, *etc.*), un résultat souvent interprété comme la libération d'un hémisphère cérébral des influences inhibitrices controlatérales (Silberman & Weingartner, 1986).

Concernant la perception des expressions faciales émotionnelles, Reuter-Lorenz *et al.* (1983) ont utilisé une tâche tachistoscopique de perception d'expressions faciales émotionnelles : un visage joyeux ou triste était présenté dans le champ visuel gauche ou droit, tandis qu'un visage neutre était présenté dans l'autre champ visuel ; les participants devant indiquer de quel côté apparaissait une émotion. Les participants droitiers avaient des temps de réponse significativement plus rapides pour les cibles tristes à gauche et les cibles joyeuses à droite, tandis que les gauchers montraient l'asymétrie inverse. Ce résultat fut interprété comme une dominance de l'hémisphère droit pour les émotions négatives, et de l'hémisphère gauche pour les émotions positives. Une expérience similaire, mais en présentation illimitée plutôt que tachistoscopique, a mené au même résultat (Jansari *et al.*, 2000), montrant non seulement que cet effet est étonnamment robuste, mais pourrait être expliqué autant par des processus attentionnels « *top-down* » que des processus perceptifs « *bottom-up* ». Cattaneo *et al.* (2014) ont montré que la présentation d'un visage heureux déplaçait la marque des participants vers la droite dans une tâche de bissection de ligne (une tâche qui mesure l'asymétrie de l'attention spatiale). Ce résultat fut interprété comme une suractivation de l'hémisphère gauche lorsque le participant est exposé à une expression faciale positive. En revanche ces auteurs n'ont pas trouvé d'effet pour des visages neutres ou exprimant la tristesse (voir Armaghani *et al.*, 2014 pour une expérience similaire qui n'obtient aucun effet de valence).

Le modèle de la valence hémisphérique pour la perception des expressions faciales émotionnelles a aussi été testé dans des expériences d'EEG et d'imagerie cérébrale. Davidson et Fox (1982) ont présenté des vidéos d'une actrice exprimant des expressions faciales

heureuses ou tristes à des nourrissons de 10 mois tout en enregistrant l'activité cérébrale des régions frontales et temporales. Leurs données ont indiqué une suractivation de la région frontale gauche pour les expressions heureuses comparé aux expressions tristes (et pas de différence dans la région temporale). Baijal et Srinivasan (2011) ont utilisé des potentiels évoqués pour montrer des marqueurs d'avantage hémisphérique droit dans la capture attentionnelle vers des visages schématiques de tristesse mais pas de joie. Une étude IRMf a apporté des résultats similaires - suractivation de l'hémisphère droit lors de la perception d'images à caractère négatif et de l'hémisphère gauche pour des images à caractère positif (Canli *et al.*, 1998). Une autre étude IRMf, utilisant une tâche identique (Beraha *et al.*, 2012), a apporté des éléments plus nuancés : suractivation du cortex préfrontal dorsolatéral et de la jonction temporo-pariétale droits et de l'uncus et l'amygdale gauches pour les émotions négatives ; suractivation du cortex médial préfrontal gauche et du cortex prémoteur et jonction temporo-occipital droits pour les émotions positives. À noter cependant que dans ces deux études (Beraha *et al.*, 2012 ; Canli *et al.*, 1998), les images utilisées ne comportaient pas seulement des expressions faciales émotionnelles, mais aussi des images de nourriture, de paysages, d'armes à feu, de cimetière, *etc.*

Au total, le modèle de la valence émotionnelle demeure un modèle influent (Güntürkün *et al.*, 2020). Deux modèles plus récents, le modèle de l'approche/évitement et le modèle BIS/BAS bien que différents sur quelques points clés, ne font globalement pas des prédictions très différentes du modèle de la valence émotionnelle.

3.3.3 Modèle de l'approche/évitement et Modèle BIS/BAS

Le « modèle de l'approche/évitement » propose une spécialisation de l'hémisphère gauche pour les comportements d'approche, et de l'hémisphère droit pour les comportements d'évitement. La plupart des émotions négatives sont liés à l'évitement, et la plupart des émotions positives à l'approche. L'exception étant la colère, une émotion négative associée avec l'approche (Berkowitz, 1993), de sorte que la seule différence prédictive du modèle de l'approche/évitement par rapport au modèle de la valence est une dominance de l'hémisphère gauche pour la colère (Güntürkün *et al.*, 2020). Une force du modèle de l'approche/évitement est sa généralisation à des espèces autres que *homo sapiens*, puisqu'elle se focalise davantage sur la mesure comportementale que verbale d'un état émotionnel. Le modèle de l'approche/évitement n'a cependant pas trouvé son meilleur soutien dans les études chez d'autres vertébrés, puisque l'agressivité semble latéralisée à droite chez la plupart des mammifères, reptiles et amphibiens (Leliveld *et al.*, 2013⁶), mais dans les études EEG chez les humains. Pour mesurer la colère spécifiquement, Harmon-Jones *et al.* (2003) ont mené une étude d'EEG sur 77 étudiants qui payaient d'importants frais de scolarité. Ils firent croire à la moitié des étudiants que leur université avait irrévocablement décidé d'augmenter les frais de scolarité, et à l'autre moitié que l'université avait pris cette décision, mais qu'une pétition était en cours qui pourrait annuler la hausse des frais. Les étudiants des deux groupes indiquèrent, par questionnaire, une grande colère de cette nouvelle, mais le groupe qui croyait

⁶ Leliveld *et al.*, (2013) font exception des poissons qui auraient globalement une latéralisation gauche de l'agressivité.

en une action possible (ce qui était interprété par les auteurs comme un comportement d'approche) produisit une activation frontale gauche significativement plus importante que l'autre groupe. Si cette étude EEG, et d'autres similaires (Harmon, 2018), semblent en faveur du modèle de l'approche/évitement, elles ne contredisent pas pour autant le modèle de la valence émotionnelle. En effet, le modèle de l'approche/évitement s'est appuyé sur des études qui mesurent un comportement tandis que le modèle de la valence émotionnelle interprète des données venant principalement d'études mesurant la perception. Pour tester le modèle de la valence émotionnelle contre le modèle de l'approche/évitement pour la perception des expressions faciales émotionnelles, Najt *et al.* (2013) ont proposé une tâche de détection dans laquelle les participants devaient répondre le plus rapidement possible si le visage, présenté dans le champ visuel gauche ou droit, était émotionnel ou neutre. Le taux de réponses correctes était significativement meilleur dans le champ visuel gauche pour la tristesse, la peur et la colère, et significativement meilleur dans le champ visuel droit pour la joie, ce qui amena les auteurs à rejeter les prédictions faites par le modèle de l'approche/évitement pour la perception des expressions faciales émotionnelles.

Le « modèle BIS/BAS » (*Behavioral Inhibition System/Behavioral Activation System*) propose une dominance de l'hémisphère droit pour l'inhibition comportementale, et de l'hémisphère gauche pour l'activation comportementale (Gray, 1990). Ce modèle se rapproche donc du modèle d'approche/évitement, à tel point même que certains auteurs ne les séparent pas dans leur application (Harmon-Jones & Allen, 1997). La distinction est essentiellement sémantique, puisque le modèle de l'approche/évitement fait référence à un état émotionnel, et le modèle BIS/BAS à un trait, ou style, affectif (Amodio *et al.*, 2008 ; Demaree *et al.*, 2005). Par exemple, Lee *et al.* (2012) ont montré que les réponses à un questionnaire de personnalité BIS/BAS prédisent l'effet de contexte sur la perception

d'expressions faciales émotionnelles. Dans leur expérience, les participants devaient indiquer, après avoir été exposés à une image affective positive ou négative (« contexte »), si un visage présenté était neutre ou exprimait la peur. Lorsque l'émotion était ambiguë, les participants à tendance BIS étaient plus influencés par le contexte négatif, et les participants à tendance BAS par le contexte positif. S'intéressant à la latéralisation, Balconi et Mazza (2009) ont présenté des expressions faciales émotionnelles à leurs 19 participants (tâche passive) tout en enregistrant leur activité alpha frontale (étude EEG). Les participants remplirent aussi un questionnaire BIS/BAS ; les auteurs trouvèrent que les participants à tendance BIS génèrent une activité hémisphérique droite plus importante pour des émotions négatives (peur, colère⁷, surprise et dégoût) et que les participants à tendance BAS génèrent une activité hémisphérique gauche plus importante pour des émotions positives (joie), soulignant l'influence de la personnalité sur les effets de latéralité.

3.3.4 Modèles hybrides

Chacun de ces modèles a été validé par différents résultats expérimentaux. Parfois même les résultats soutiennent plusieurs modèles à la fois dans une même étude (Prete *et al.*, 2015). Par exemple, dans une expérience IRMf (Killgore & Yurgelun-Todd, 2007), les participants ont été exposés tachistoscopiquement (20 ms) à des visages chimériques

⁷ Ce résultat semble contredire le modèle d'approche/évitement, et être en faveur du modèle de valence émotionnelle. Les auteurs ont suggéré que la perception d'un visage en colère élicite une sensation de peur plus que de colère (Balconi & Mazza, 2009).

triste/neutre ou joyeux/neutre (tâche passive) masqués par des visages neutres. Les auteurs ont trouvé dans les deux conditions (et quel que soit le sens du visage chimérique) une suractivation de la partie postérieure de l'hémisphère droit, en accord avec le modèle de l'hémisphère droit. Mais si la partie émotionnelle du visage chimérique était dans le champ visuel gauche, la tristesse provoquait une activation cérébrale droite plus importante que la joie ; et si la partie émotionnelle du visage chimérique était dans le champ visuel droit, les auteurs observaient une activation asymétrique en accord avec le modèle de la valence émotionnelle.

Un modèle hybride a été proposé, qui suppose l'existence de deux réseaux distincts pour le traitement des stimulus émotionnels (Güntürkün *et al.* 2020 ; Killgore & Yurgelun-Todd, 2007). L'un des réseaux servirait plus spécifiquement à traiter la perception de stimulus émotionnels, comme les expressions faciales émotionnelles, et suivrait le modèle de l'hémisphère droit. L'autre réseau sous-tendrait plus spécifiquement l'état émotionnel et suivrait le modèle de la valence émotionnelle. Ainsi, le réseau de perception émotionnelle serait davantage un réseau d'information *bottom-up* localisé surtout à la partie postérieure de l'hémisphère droit. Quant au réseau d'état émotionnel, il s'agirait davantage d'un système de contrôle localisé bilatéralement dans le cortex préfrontal⁸, influencé par le réseau de perception émotionnelle, et l'influençant dans un processus *top-down*. Un modèle similaire

⁸ Mais voir Beraha *et al.* (2012) pour une discussion des régions sous-corticales impliqués dans la valence émotionnelle

(Heller *et al.*, 1998 ; Colibazzi *et al.*, 2010⁹) a aussi été proposé suivant les deux dimensions supposées d'une émotion, valence et excitation (voir 1.4 pour une discussion du modèle circumplexe), d'après lequel l'activité du réseau postérieur droit refléterait l'excitation, et l'activité du réseau préfrontal refléterait la valence.

Plus récemment encore, des chercheurs ont proposé d'abandonner les modèles de latéralisation généralisée au profit d'un modèle à multiples réseaux (« réseau de réseaux ») dont les latéralisations peuvent être différentes (Palomero-Gallagher & Amunts, 2022). Morawetz *et al.*, (2020) ont suggéré par exemple de distinguer trois réseaux émotionnels indépendants : la perception, la régulation et l'expression. La critique des modèles traditionnels vient aussi d'études qui cherchent à montrer que les deux hémisphères sont fonctionnellement équivalents pour le traitement émotionnel (Stankovic, 2021), particulièrement parce que si une asymétrie semble privilégier l'hémisphère droit par défaut (« conditions normales »), une augmentation du niveau de difficulté d'une tâche, ou une source de stress peuvent inverser cette asymétrie (Ocklenburg *et al.*, 2016 ; Stankovic & Netic, 2020).

⁹ Colibazzi *et al.* (2010) ont démontré la distinction de ces deux réseaux à l'aide d'une étude IRMf, mais les régions corticales varient beaucoup de celles décrites par Killgore et Yurgelun-Todd (2007) sans doute parce que, plutôt que de présenter des expressions faciales émotionnelles, Colibazzi *et al.* (2010) ont demandé à leurs participants de s'imaginer dans différents types de scénarios à caractère émotionnel, ce qui en fait une tâche à multiples facettes.

3.4 Conclusion

Prise dans son ensemble, la recherche sur l'asymétrie motrice dans les expressions faciales émotionnelles a produit un corpus considérable de méthodes variées convergeant toutes vers la même conclusion avec peu de contradiction : les expressions faciales émotionnelles sont globalement exprimées de façon plus intense du côté gauche du visage. De plus, l'étude de patients cérébrolésés a produit des indices que cette asymétrie est sans doute due à une dominance de l'hémisphère droit pour l'expression des émotions. Cette asymétrie d'expression motrice plus importante du côté gauche du visage a aussi été trouvée chez d'autres primates (Fernandez-Carriaba *et al.*, 2002), indiquant une origine phylogénétique relativement ancienne à cette organisation cérébrale.

Les recherches étudiant les asymétries perceptives ont produit un corpus plus divers de résultats, et plus difficile à interpréter. Il semble probable qu'il y ait plusieurs réseaux distincts qui soient plus ou moins impliqués dans les traitements des expressions faciales émotionnelles, dont au moins un réseau perceptif, qui serait plutôt confiné à la partie postérieure de l'hémisphère droit, et un réseau cognitif/affectif qui serait distribué bilatéralement dans les régions antérieures.

Chapitre 4 : Expressions faciales émotionnelles et effet de positivité

4.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté des recherches qui montrent une asymétrie dans les performances des participants pour les émotions positives et négatives selon le champ visuel/hémisphère cérébral (voir 3.3.2). Une autre différence entre émotions positives et négatives a été décrite de longue date : lors de la reconnaissance d'expressions faciales, les participants semblent reconnaître plus rapidement, et avec moins d'erreurs, les émotions positives plutôt que négatives. Cette asymétrie est souvent nommée « effet de positivité¹⁰ ». Deux émotions sont typiquement considérées positives, la joie et la surprise, mais l'effet de positivité a été bien souvent simplement un effet de la joie (Kauschke *et al.*, 2019). En effet, nombre d'études n'ont utilisé que la joie comme émotion positive, omettant la surprise dans la construction de leurs expériences (Craig *et al.*, 2014). Il faut dire aussi que la valence de la surprise est ambiguë (An *et al.*, 2017 ; Neta & Tong, 2016 ; Noordewier & Breugelmans, 2013), même si elle est perçue plus positivement avec l'âge (Shuster *et al.*, 2017). Additionnellement, la joie est différente des autres émotions parce qu'elle véhicule

¹⁰ L'effet de positivité est aussi parfois appelé de façon interchangeable « biais de positivité » ou « avantage de positivité » (Kauschke *et al.*, 2019). Dans ce travail nous réservons spécifiquement le terme d'« effet » de positivité pour décrire le phénomène observé expérimentalement. Quant au terme « biais » de positivité, nous l'utilisons pour décrire l'une des hypothèses explicatives de cet effet.

une intention amicale. Compte tenu de l'importance d'une communication efficace de l'intention prosociale, il a été suggéré que l'expression faciale de joie ait évolué pour être l'expression signalée la plus clairement (Becker & Srinivasan, 2014). Quoi qu'il en soit, de nombreuses expériences mesurant la perception d'expressions faciales émotionnelles ont montré un effet de positivité, telles que des tâches de détection, comme la recherche de la présence d'un visage émotionnel dans une assemblée de visages neutres (Becker *et al.*, 2011 ; Juth *et al.*, 2005 ; Zsido *et al.*, 2018), ou surtout des tâches de reconnaissance, comme la catégorisation d'une expression faciale brièvement présentée (Calvo & Beltran, 2013 ; Sullivan *et al.*, 2007).

Une hypothèse avancée pour expliquer cet effet de positivité est tout simplement le déséquilibre du spectre émotionnel. En effet, la positivité est représentée principalement par la joie, tandis que la négativité comporte colère, dégoût, peur et tristesse. L'effet de positivité serait alors expliqué simplement par une plus grande confusion entre émotions négatives dont la distinction catégorielle est plus ambiguë (Kauschke *et al.*, 2019). Cette explication peut toutefois poser problème étant donné le grand nombre d'études qui trouvent un effet de positivité avec des expériences utilisant seulement une émotion positive et une émotion négative, généralement joie et colère (Craig *et al.*, 2014). Deux autres explications ont été proposées : le biais de saillance et le biais de positivité. L'hypothèse du biais de saillance suggère que l'effet de positivité est causé par des caractéristiques de bas niveau qui rendent les visages positifs plus distinctifs visuellement. Quant à l'hypothèse du biais de positivité, elle suggère que le système cognitif favorise le traitement de stimulus positifs par rapport aux stimulus négatifs.

4.2 Biais de saillance

L'hypothèse du biais de saillance suggère que l'effet de positivité soit causé par des caractéristiques de bas niveau qui rendent les expressions positives plus distinctes visuellement que les expressions négatives. Ainsi, les traits du visage qui forment la joie (comme le sourire) pourraient être plus faciles à reconnaître visuellement que ceux qui forment la colère (comme la contraction des sourcils) de la même manière qu'il est plus facile de trouver un T droit parmi une foule de T penchés que parmi une foule de L droits (Beck, 1966 ; 1967). Inversement, les expressions faciales négatives pourraient être plus élaborées visuellement (donc plus difficiles à traiter – voir Donderi, 2006 pour une discussion de la « complexité visuelle ») que les expressions faciales positives.

A vrai dire, pendant longtemps les recherches utilisant des tâches de détection ont plutôt suggéré un biais de saillance pour la colère (nommé effet d'avantage de la menace – *threat advantage*). Ainsi, ont été trouvés des temps de réponse plus rapides pour la recherche de visages exprimant la colère que pour des visages exprimant la joie dans un ensemble de visages distracteurs (Fox *et al.*, 2000 ; Hansen & Hansen, 1988 ; Lipp *et al.*, 2009a ; Öhman *et al.*, 2001). Les temps de réponse pour détecter des visages exprimant la colère restent relativement inchangés en augmentant le nombre de distracteurs, indiquant une recherche en parallèle similaire à un effet « *pop-out* » (Fox *et al.*, 2000 ; Öhman *et al.*, 2001). Il a aussi été montré que cet effet persiste en invertissant les visages, indiquant que la recherche visuelle est bien basée sur une analyse de traits du visage ou *feature-based* (Lipp *et al.*, 2009a ; Öhman *et al.*, 2001). Cependant un certain nombre de ces travaux semblent souffrir de problèmes méthodologiques (Becker, *et al.*, 2011 ; Nummenmaa & Calvo, 2015). Par exemple, la première étude à avoir rapporté un effet d'avantage de la menace (Hansen & Hansen, 1988)

comportait des tâches noires sur les stimulus colère. Une fois ces tâches enlevées, l'effet d'avantage de la menace n'a plus été retrouvé (Purcell *et al.*, 1996). Autre problème, nombre de ces expériences ont utilisé des visages schématiques (Eastwood *et al.*, 2001 ; Öhman *et al.*, 2001) qui ne reflètent probablement pas la complexité réelle des traits d'une expression faciale émotionnelle (Horstmann & Bauland, 2006). Par exemple, beaucoup des stimulus schématiques ne modélisent pas les modifications de la région des yeux ou du nez (figure 7).

Élément sous droit, diffusion non autorisée

Figure 7 : Exemples de visages schématiques (à gauche) et naturels (à droite) exprimant la joie ou la colère utilisés dans des expériences de détection. Source :

Horstmann et Bauland (2006).

Même quand l'effet a été trouvé en utilisant des photographies d'expressions faciales émotionnelles (Lipp *et al.*, 2009b ; Pinkham *et al.*, 2010), d'autres problèmes ont été soulevés. Par exemple certaines études comparent la recherche d'un visage exprimant la colère parmi des distracteurs joyeux, et *vice-versa*. Si les cibles exprimant la colère sont trouvées plus

rapidement, il est alors difficile d'être certain qu'il s'agisse d'un effet de saillance pour la colère, plutôt que d'une plus grande facilité à écarter des distracteurs exprimant la joie (Becker, *et al.*, 2011).

En prenant en compte ces problèmes méthodologiques, plusieurs auteurs ont trouvé un avantage pour la joie dans des tâches de détection (Becker, *et al.*, 2011 ; Craig *et al.*, 2014 ; Juth *et al.*, 2005 ; Zsido *et al.*, 2018). Dans une étude où les participants ont dû détecter la présence d'un visage exprimant l'une des six émotions de base (présent/non présent) parmi six visages neutres (Calvo & Nummenmaa, 2008), la joie (et dans une moindre mesure la surprise) était détectée significativement plus rapidement que les autres émotions. De plus, les chercheurs ont enregistré les mouvements oculaires de leurs participants et ont trouvé que les visages joyeux étaient localisés (temps de recherche visuel de la cible) et fixés (durée de regard posé sur la cible) plus rapidement que les autres. Or la différence globale de temps de réponse entre joie et les autres émotions dépendait de la différence de temps à localiser la cible émotionnelle, pas du temps de fixation (temps entre localisation et décision). Ce résultat soutient l'hypothèse du biais de saillance puisque l'avantage pour la joie vient d'un raccourcissement du processus de localisation, et non du processus de traitement du visage émotionnel. Une explication possible est que l'expression de joie soit plus différente comparée à un visage neutre que l'expression de colère (Leppänen & Hietanen, 2004). Johnston *et al.* (2001), par exemple, ont montré que la confusion entre colère et neutre, et entre tristesse et neutre est plus fréquente qu'entre joie et neutre. Une autre explication est que les expressions faciales négatives soient plus difficiles à produire sur commande, donc les stimulus négatifs utilisés dans ces expériences seraient moins bien posés, et plus hétérogènes, que les positifs (Öhman *et al.*, 2001).

Enfin, Calvo et Nummenmaa (2008) ont utilisé un modèle neuromorphique de traitement d'un stimulus visuel qui utilise des détecteurs imitant les propriétés *bottom-up* de la rétine, du noyau géniculé latéral et du cortex strié pour prédire quels éléments attirent l'attention d'un participant (Itti & Koch, 2000). Cette analyse informatique a trouvé que les images de visages joyeux étaient plus saillantes que les autres, c'est-à-dire que l'analyse informatique prédit que les visages joyeux possèdent des éléments qui attirent d'avantage le regard. Dans une étude subséquente (Calvo & Nummenmaa, 2011), plus ce calcul de saillance était haut pour la région de la bouche d'un visage exprimant la joie par rapport aux autres émotions, plus l'effet de positivité était prononcé dans les temps de réponse. Ainsi, si la joie est mieux reconnue que les autres expressions lorsque l'ensemble du visage est présenté, la région de la bouche paraît être particulièrement importante (Calvo & Nummenmaa, 2016). L'avantage pour la joie est aussi trouvé lorsque la moitié inférieure du visage est présent, mais pas la moitié supérieure. A l'opposé, la colère, la peur et la tristesse sont mieux reconnues dans les moitiés supérieures du visage que dans les moitiés inférieures (Beaudry *et al.*, 2014). De plus, les sujets ont tendance à fixer les régions des yeux plus longtemps que toute autre région du visage lorsqu'ils perçoivent différentes expressions faciales émotionnelles, mais la région de la bouche est fixée plus longtemps pour la joie que pour toute autre émotion (Eisenbarth & Alpers, 2011, Schurgin *et al.*, 2014). La reconnaissance des expressions faciales émotionnelles peut nécessiter le traitement de traits et de régions spécifiques du visage, même si certains traitements de configuration peuvent également jouer un rôle (Calder *et al.*, 2000). Certaines études ont montré plus précisément quelles activations des muscles faciaux est importante pour la reconnaissance des différentes expressions faciales émotionnelles (voir 1.3). La reconnaissance de la joie semble principalement reposer sur la variation de la région de la bouche, c'est-à-dire sur le sourire, par la contraction des muscles

grands zygomatiques, qui tirent les coins des lèvres en diagonale vers les pommettes (Fiorentini *et al.*, 2012). La reconnaissance d'autres émotions repose sur d'autres variations de différentes régions du visage. Par exemple, la reconnaissance de la colère repose sur les paupières resserrées, le nez ridé, la lèvre supérieure relevée, la lèvre inférieure tirée vers le bas et la mâchoire tombante (Kohler *et al.*, 2004). Au total, il semble tout à fait plausible que le sourire soit spécifiquement responsable d'une plus grande saillance des visages joyeux, ce qui entraîne à son tour l'effet de positivité (Calvo & Nummenmaa, 2016).

4.3 Biais de positivité

L'hypothèse du biais de positivité suggère que le système cognitif favorise le traitement de stimulus positifs par rapport aux stimulus négatifs. En effet, si l'hypothèse du biais de saillance prédit un effet de positivité pour la perception d'expressions faciales émotionnelles, elle ne peut expliquer l'effet de positivité retrouvé lors de la perception de mots, d'objets ou de scènes à caractère émotionnel (Bayer & Schacht, 2014 ; Kuperman *et al.*, 2014).

Historiquement, l'hypothèse du biais de positivité tire ses racines de la théorie de la sélectivité socio-émotionnelle (Carstensen, 2019). Cette théorie décrit les changements cognitifs et émotionnels avec l'âge et part de deux observations : premièrement, les personnes âgées ont tendance à devenir plus heureux alors que ce qui semblerait mener au bonheur (santé robuste, capacité mentale, réseaux sociaux) est plutôt réduit avec l'âge (Carstensen, 2019) ; secondement, lors de tâches cognitives utilisant des stimulus à caractère émotionnel, un effet de positivité est retrouvé chez les personnes âgées, mais pas chez les personnes jeunes. Cet effet de positivité avec le vieillissement est retrouvé de façon particulièrement robuste pour

des tâches d'attention (Sasse *et al.*, 2014), de mémoire courte (Mammarella *et al.*, 2016), de mémoire de travail (Mikels *et al.*, 2005) et de mémoire autobiographique (Kennedy *et al.*, 2004). La théorie de la sélectivité socio-émotionnelle postule alors que les personnes ont tendance, avec l'âge, à donner priorité aux choses qui apportent de la satisfaction, tandis que les personnes plus jeunes se concentrent sur l'exploration. Ce biais cognitif expliquerait les résultats expérimentaux de positivité avec l'âge (Carstenson, 2019).

En poussant la théorie de la sélectivité socio-émotionnelle plus loin, certains auteurs décrivent un biais de négativité chez les personnes jeunes. Par exemple, Mikels et Shuster (2016) ont fait lire des histoires ambiguës à 32 participants jeunes et 32 participants âgés, puis ils leur ont demandé de terminer les histoires. Les participants jeunes avaient tendance à produire des fins négatives, ce qui n'était pas retrouvé chez les participants âgés. L'effet d'avantage de la menace (voir 4.2) décrit pour les tâches de détection d'expressions faciales émotionnelles a contribué à renforcer l'idée d'un « module de peur » (Öhman & Mineka, 2001) qui agirait à traiter préférentiellement les stimulus associés aux émotions négatives, comme certaines expressions faciales. L'existence de ce module de peur aurait émergé comme une adaptation phylogénétique pour permettre des temps de réponse rapides aux signaux de danger (Calvo & Nummenmaa, 2008).

Comme nous l'avons vu, les méthodologies utilisées pour obtenir les résultats d'avantage de la menace ont été critiquées durant la dernière décennie (Becker *et al.*, 2011) et ont mené à des résultats mixtes pour les tâches de détection (voir 4.2). En revanche les tâches de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles ont produit des données plus cohérentes. Dans une revue de la littérature récente (Kauschke *et al.*, 2019), les auteurs ont identifié huit études de reconnaissance qui ont noté un effet de positivité, et seulement une qui ait noté un effet de négativité. Mais cette dernière (Vesker *et al.*, 2018) utilisait seulement

une tâche d'identification de valence (positif/négatif), et comme les auteurs n'ont pas rapporté de résultats par émotion, il est impossible de savoir si l'ambiguïté de la surprise n'aurait pas noyé l'effet de positivité.

Pour tester le biais de saillance contre le biais de positivité, Leppänen et Hietanen (2004) ont demandé à leurs participants de reconnaître soit la joie, la tristesse, ou un état neutre sur des visages apparaissant 200 ms à l'écran. Ils ont noté un effet de positivité pour les temps de réponse à la fois lorsqu'ils ont utilisé des visages naturels et des visages schématiques. Les visages schématiques étaient faits de la manière la plus simpliste possible de sorte que seule l'orientation du trait représentant la bouche changeait (figure 8) pour que la différence visuelle (et donc de saillance) soit minimale. Ils ont donc conclu que l'effet de positivité ne pouvait être dû qu'à un biais de positivité dans le cas des visages schématiques. Parce qu'il est toutefois possible que même un changement aussi subtil que l'orientation d'une courbe change la vitesse de traitement à un bas niveau de perception, Leppänen et Hietanen ont aussi mené une expérience contrôle dans laquelle ils n'ont présenté aux participants que les traits représentant la bouche (qui, en isolation, n'ont pas de connotation émotionnelle), en demandant aux participants de les distinguer (courbe en U, trait strictement horizontal, ou courbe en U inversé). Cette fois-ci il n'ont pas noté de différences significatives dans les temps de réponse. Une fois de plus, puisque l'avantage pour les visages schématiques souriants n'est pas expliqué par un avantage visuel de bas niveau, Leppänen et Hietanen ont suggéré qu'il est expliqué par un biais cognitif de positivité.

Élément sous droit, diffusion non autorisée

Figure 8 : Figures schématiques représentant (de gauche à droite) joie, neutre et tristesse. Source : Leppänen et Hietanen (2004).

4.4 Conclusion

Un effet de supériorité de la colère à longterm persisté dans la littérature sur la détection des expressions faciales émotionnelles malgré des contrarguments. D'après Becker *et al.* (2011) il s'agit d'un « cas de magnifique théorie qui n'arrive pas à être mise à bas par de laids résultats ». En effet, si l'hypothèse d'un module de peur permettant des temps de réponse rapides aux signaux de danger semblerait logique d'un point de vue de la sélection naturelle, l'hypothèse d'une priorité donnée aux stimulus positifs, qui confère un avantage sélectif, le semble moins (hors le cas particulier de la théorie de la sélectivité socio-émotionnelle). Pourtant, l'existence d'un biais de positivité pour la reconnaissance des expressions faciales a reçu quantité d'appui expérimental. Becker et Srinivason (2014) ont proposé que la capacité à rapidement exprimer et percevoir les expressions faciales émotionnelles positives pourrait être crucial pour désamorcer des situations conflictuelles, en notant par exemple qu'« un visage souriant peut prévenir un conflit dès la distance d'un lancer de javelot » (pg. 193). Au contraire, l'importance de percevoir rapidement une expression faciale négative serait éclipsée par l'importance de percevoir rapidement un comportement ou une attitude hostile (comme la course d'un prédateur, ou la posture d'une arme). A cette

explication cognitive (biais de positivité) se rajoute une explication perceptive (biais de saillance) : les expressions faciales émotionnelles positives sont plus faciles à reconnaître visuellement que les expressions faciales émotionnelles négatives. A noter que non seulement ces deux explications ne sont pas mutuellement exclusives, mais en plus les expressions faciales positives ont pu évoluer pour être signalées plus clairement, en profitant des effets de saillance visuelle déjà établis dans l'organisation cérébrale du traitement visuel. Cette évolution aurait eu lieu sous la pression d'un avantage évolutif à donner priorité aux expressions positives (Becker *et al.*, 2011). Il existe toutefois d'autres explications du biais de positivité. L'hypothèse de fréquence d'apparition suggère qu'au cours d'une vie, une personne aura tendance à rencontrer bien plus de visages souriants que hostiles ce qui entraînerait sa perception des expressions positives, et changerait ses attentes (Calvo *et al.*, 2014 ; Somerville & Whalen, 2006). Enfin il a été proposé que, plutôt qu'une priorité donnée aux stimulus positifs, les stimulus négatifs déclenchent des traitements cognitifs plus complexes, et plus chronophages (Taylor, 1991).

Chapitre 5 : Expressions faciales émotionnelles statiques et dynamiques

5.1 Introduction

Jusqu'à maintenant, nous n'avons évoqué que des études qui étudient la perception d'expressions faciales émotionnelles à partir de stimulus statiques, c'est-à-dire des photos, ou des dessins schématiques. Or, dans la vie de tous les jours une personne est plus souvent exposée à des expressions faciales émotionnelles dynamiques. De plus, la perception d'expressions faciales dynamiques semble plus critique que la perception d'expressions faciales statiques parce que leur temps de présentation est limité. Etant donné que les visages présentés dynamiquement peuvent produire un ensemble d'informations, particulièrement temporelles, qui sont omises par les visages statiques, la valeur de généralisation des études utilisant des visages statiques a été mis en question, et l'utilisation de visages dynamiques a été proposé être une condition plus écologique (Alves, 2013 ; Roark *et al.*, 2003).

Expérimentalement, plusieurs types de stimulus dynamiques ont été utilisés. Intuitivement, les vidéos d'expressions faciales émotionnelles sont à la fois les stimulus les plus écologiques, et les plus faciles à réaliser. En revanche, il est difficile de contrôler tous les paramètres de ces stimulus, notamment la durée (Dobs *et al.*, 2018), et les performances d'acteurs peuvent varier selon les émotions (Öhman *et al.*, 2001). Les visages « pointillés » (« *point light faces* ») sont générés à partir de capteurs posés sur le visage d'acteurs, créant ainsi un stimulus composé exclusivement de points lumineux en mouvement (Atkinson *et al.*, 2012). Ces visages pointillés sont des versions dégradées des expressions faciales originales, mais ont l'avantage d'être parfaitement contrôlés pour la saillance, et suffisent à permettre la

reconnaissance des expressions faciales émotionnelles (Bidet-Ildi *et al.*, 2020). L'utilisation de visages synthétiques (animation) permet aussi de réaliser des stimulus bien contrôlés (Wehrle *et al.*, 2000), mais qui peuvent sembler artificiels. Enfin, les vidéos « morphes » font une transition numérique entre une image de visage neutre, et une image exprimant une émotion (Kamachi *et al.*, 2013). Les visages morphes paraissent plus naturels que les visages synthétiques, mais nombre d'éléments du décours spatio-temporel d'une émotion sont globalement absents, comme les mouvements asymétriques, ou les mouvements à vitesse non-linéaire (Dobs *et al.*, 2018). Globalement, l'utilisation de vidéos d'acteurs exprimant des émotions est à la fois plus écologique et plus simple, et la majorité des recherches ont utilisé ce type de stimulus malgré une plus grande difficulté à contrôler différents facteurs, notamment la durée d'expression.

5.2 Importance de l'information dynamique

Plusieurs études n'ont pas trouvé de différences particulières pour les performances de reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles entre visages statiques et dynamiques, (Gold *et al.*, 2013 ; Kamachi *et al.*, 2013 ; Wehrle *et al.*, 2000). Cependant, les images statiques utilisées dans ces études représentaient des expressions intenses, menant à un effet plafond. Ambadar *et al.* (2005) ont utilisé des vidéos d'expressions faciales émotionnelles tronquées à partir du moment où l'acteur commence à présenter une émotion. Pour les stimulus statiques ils ont utilisé la dernière image des vidéos tronquées. De cette manière, les expressions présentées étaient beaucoup plus subtiles, voire ambiguës. En comparant ces deux types de stimulus, ils obtinrent un taux d'erreur significativement plus bas pour les visages dynamiques. Les auteurs ont avancé plusieurs hypothèses pour expliquer l'avantage des

visages dynamiques. D'une part, il est possible que les visages dynamiques fournissent plus d'images, donc permettent un échantillonnage plus dense à partir de plusieurs images différentes. D'autre part, il est possible que les visages dynamiques comportent une information dynamique importante (décours spatiotemporel), et forcément absente des visages statiques. Pour tester ces deux possibilités, Ambadar *et al.* (2005) ont monté une tâche de reconnaissance utilisant les images des stimulus dynamiques, mais en intercalant un masque visuel durant 200 ms entre chaque image. De cette façon, l'échantillonnage était aussi dense que dans les vidéos, mais la sensation de mouvement était perdue. Les performances pour cette condition « multistatique » furent similaires à celles d'une condition statique, et significativement inférieures à celles de la condition dynamique. Les auteurs ont conclu à l'importance de l'information dynamique dans la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles. Cependant, une critique de ce résultat est que la présentation des images est plus longue dans la condition multistatique que dans la condition dynamique (avec moins d'images par seconde). Une autre étude (Cunningham & Wallraven, 2009) a donc utilisé plutôt des vidéos normales et des vidéos dont l'ordre des images était aléatorisée. Là aussi il y a eu des meilleures performances pour les vidéos normales, soutenant l'hypothèse d'une importance de l'information dynamique. Par ailleurs, les stratégies visuelles diffèrent dans la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles statiques et dynamiques. Dans une étude d'enregistrement des mouvements oculaires, les participants ont eu tendance à moins fixer les régions de la bouche et des yeux pour les stimulus dynamiques que pour les stimulus statiques, au profit du centre géométrique du visage (Blais *et al.*, 2017).

Les expressions faciales émotionnelles dynamiques seraient aussi globalement perçues comme plus intenses que les statiques. Deux études d'EMG (Électromyographie) (Rymarczyk *et al.*, 2011 ; Sato *et al.*, 2008) ont mesuré les activations musculaires faciales

pendant la perception d'expressions faciales émotionnelles statiques ou dynamiques. Les dépolarisations étaient globalement plus importantes pour les expressions dynamiques, en particulier pour le muscle majeur zygomatique dans le cadre de la joie, et le muscle corrugateur du sourcil pour la colère, montrant que les visages dynamiques généraient un mimétisme plus important. Lorsque la question leur fut posée directement, les participants jugèrent les expressions dynamiques comme plus intenses (Rymarczyk *et al.*, 2011). Une étude de potentiels évoqués (Recio *et al.*, 2014) a montré une amplification d'une onde négative postérieure (N200-350) quand les vidéos présentées comportaient des mouvements faciaux expressifs plus importants.

Certaines études ont avancé la possibilité de deux réseaux cérébraux distincts pour la perception d'expressions faciales émotionnelles statiques et dynamiques. Humphreys *et al.* (1993) ont rapporté le cas d'un patient ayant présenté un accident vasculaire cérébral occipital bilatéral dont la symptomatologie principale était une agnosie visuelle d'objets. Ce patient avait des performances significativement inférieures aux contrôles pour la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles à partir d'images statiques, mais ses performances étaient dans les normes pour la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles à partir de visages pointillés dynamiques. Kilts *et al.* (2003) ont mené une étude de TEP (Tomographie par Emission de Positrons) durant laquelle les participants jugeaient l'intensité d'expressions faciales émotionnelles statiques ou dynamiques. Ils trouvèrent des différences dans les activations corticales entre les images statiques et dynamiques dès le cortex visuel strié et extra-strié, en passant par les cortex pariétaux et temporaux, et jusqu'au cortex moteur et préfrontal. Ces résultats ont globalement été reproduits par des études utilisant de l'IRMf (Sato *et al.*, 2010 ; Trautmann-Lengsfeld *et al.* 2013).

5.3 Visages dynamiques et valence émotionnelle

Un exemple de l'avantage du décours temporel vient d'une étude utilisant la technique de morphe pour créer des vidéos dont le décours temporel était parfaitement contrôlé (Kamachi *et al.*, 2013). Utilisant des conditions lentes (3367 ms), moyennes (867 ms) ou rapides (200 ms), les auteurs ont montré que les performances de reconnaissance étaient meilleures dans la condition lente pour les visages exprimant la tristesse, et dans la condition rapide pour les émotions exprimant la joie ou la surprise. Ainsi, le décours temporel pourrait contenir des informations relatives aux différentes expressions faciales émotionnelles. Par exemple, puisque les expressions faciales émotionnelles négatives ont tendance à impliquer plus de mouvement (Horstmann & Ansorge, 2009 ; Kohler *et al.*, 2004), il est possible ces expressions soient plus saillantes dans la condition dynamique. Horstmann et Ansorge (2009) ont utilisé des visages synthétiques statiques ou dynamiques (morphes) dans une tâche de détection et ont noté une amélioration de la recherche d'un visage colérique parmi des visages joyeux dans la condition dynamique par rapport à la condition statique, mais pas d'un visage joyeux parmi des visages colériques (à noter que les performances étaient légèrement meilleures pour la joie globalement, en statique comme en dynamique). Lorsqu'ils ont égalisé la quantité de mouvement entre colère et joie en utilisant des visages schématiques simplifiés, l'effet d'avantage dynamique pour la colère disparut, montrant que le mouvement facial accentué dans la colère semble avoir un effet facilitateur sur sa détection. Ceccarini et Caudek (2013) ont mené une expérience de détection de visages produits par ordinateur, statiques ou dynamiques. Ils ont trouvé un effet de supériorité de la colère pour les visages dynamiques mais pas pour les visages statiques. Mais si certains ont trouvé un avantage du mouvement pour la colère, d'autres ont noté que l'effet de positivité est retrouvé aussi bien pour les stimulus dynamiques que statiques. Becker *et al.* (2012) ont comparé des visages dynamiques

exprimant la colère ou la joie dans une tâche de reconnaissance. Les participants étaient significativement plus rapides pour les visages joyeux que colériques, indiquant un maintien de l'effet de positivité avec des stimulus dynamiques. Les auteurs ont noté que les mouvements faciaux de joie sont globalement une expansion, tandis que les mouvements faciaux de colère sont globalement une contraction, et ont lié cette constatation aux études psychophysiques qui prédisent une meilleure détection du mouvement d'expansion que de contraction (Schiff *et al.*, 1962 ; Takeuchi, 1997). Enfin, dans l'étude de potentiels évoqués (Recio *et al.*, 2014) citée précédemment (5.1), les auteurs ont trouvé des composants tardifs lors de la perception d'expressions faciales négatives, mais pas pour les expressions faciales de joie, ou les visages neutres. Les auteurs ont conclu que les expressions émotionnelles négatives dynamiques génèrent un traitement plus élaboré, donc plus lent.

La distance de mouvement, la durée de mouvement, et la vitesse de mouvement sont relativement similaires entre les différentes expressions faciales émotionnelles (Ross *et al.*, 2019), ce ne sont donc pas les différences entre ces paramètres qui semblent rendre les différentes expressions faciales émotionnelles plus saillantes, mais plutôt la localisation du mouvement qui soulignerait les différents traits, en particulier en soulignant leur changement par rapport à une expression neutre (Ambadar *et al.*, 2005). Cet avantage de la motricité semble bénéficier principalement à la reconnaissance de la colère (Ceccarini & Cadek, 2013 ; Horstmann & Ansorge, 2009), mais malgré cela la joie dynamique est plus facile à reconnaître que la colère dynamique (Becker *et al.*, 2012 ; Horstmann & Ansorge, 2009 ; Recio *et al.*, 2014).

5.4 Conclusion

Globalement, la littérature semble indiquer une importance du décours spatio-temporel pour la reconnaissance des expressions faciales (Ambadar *et al.*, 2005 ; Cunningham & Wallraven, 2009), mais dont l'effet peut être limité par les contraintes méthodologiques, notamment un effet plafond pour les stimulus statiques (Wehrle *et al.*, 2000). L'utilisation de vidéos serait la condition la plus écologique pour étudier la perception des expressions faciales émotionnelles (Alves, 2013), mais l'utilisation d'images statiques a aussi sa place dans le laboratoire en tant que stimulus mieux contrôlé pour différents facteurs, comme la durée de présentation (Dobs *et al.*, 2018).

Chapitre 6 : Expressions faciales émotionnelles et angles de vues (revue de la littérature)

6.1 Introduction

Dans le chapitre 2 nous avons vu qu'un corpus relativement important de recherches ont étudié et montré des effets d'angles de vue pour la reconnaissance de l'identité d'un visage. Il n'y a pas de raison de penser que de tels effets d'angles de vue n'existent pas aussi pour la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles.

Comme pour la reconnaissance d'identité, la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles se base sur la perception de traits distribués sur le visage (voir 1.3) donc la notion de vues canoniques et minimales (voir 2.2) pourrait aussi s'appliquer aux expressions faciales émotionnelles. De plus, la reconnaissance de l'identité et la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles semblent toutes les deux globalement sous-tendues par un traitement préférentiel de l'hémisphère droit (voir 2.3, 3.3.1 et 3.3.4), donc il pourrait aussi exister un effet des angles de vue de gauche pour la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, soit à cause d'une asymétrie motrice (voir 3.2) soit à cause d'une asymétrie perceptive (voir 3.3). En ce sens, il a été suggéré que les portraits de trois-quarts gauches sont disproportionnellement produits en peinture ou en photographie à cause d'un biais implicite des modèles à présenter leur côté le plus expressif (Lindell, 2013 ; Nicholls *et al.*, 1999). Il se peut que le changement spatio-temporel lié aux expressions faciales dynamiques (voir chapitre 5) soit légèrement latéralisé, ce qui jouerait également un rôle dans l'émergence d'un effet de côté. Par exemple, Ross *et al.* (2019) ont montré que 59% des expressions faciales

spontanées qu'ils ont filmées avec des caméras à haute résolution temporelle commençaient du côté gauche du visage.

La question se pose aussi de savoir si l'effet des angles de vue pourrait être différent selon les différents types d'expressions faciales émotionnelles. En effet, chaque émotion étant exprimée par un ensemble de traits différents, différents angles de vue pourrait profiter spécifiquement à chaque expression faciale, selon que les traits soient plus saillants de face ou de côté. Par exemple, la reconnaissance de la joie est basée surtout sur la détection du sourire (voir 4.2 et figure 9) qui, étiré par le muscle grand zygomatique, contraste largement avec le reste du visage de face, alors que ce contraste semble moins net lors de profil. Les pommettes en revanche, qui deviennent aussi plus marquées lors de la joie grâce à la contraction du muscle orbiculaire de l'œil (portion orbitaire), pourraient être plus saillantes de trois-quarts ou même de profil à cause de leur profondeur. De même, la colère n'est jamais reconnue par un seul trait en isolation (Poncet *et al.*, 2021) mais est au contraire exprimée par une contraction verticale d'éléments proximaux (voir 4.2 et figure 9) qui pourrait paraître plus saillante de trois-quarts ou de profil. Enfin, Kinchella et Guo (2021) ont montré que lorsque la qualité des images utilisées est fortement dégradée, les participants qui doivent reconnaître la joie ou la colère manifestent un effet de négativité alors qu'un effet de positivité était apparent lorsque les images étaient de bonne qualité. Les vues de profil, qui sont des vues minimales, pourraient montrer un effet similaire.

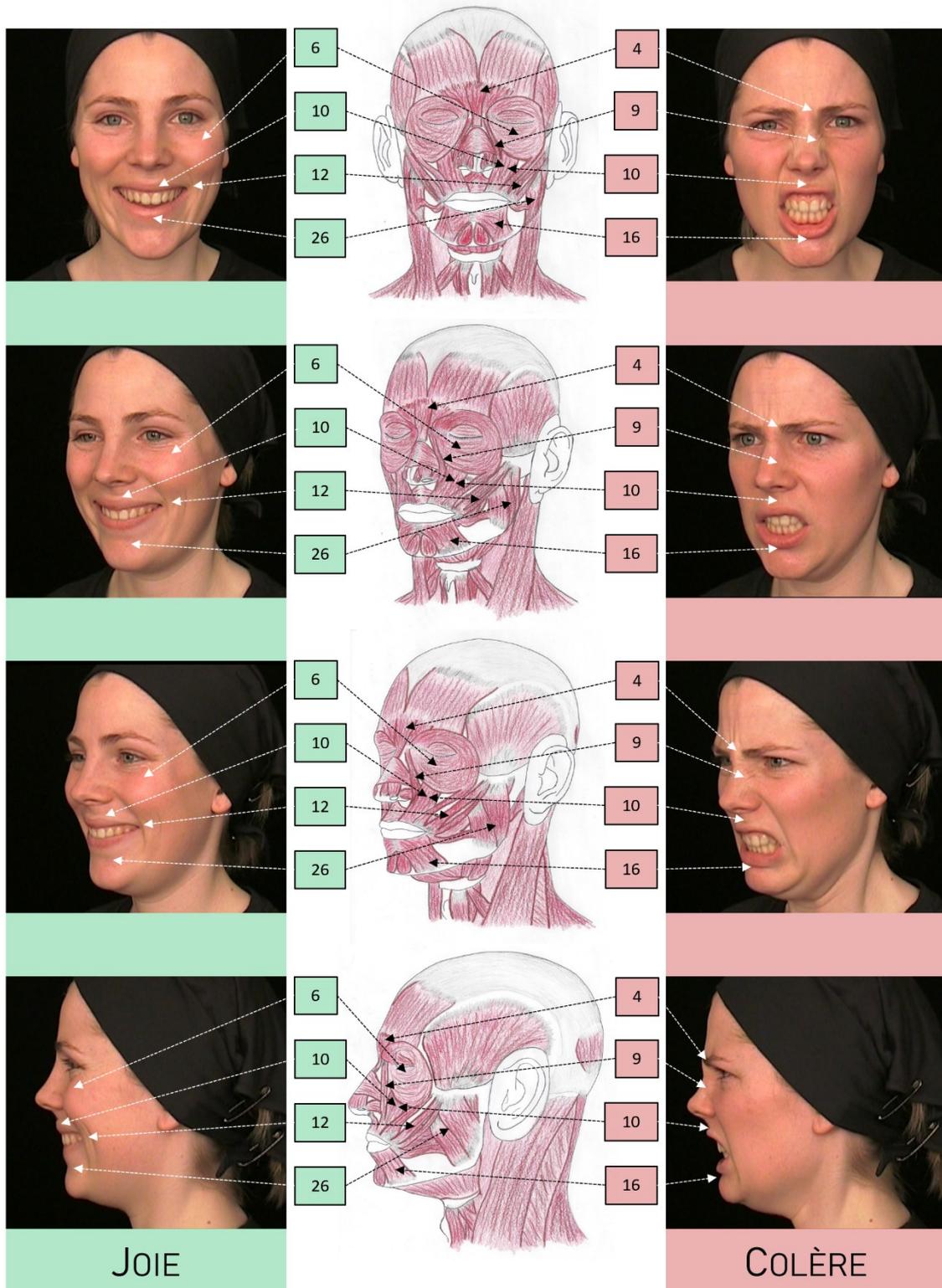


Figure 9 : Comparaison de la joie et de la colère, et de leurs unités d'actions caractéristiques selon différents angles de vue (de haut en bas : 0°, 22,5°, 45° et 90°).

Figure 9 (suite) : La joie est reconnue principalement grâce à la contraction des muscles orbiculaire de l'œil - portion orbitaire (6), élévateur de la lèvre supérieure (10), grand zygomatique (12) et le relâchement du muscle masséter (26) qui produisent un relèvement des joues, une ouverture de la bouche et un étirement des coins des lèvres. La colère est reconnue principalement grâce à la contraction des muscles procéus (4), élévateur de l'aile du nez (9), élévateur de la lèvre supérieure (10) et abaisseur de la lèvre inférieure (16) qui produisent un froncement des sourcils, un plissement du nez, et le découvremment des dents. D'après Kohler et al. (2004) et Matsumoto et Hwang (2011).

Au-delà des effets d'augmentation ou de diminution de la saillance en changeant d'angle de vue, l'angle de vue peut aussi affecter le degré auquel un observateur se sent directement concerné par une expression faciale, et le niveau d'intensité perçu de cette émotion. Comme nous l'avons vu, ces effets cognitifs de ressenti affectif peuvent influencer la vitesse et la précision de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles (voir 3.3.2, 3.3.3 et 4.3).

Dans ce chapitre nous avons fait une revue de la littérature des recherches qui ont proposé une tâche de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, selon différents angles de vue, pour comprendre comment l'angle de vue peut influencer la saillance, ou clarté, des expressions faciales émotionnelles, puis nous avons fait une revue de la littérature des recherches qui ont proposé une tâche de jugement des expressions faciales émotionnelles (comme par exemple un jugement d'intensité), selon différents angles de vue, pour comprendre comment l'angle de vue peut influencer l'expressivité, ou intensité, des expressions faciales émotionnelles. A noter bien sûr que saillance et expressivité ne sont pas deux phénomènes indépendants (Elsherif *et al.*, 2017).

6.2 Tâches de reconnaissance

Notre revue de la littérature des expériences utilisant une tâche de reconnaissance pour des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue est résumée dans le tableau 3. Il y a une grande diversité expérimentale pour les tâches de reconnaissance, tant dans le type de stimulus utilisé, souvent statique mais parfois dynamique (Ensenberg *et al.*, 2017 ; Kleck & Mendolia, 1990), le nombre d'émotions, allant de deux (Michiko, 1992) à sept (Ensenberg *et al.*, 2017), et le nombre d'angles de vue, avec certaines études privilégiant les trois-quarts (Ensenberg *et al.*, 2017 ; Michiko, 1992 ; Hess *et al.*, 2007 ; Thomas *et al.*, 2022) et d'autres les profils (Kleck & Mendolia, 1990 ; Matsumoto & Hwang, 2011 ; Surcinelli *et al.*, 2022). Enfin, trois études ont mesuré les temps de réponse des participants, en plus du taux de bonnes réponses (Guo & Shaw, 2015 ; Michiko, 1992 ; Surcinelli *et al.*, 2022). L'enregistrement des temps de réponse permet d'avoir une variable dépendante continue qui est potentiellement plus sensible à des différences entre conditions que la mesure du taux de bonnes réponses (Posner, 1978). En plus de cela, la mesure des temps de réponse permet de mesurer certains aspects attentionnels qui ne sont pas manifestés dans le taux de bonnes réponses (van Ede *et al.*, 2012 ; Prinzmetal *et al.*, 2005).

Concernant un effet simple des angles de vue, les vues de trois-quarts et encore plus de profil semblent mener à des performances plus basses que les vues de face, soit pour les temps de réponses (Guo & Shaw, 2015) soit pour le taux de bonnes réponses (Guo & Shaw,

2015 ; Hess *et al.*, 2007 ; Skowronski *et al.*, 2014)¹¹. L'effet de profil n'a pas été retrouvé par d'autres études (Kleck & Mendolia, 1990 ; Matsumoto & Hwang, 2011) ou pour quelques émotions seulement (Surcinelli *et al.*, 2022). L'effet de profil semble n'être obtenu que dans des conditions dégradées. Par exemple, Skowronski *et al.* ont trouvé un effet de profil sur le taux de bonnes réponses seulement lorsque le temps de présentation était limité (100 ms dans leur cas). Par contraste, les autres études ont utilisé des temps de présentation illimités (Matsumoto & Hwang, 2011 ; Surcinelli *et al.*, 2022), ou de longues vidéos (Kleck & Mendolia, 1990). Guo et Shaw ont aussi trouvé un effet de profil sur le taux de bonnes réponses malgré l'utilisation de temps illimité, mais ils ont utilisé plus d'angles de vue que les autres études, ce qui a pu rendre la tâche plus difficile. De plus ils ont mesuré les temps de réponses, donc il est possible qu'ils aient été plus vigilants à indiquer à leurs participants de répondre le plus rapidement possible.

Certaines études ont obtenu des interactions significatives entre le type d'émotion exprimée et les angles de vues pour la reconnaissance. Deux études ont rapporté un effet de positivité, seulement de face. Ainsi la joie a été mieux reconnue de face que le dégoût (Kleck & Mendolia, 1990) ou que la tristesse (Michiko, 1992). La colère, le dégoût, la tristesse et la peur semblent être globalement mieux reconnus de face que de côté (Guo & Shaw, 2015 ;

¹¹ Il existe une quatrième étude qui montre un effet de l'angle de vue (Namba *et al.*, 2021), mais nous n'avons pas inclus cette étude dans la revue car la reconnaissance a été effectuée par des systèmes de détection informatiques, pas par des participants humains. Dans ce cas il est difficile de distinguer entre un effet dû aux différentes caractéristiques des angles de vue ou dû à une influence de la base de données sur lequel le système de détection a été entraîné.

Hess *et al.*, 2007 ; Skowronski *et al.*, 2014 ; Surcinelli *et al.*, 2022). A noter que, lors de présentation rapide, les émotions négatives sont principalement confondues entre elles de face ou de trois-quarts, mais elles sont disproportionnellement confondues avec l'expression neutre de profil (Skowronski *et al.*, 2014) ce qui argue en faveur de la vue de profil comme vue minimale.

Tableau 3 : Revue de la littérature pour les tâches de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue (TdP : Temps de présentation, G : Gauche, D : Droite, TR : temps de réponse, BR : taux de bonnes réponses).

Auteurs	Participants	Stimulus	Emotions	Angles	TdP	Résultats
Kleck & Mendolia (1990)	48 (âges non renseignés)	Vidéos	Dégout, Joie, Neutre	0°, 90° G et D (normaux ou en miroir)	Vidéos de 10 s	BR : pas d'effet global. Dégout mieux reconnu du côté G, joie mieux reconnue de face ou du côté D
Michiko (1992)	20 (âges non- renseignés)	Photos	Joie, Tristesse	0°, 45° G et D	Temps illimité	TR : effet de positivité de face seulement BR : pas d'effet de l'angle de vue
Hess <i>et al.</i> (2007)	387 (âge moyen = 29 ans)	Photos	Colère, Joie, Neutre, Peur, Tristesse	0°, 45° G et D (D miroir de G)	Temps illimité	BR : meilleure reconnaissance de colère et neutre de face.
Matsumoto & Hwang (2011)	993 (âge moyen = 22,5 ans)	Photos	Colère, Dégout, Joie, Mépris, Peur, Surprise, Tristesse	0° et 90° G	Temps illimité	BR : pas d'effet de l'angle de vue
Skowronski <i>et al.</i> (2014)	290 (âge moyen = 33,3 ans)	Photos (Acteurs enfants)	Colère, Joie, Neutre, Peur, Tristesse	0°, 45° G et D, 90° G et D	100 ms, 600 ms ou temps illimité	BR : Baisse des performances pour profil à 100 ms (surtout pour colère, tristesse et peur)

Guo & Shaw (2015)	32 (âge moyen = 19,9 ans)	Photos	Colère, Dégout, Joie, Peur, Surprise, Tristesse	0°, 45° G et 90° G	Temps illimité	TR : plus lents de profil BR : Plus d'erreurs de profil, surtout pour peur et dégoût.
Ensenberg <i>et al.</i> (2017)	31 (âge moyen = 23,6 ans)	Vidéos	Colère, Dégout, Fierté, Joie, Neutre, Peur, Surprise, Tristesse	rotation de 0° à 45° puis expression, ou rotation de 45° à 0° puis expression	Vidéos de 5 s	BR : pas d'effet de l'angle de vue
Surcinelli <i>et al.</i> (2022)	132 (âge moyen = 24,3 ans)	Photos	Colère, Dégout, Joie, Neutre, Peur, Surprise, Tristesse	0°, 90° G et D	Temps illimité	BR : pas d'effet de l'angle de vue Temps de vue : colère et peur vues plus longuement de profil, surprise vue plus longuement de face TR : pas d'effet de l'angle de vue
Thomas <i>et al.</i> (2022)	39 (moyenne = 25,7 ans)	Photos	Colère, Joie, Neutre, Peur, Tristesse	0°, 45° G et D	Temps illimité	BR : Pas d'effet de l'angle de vue

6.3 Tâches de jugement

L'idée que l'angle de vue peut influencer l'expressivité, ou l'intensité, des expressions faciales émotionnelles a germé d'un corpus de recherches qui ont montré l'impact de l'orientation du regard sur l'expressivité des expressions faciales. La capacité à percevoir l'orientation du regard est importante dans la mesure où cette information indique l'orientation de l'attention d'un individu, et peut annoncer les intentions d'un individu, notamment en conjonction avec une expression faciale émotionnelle (Baron-Cohen *et al.*, 1997 ; Emery, 2000 ; Sander *et al.*, 2007). Par exemple, l'on ne ressentira sans doute pas la même réaction affective si l'on perçoit un individu exprimant une grande colère et qui regarde droit vers soi ou un individu exprimant la même colère mais qui regarde loin devant lui. Adams et Kleck (2005) ont montré que la joie et la colère étaient jugés plus intenses lorsque le regard était tourné vers les participants, alors que la peur et la tristesse étaient jugés plus intenses lorsque le regard était détourné, un résultat qu'ils interprétèrent à la lumière du modèle de l'approche-évitement. Sander *et al.* (2007) ont trouvé un résultat similaire pour la colère et la peur. L'effet de l'orientation du regard semble être trouvé lorsque les expressions faciales émotionnelles sont ambiguës, mais pas quand elles sont clairement exprimées (Bindemann *et al.*, 2008 ; N'Diaye *et al.*, 2009 ; Sander *et al.*, 2007).

Puisque l'orientation du regard influence l'intensité des expressions faciales émotionnelles, il est intuitif de supposer que l'orientation du visage le puisse aussi. Notre revue de la littérature des expériences utilisant une tâche de jugement pour des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue est résumée dans le tableau 4. Comme pour les tâches de reconnaissance, il y a une grande diversité expérimentale tant dans le type de stimulus utilisé, souvent statique mais parfois dynamique (Ensenberg *et al.*, 2017 ; Kleck

& Mendolia, 1990 ; Schrammel *et al.*, 2009), le nombre d'émotions, allant d'une (Sato *et al.*, 2004) à sept émotions (Ensenberg *et al.*, 2017), et le nombre d'angles de vue, avec certaines études privilégiant les angles proches de la vue de face (Nicholls *et al.*, 2004 ; Sato *et al.*, 2004 ; Schrammel *et al.*, 2009) et d'autres privilégiant les profils (Kleck & Mendolia, 1990).

Globalement, les expressions faciales émotionnelles semblent être perçues comme plus intenses de face que de côté (Ensenberg *et al.*, 2017 ; Guo & Shaw, 2015 ; Sato *et al.*, 2004 ; Schrammel *et al.*, 2009). De plus, certaines études ont obtenu des interactions significatives entre le type d'émotion exprimée et les angles de vues pour le jugement d'intensité. Deux études ont trouvé que la joie était plus intense pour des angles de vue droits (Kleck & Mendolia, 1990 ; Nicholls *et al.*, 2004), deux autres que la joie était plus intense de face (Schrammel *et al.*, 2009 ; Main *et al.*, 2010). Une étude a trouvé un effet d'intensité plus importante de trois-quarts que de face pour la peur (Hess *et al.*, 2007), une autre pour le dégoût (Main *et al.*, 2010). Une explication possible de l'effet de trois-quarts est le facteur confondu de fiabilité. Sutherland *et al.* (2017) ont montré que la joie paraissait plus fiable de face, tandis que les autres émotions paraissaient plus fiables de trois-quarts ou de profil. Un autre facteur confondu pourrait être l'influence de l'attractivité du modèle. Main *et al.* (2010) ont utilisé une tâche de choix forcé dans laquelle les participants devaient choisir l'image la plus intense entre une vue de face ou de trois-quarts d'un même modèle exprimant une même émotion. Les participants choisissaient la vue de face si le modèle était attractif et qu'il exprimait la joie. Sinon, pour un modèle non-attractif ou un visage exprimant le dégoût, les participants choisissaient la vue de trois-quarts.

Tableau 4 : Revue de la littérature pour les tâches de jugement des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue (TdP : Temps de présentation, G : Gauche, D : Droite).

Auteurs	Participants	Stimulus	Emotions	Angles	TdP	Tâche/Résultats
Kleck & Mendolia (1990)	48 (âges non renseignés)	Vidéos	Dégout, Joie, Neutre	0°, 90° G et D (normaux ou en miroir)	Vidéos de 10 s	Intensité : Dégout plus intense de face, joie plus intense du côté D (mais pas en miroir)
Nicholls <i>et al.</i> (2004)	357 (âge médian = 19 ans)	Photos	Joie, Neutre, Tristesse	35°G et 35°D (normaux ou en miroir)	Temps illimité	Choix forcé : Tristesse plus expressive du côté G, joie plus expressive du côté D (effet atténué par la manipulation miroir)
Sato <i>et al.</i> (2004)	10 (âge moyen = 24,4 ans)	Photos	Colère, Neutre	0° et 15° G (normaux ou en miroir)	Temps illimité	Intensité : colère jugé plus intense de face
Hess <i>et al.</i> (2007)	387 (âge moyen = 29 ans)	Photos	Colère, Joie, Neutre, Peur, Tristesse	0°, 45° G et D (D miroir de G)	Temps illimité	Sentiment participant : la colère génère plus d'anxiété de face, la peur plus d'affecte négatif de côté
Schrammel <i>et al.</i> (2009)	44 (âge moyen = 23,1 ans)	Animations dynamiques	Colère, Joie, Neutre	0° et 30° G et D	Expression dynamique : 3 s	Intensité : Colère et joie plus intenses de face

						Excitation : plus élevée de face que de côté
Main <i>et al.</i> (2010)	292 (âge moyen = 24,5 ans)	Photos	Dégout, Joie	0°, 45° G et D (D miroir de G)	Temps illimité	Choix forcé (intensité ou attractivité) : Choix du visage de face si joyeux et attractif, choix du visage de côté si non-attractif ou dégoûté
Guo & Shaw (2015)	32 (âge moyen = 19,9 ans)	Photos	Colère, Dégout, Joie, Peur, Surprise, Tristesse	0°, 45° G et 90° G	Temps illimité	Intensité : Vues de profil moins intenses que vues de face.
Ensenberg <i>et al.</i> (2017)	31 (âge moyen = 23,6 ans)	Vidéos	Colère, Dégout, Fierté, Joie, Neutre, Peur, Surprise, Tristesse	Rotation de 0° à 45° puis expression, ou rotation de 45° à 0° puis expression	Vidéos de 5 s	Intensité : pas d'effet de l'angle de vue Engagement : plus engagé quand de face Pertinence : sensation d'être la cible plus grande quand de face
Sutherland <i>et al.</i> (2017)	48 (âge moyen = 24 ans)	Photos	Colère, Dégout, Joie, Neutre, Peur, Surprise, Tristesse	0°, 45° G et D, 90° G et D	1000 ms	Fiabilité : joie plus fiable de face ; colère, dégoût, neutre et peur moins fiables de face
Thomas <i>et al.</i> (2022)	39 (âge moyen = 25,7 ans)	Photos	Colère, Joie, Neutre, Peur, Tristesse	0°, 45° G et D	Temps illimité	Valence : pas d'effet de l'angle de vue Excitation : pas d'effet de l'angle de vue

6.4 Conclusion

Etant donné le petit nombre d'études ayant étudié l'impact de l'angle de vue sur la perception des expressions faciales émotionnelles, il est difficile d'atteindre une conclusion définitive. Néanmoins, quelques observations émergent de notre étude de la littérature.

Globalement, les expressions faciales émotionnelles semblent être mieux reconnues et jugées plus intenses de face, tandis qu'elles sont moins bien reconnues et jugées moins intenses de trois-quarts, et encore moins de profil. De trois-quarts ou de profil, la connexion entre le modèle (émetteur) et le participant (récepteur) est plus éloigné (notamment par rupture du contact visuel) ce qui peut influencer l'intensité émotionnelle, et potentiellement les performances de reconnaissance. D'autre part, les vues de côté, en particulier le profil, peuvent être moins saillantes, influençant donc la clarté et l'intensité des expressions faciales émotionnelles dans un processus *bottom-up*. Les résultats de Skowronski *et al.* (2014) qui montrent une plus grande confusion des émotions négatives spécifiquement avec l'expression neutre pour les vues de profil soutiennent l'explication *bottom-up*. Dans une étude d'IRMf (Flack *et al.*, 2015) de vue passive d'expressions faciales selon différents angles de vue, les auteurs ont trouvé des zones d'activation différentes entre les différents angles de vue, et entre les différentes expressions faciales, mais pas d'interaction entre ces différentes activations, ce que les auteurs ont interprété comme une indépendance des réseaux traitant l'angle de vue et le type d'expression, aussi en faveur de l'explication *bottom-up*

Il est hasardeux de commenter sur une interaction entre les angles de vue et les différentes expressions faciales, mais il est possible qu'il y ait un effet de positivité de face qui soit perdu de côté. Enfin certaines asymétries de côté ont été rapportés, notamment pour la joie qui serait plus expressive sur un angle de vue droit que gauche.

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 7 : Présentation générale

7.1 Présentation des expériences

Dans notre revue de la littérature (voir 6.2) nous avons identifié neuf études utilisant différents angles de vue pour des tâches de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. Il ressort de ces études que les expressions faciales émotionnelles semblent être mieux reconnues de face, tandis qu'elles sont moins bien reconnues de trois-quarts, et encore moins de profil. Ce désavantage de profil a été retrouvé seulement lorsque la tâche est difficile, et n'apparaît pas sinon. Concernant chaque émotion séparément, il est possible qu'il y ait un effet de positivité de face qui soit perdu de côté. Enfin certaines asymétries de côté ont été rapportés, notamment pour la joie qui serait plus expressive sur un angle de vue droit que gauche. Nos expériences cherchent à étudier l'importance de l'angle de vue pour la perception des expressions faciales émotionnelles en proposant des tâches d'identification (expériences 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 et 9) ou de jugement (expérience 7) selon différents angles de vue, et pour différentes émotions (tableau 5).

Dans l'**expérience 1** nous avons cherché à reproduire les effets de profil et de trois-quarts retrouvé dans la littérature sur la reconnaissance des visages (chapitre 2) dans une tâche d'identification des expressions faciales émotionnelles. Pour étudier l'influence de la difficulté de la tâche pour l'émergence d'un effet de profil nous avons utilisé, dans l'**expérience 2**, des images statiques présentés rapidement. Pour tester si un avantage de trois-quarts était dû au nombre d'angles de vue utilisés, nous avons retiré les profils dans l'**expérience 3**.

Les expériences 4 à 7 ont examiné de plus près l'effet de positivité selon l'angle de vue. L'**expérience 4** utilisait des stimulus en miroir (symétrie axiale verticale) pour distinguer un effet moteur (sensible à l'inversion) d'un effet perceptif (insensible à l'inversion). Nous avons investigué d'avantage l'effet de positivité en utilisant des émotions autres que la joie et la colère : le sourire (version atténuée de la joie) et la colère dans l'**expérience 5**, et la joie et la peur dans l'**expérience 6**. L'**expérience 7** était une tâche de jugement d'intensité plutôt que d'identification pour voir s'il y avait un effet de positivité selon l'angle de vue pour le jugement d'intensité, qui pourrait expliquer l'effet de positivité selon l'angle de vue pour la vitesse d'identification.

L'**expérience 8** a été menée chez des personnes âgées contrôles ou souffrant de maladie d'Alzheimer. L'utilisation de différents angles de vue nous a permis de tester les hypothèses socio-émotionnelle et l'hypothèse de déclin perceptif pour expliquer l'effet de positivité lors du vieillissement.

L'**expérience 9** a été menée pour étudier l'impact du port du masque sur la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, surtout chez les personnes âgées. Nous avons utilisé différents angles de vue pour essayer d'avoir une approche plus écologique, et pour explorer un effet du masque différent selon l'angle de vue.

Plusieurs étudiants de Master et de Licence de l'Institut de Psychologie m'ont assisté pour ces expériences, je tiens à souligner ici leurs contributions. Mohamed Surtee a mené l'expérience 1, Armelle Froutguen l'expérience 2. Manon Valette m'a aidé avec les expériences 4 et 7, Floriane Picton avec les expériences 5 et 6. Florian Picton et Chani Attelann m'ont aidé avec l'expérience 8. Enfin, Dounia Belkaid, Romane Coqué, Caroline David et Emilie Demonceaux m'ont aidé avec l'expérience 9.

Tableau 5 : Nombre de participants et type de matériel utilisé pour chacune des neuf expériences de ce travail (M : moyenne ; F : femmes ; H : hommes ; MA : souffrant de maladie d'Alzheimer).

Expérience	Participants	Stimulus	Emotions	Angles de vue
#1	28 (23F ; 5H) M = 22,2 ans	Vidéos	Colère et joie	0°, 22,5° G et D, 45° G et D, 90° G et D
#2	28 (20F ; 8H) M = 24,4 ans	Images	Colère et joie	0°, 22,5° G et D, 45° G et D, 90° G et D
#3	28 (23F ; 5H) M = 24,8 ans	Vidéos	Colère et joie	0°, 22,5° G et D, 45° G et D
#4	28 (26F ; 2H) M = 20,4 ans	Vidéos (en miroir)	Colère et joie	0°, 22,5° G et D, 45° G et D, 90° G et D
#5	28 (24F ; 4H) M = 18,8 ans	Vidéos	Colère et sourire	0°, 22,5° G et D, 45° G et D, 90° G et D
#6	28 (26F ; 2H) M = 18,9 ans	Vidéos	Peur et joie	0°, 22,5° G et D, 45° G et D, 90° G et D
#7	12 (11F ; 1H) M = 21,5 ans	Vidéos	Colère et joie	0°, 22,5° G et D, 45° G et D, 90° G et D
#8	<u>Personnes âgées MA</u> 27 (14F ; 13H) M = 80,7 ans <u>Personnes âgées</u> <u>contrôles</u> 14 (7F ; 7H) M = 76,6 ans	Vidéos	Colère et joie Peur et surprise	0°, 45° G et D, 90° G et D
#9	<u>Personnes jeunes</u> 62 (39F ; 23H) M = 23,1 ans <u>Personnes âgées</u> 38 (22F ; 16H) M = 72,8 ans	Images	Colère, joie, neutre, peur et surprise	0°, 45° G et D, 90° G et D

7.2 Présentation des stimulus

Les stimulus utilisés dans cette recherche sont tous tirés d'une base de données créée par Arnold et Siéroff. La création de cette base de données est décrite très précisément par Arnold (2011), nous en résumerons ici les points principaux.

La base de données comporte 31 modèles (15 femmes, 16 hommes) de type caucasien. Les âges des modèles allaient de 18 à 46 ans ($M = 29,8$ ans). Aucun modèle n'avait de signe distinctif (cicatrice, tâche, tatouage) sur le visage, la tête ou le cou. Tous les hommes étaient rasés, et aucun modèle n'avait de maquillage. Enfin, tous les modèles portaient un *T-shirt* noir et un foulard noir qui cachait leurs cheveux.

Le dispositif d'enregistrement était constitué d'une caméra (Canon MVX2i avec capteur d'image 3 CCD 1/6" enregistrant à 25 images par seconde), d'un système d'éclairage indirect (deux lampes projetant sur un panneau en polystyrène), et d'un fauteuil sur lequel le modèle était assis et qui pouvait être précisément tourné pour obtenir l'angle voulu par rapport à la caméra (voir figure 10). Pour s'assurer que l'orientation du regard des modèles était exactement dans la même direction que l'orientation de la tête, un point de fixation était soudé au siège de manière à ce qu'il soit au niveau des yeux des modèles. Tous les modèles furent filmés dans la même pièce et avec des conditions d'éclairage identiques.



Figure 10 : Dispositif d'enregistrement des vidéos comportant caméra, éclairage indirect et fauteuil tournant. Source : Arnold (2011).

La base de données comporte pour chaque modèle une expression neutre et sept expressions faciales émotionnelles : colère, dégoût, doute, joie, peur, sourire et surprise. Chacune de ces expressions a été enregistrée sous neuf angles de vue : face (0°), trois-quarts (45°) gauche et droit, profil (90°) gauche et droit, et deux vues intermédiaires ($22,5^\circ$ et $67,5^\circ$) gauches et droites. Pour l'expression neutre, le siège était lentement tourné d'un profil à l'autre (ce qui permet d'obtenir des images d'expression neutre d'une multitude d'angles de vue). Avant l'expression de chaque émotion, les modèles s'entraînaient plusieurs fois. L'expérimentateur expliquait les mouvements faciaux correspondant à l'émotion, montrait des vidéos exemples, et lisait une phrase à connotation émotive. Pour chaque vidéo le modèle commençait par une expression neutre puis exprimait l'émotion, avant de revenir à l'état neutre. Les vidéos utilisées dans les expériences de notre recherche ont été transformées en

format digital (logiciel *Windows Movie Maker*), avec une résolution de 768 x 576 pixels (4/3). Ils ont ensuite été modifiés, pour être homogénéisés si besoin (taille du visage, encadrement), et tronqués (logiciel *Adobe After Effects CS4*) de manière à ce que la dernière image corresponde à l'apex émotionnel (le moment où les déformations faciales sont les plus amples). La vidéo débute donc toujours par une expression neutre suivi d'une expression faciale émotionnelle, commençant précisément 400 ms après le début de la vidéo. Il y avait une certaine variabilité dans la longueur exacte des vidéos étant donné la variabilité d'expression naturelle des émotions ($M = 1112$ ms ; $ET = 104$ ms). Pour obtenir une image statique des expressions faciales émotionnelles à partir de ces vidéos, l'image apex fut utilisée dans tous les cas (figure 11).

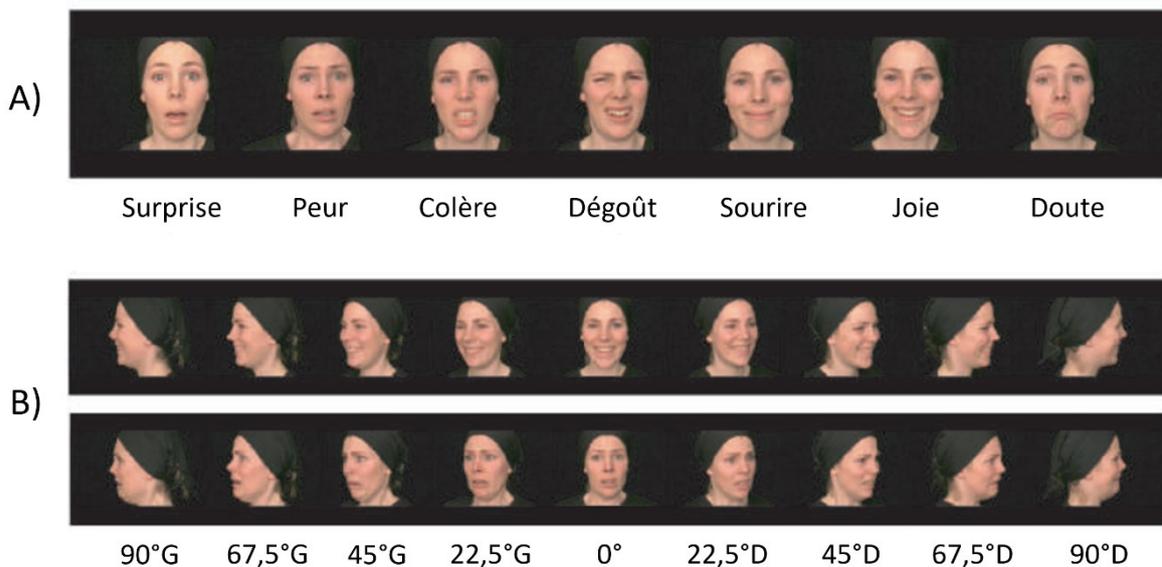


Figure 11 : Exemples de visages de la base de données (a) exprimant différentes émotions (b) selon différents angles de vue (joie en haut, peur en bas).

Source : Arnold (2011).

Chapitre 8 : Effet de profil, effet de trois-quarts et perception des expressions faciales émotionnelles

(Expériences 1 à 3)

8.1 Introduction

La perception des expressions faciales émotionnelles dépend-elle de l'angle de vue ? Les traits lors d'une expression émotionnelle pourraient être plus ou moins visibles selon l'angle de vue (voir figure 9 par exemple). La vue de profil notamment serait une vue minimale pour la reconnaissance des visages (Stephan & Caine, 2007 ; Troje & Bulthoff, 1996 ; Van der Linde & Watson, 2010). En particulier les vues de profil pourraient rendre plus difficile la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles dont l'identification repose plus particulièrement sur l'analyse de la région de la bouche (Stephan & Caine, 2007) comme la joie (Beaudry *et al.*, 2014 ; Calvo & Numenmaa, 2011 ; Eisenbarth & Alpers, 2011). Un effet de désavantage pour les profils a été retrouvé pour des tâches de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles lorsque la présentation des stimulus était rapide (Skowronski *et al.*, 2014) ou la tâche difficile (Guo & Shaw, 2015). Sinon, l'effet de profil n'est pas retrouvé (Kleck & Mendolia, 1990 ; Matsumoto & Hwang, 2011 ; Surcinelli *et al.*, 2022).

Outre le cas particulier des profils, un effet d'avantage pour les vues de trois-quarts a été rapporté pour la reconnaissance des visages (Krouse, 1981 ; Logie *et al.*, 1987 ; Patterson & Baddeley, 1977 ; Troje & Bulthoff, 1996), mais, à notre connaissance (voir tableau 4), jamais pour la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. La cause de l'effet de trois-quarts pour la reconnaissance des visages est débattue. L'effet de trois-quarts peut être

dû à la nature « canonique » de la vue de trois-quarts, soit parce qu'elle est une vue visuellement plus informative (Logie *et al.*, 1987 ; Fagan, 1979), soit parce qu'elle active davantage de réseaux de traitement que les autres vues (Perrett *et al.*, 1985 ; Perrett *et al.*, 1991), soit parce qu'un observateur crée une image mentale du visage, en trois dimensions, centrée sur cette vue (Bruce, *et al.*, 1987 ; Palmer *et al.*, 1981). Alternativement, l'effet de trois-quarts peut être dû aux contraintes méthodologiques des expériences dans lesquelles elle a été retrouvée, soit parce qu'il y a moins de rotation entre la vue de trois-quarts et les autres (Liu & Chadhuri, 2002), soit parce qu'un observateur biaise la distribution de son attention vers la vue la plus proche de la moyenne des vues testées (Arnold & Siéroff, 2012a).

En plus d'un effet global de désavantage de profil et d'avantage de trois-quarts, l'intensité des traits d'une expressions faciale émotionnelles pourrait varier selon le côté, soit à cause d'une asymétrie dans la motricité des modèles (Borod *et al.*, 1997 ; Nicholls *et al.*, 2004), soit à cause d'une asymétrie dans le traitement perceptif des observateurs (Demaree, 2005 ; Güntürkün *et al.*, 2020). Le modèle de l'hémisphère droit (Gainotti, 2019 ; Ley & Bryden, 1979 ; Suberi & McKeever, 1977) prédit de meilleures performances pour les angles de vue gauche qui montrent le côté gauche des modèles et qui présentent les traits les plus informatifs dans le champ visuel gauche (voir figure 6). Le modèle de la valence émotionnelle (Jansari *et al.*, 2000 ; Reuter-Lorenz *et al.*, 1983) prédit de meilleures performances pour les expressions négatives lors de vues gauches, et pour les expressions positives lors de vues droites.

L'objectif des trois expériences de ce chapitre est de répondre à la question de si les performances de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles dépendent de l'angle de vue, en examinant en particulier l'effet de profil et de trois-quarts.

L'expérience 1 est une tâche d'identification de la colère et de la joie selon sept angles de vue : 90° droit et gauche, 45° droit et gauche, 22,5° droit et gauche et 0°. L'effet de trois-quarts a été décrit dans la littérature plutôt comme un avantage du 45°, ou d'angles plus proches de la face, comme le 22,5° (Troje & Bühlhoff, 1996). A noter que la moyenne des valeurs absolues de ces sept angles de vue est 45°, ce qui est important si l'effet de trois-quarts est dû à une représentation proche de la moyenne des vues testées (Arnold & Siéroff, 2012a). Bien sûr la moyenne absolue est 0°, mais il semble que les vues symétriques ne sont pas affectées par un effet de rotation (Schyns & Bühlhoff, 1994 ; Vetter *et al.*, 1994 ; mais voir Arnold & Siéroff, 2012b). Pour pouvoir évaluer le modèle de l'hémisphère droit avec le modèle de la valence émotionnelle si nous trouvions un effet de côté, nous avons choisi d'utiliser une émotion à connotation positive, la joie, et une émotion à connotation négative, la colère. Ces deux émotions ont été souvent choisies pour des expériences de recherche d'effet de positivité (Craig *et al.*, 2014). Nous avons utilisé des vidéos plutôt que des images pour l'expérience 1, à la fois parce qu'il s'agit de stimulus plus écologiques (Alves, 2013), mais aussi et surtout parce que les expressions dynamiques comportent une information spatio-temporelle qui est absente des expressions statiques (Dobs *et al.*, 2018 ; Roark *et al.*, 2003).

Il y a cependant un risque qu'il y ait un effet plafond en utilisant des vidéos d'expressions dynamiques. Skowronski *et al.* (2014) en particulier n'ont trouvé un effet de profil que pour des temps de présentation courts. L'expérience 2 était identique à l'expérience 1, mais les vidéos d'expressions dynamiques étaient remplacées par des images d'expressions statiques présentées pendant seulement 300 ms. La tâche est ainsi plus difficile, puisque les informations dynamiques sont perdues, et que les expressions faciales émotionnelles sont

visibles moins longtemps, et devrait être plus sensible aux vues moins informatives, en particulier les profils.

L'effet d'avantage de trois-quarts peut être dû à des caractéristiques inhérentes (vue canonique), ou aux conditions méthodologiques. Puisque nous n'avons pas une vue d'apprentissage et une vue test dans les expériences 1 et 2, un éventuel effet de trois-quarts ne pourrait être dû à un effet de rotation (Liu & Chadhuri, 2002), en revanche il pourrait être dû à un biais attentionnel centré sur la moyenne des vues testées (Arnold & Siéroff, 2012a). L'expérience 3 était identique à l'expérience 1, mais nous avons ôté les profils. La moyenne des valeurs absolues des angles de vue s'éloigne donc de 45° et se rapproche de la vue de face et des $22,5^\circ$ (27° pour être précis). Si l'avantage des trois-quarts est indépendant des vues testées, alors il devrait être identique entre l'expérience 1 et l'expérience 3. En revanche si cet avantage dépend des vues testées, il devrait être centré sur 45° pour l'expérience 1, et centré sur $22,5^\circ$ pour l'expérience 3.

8.2 Expérience 1 « colère-joie »

L'expérience 1 est une tâche d'identification de la colère et de la joie selon sept angles de vue : 90° droit et gauche, 45° droit et gauche, $22,5^\circ$ droit et gauche et 0° . Pour pouvoir évaluer le modèle de l'hémisphère droit avec le modèle de la valence émotionnelle nous avons utilisé une émotion à connotation positive, la joie, et une émotion à connotation négative, la colère.

8.2.1 Méthode

8.2.1.1 Participants

Vingt-huit participants (23 femmes et 5 hommes, M = 22,2 ans ; ET = 5,4 ans ; 18-45 ans) de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris-Cité participèrent en échange de crédits académiques. Tous étaient droitiers (d'après une présélection utilisant un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

8.2.1.2 Matériel et procédure

L'expérience était menée sur un ordinateur iMac G5 avec écran couleur et antireflet d'une résolution de 1920 x 1200 pixels et d'un taux de rafraîchissement de 75 Hz. Le logiciel Superlab 4 était utilisé pour présenter les stimulus et enregistrer les réponses et les temps de réponse. Les participants étaient confortablement assis et posaient leur menton et front sur un reposeur afin de limiter les mouvements de la tête et de maintenir leurs yeux à niveau et à exactement 57 cm de l'écran¹². Les réponses des participants étaient faites sur un pavé de réponse RB-840 (Figure 12).

¹² À 57 cm de l'écran, 1° visuel correspond à $2 * [57 \text{ cm} * \tan(0,5^\circ)] = 1 \text{ cm}$ sur l'écran.



Figure 12 : Appareillage de l'expérience 1 comportant écran, reposeir, et pavé de réponse. Deux touches sont ici surlignées en couleur pour plus de visibilité, mais lors de l'expérience un autocollant "joie" et un "colère" étaient posés sur ces deux touches.

Les stimulus utilisés pour cette expérience furent pris de la base de données Arnold et Siéroff (voir 7.2). Les vidéos de joie et de colère selon sept angles de vues différents (90° droit et gauche, 45° droit et gauche, 22,5° droit et gauche et 0°) de 12 acteurs (6 femmes et 6 hommes) qui représentaient le mieux les émotions furent sélectionnés, soit 168 vidéos. Les vidéos de deux acteurs (une femme et un homme) furent utilisés exclusivement pour l'entraînement, laissant ainsi 140 vidéos pour l'expérience à proprement parler.

Après signature d'un formulaire de consentement à l'utilisation anonyme des données à des fins de recherche, les participants complétèrent le questionnaire de latéralité. Les participants non-droitiers complétèrent tout de même le reste de l'expérience, pour pouvoir recevoir des crédits, et pour ne pas attirer l'attention des autres participants sur une importance de la latéralité, mais leurs résultats ne furent pas analysés. Les participants étaient assis

confortablement avec leur menton sur le reposoir, et des instructions leur furent données de limiter tout mouvement non-nécessaire. Les instructions étaient données à l'oral, puis répétées à l'écrit sur l'écran : les participants étaient instruits qu'ils devaient appuyer avec leur index et majeurs droits sur le bouton « joie » si le visage présenté à l'écran exprimait de la joie, ou le bouton « colère » si le visage présenté à l'écran exprimait la colère. Le côté des boutons était contrebalancé entre les participants. Les participants étaient instruits qu'ils devaient répondre aussi vite que possible, et ne pas faire d'erreurs.

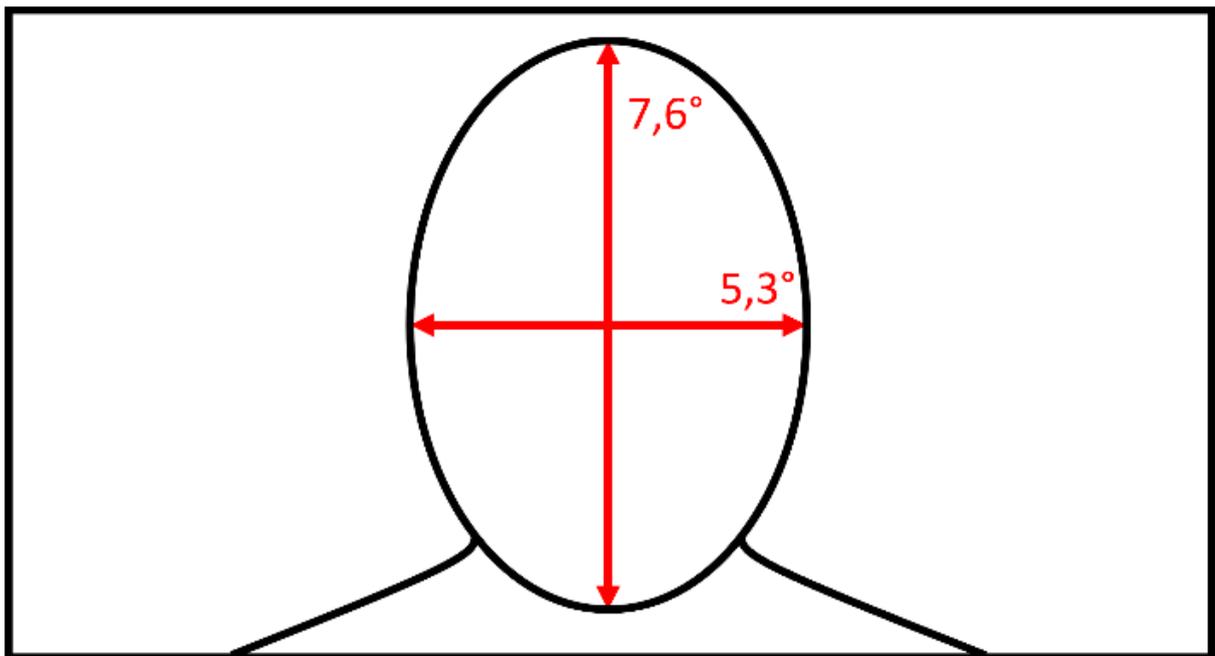


Figure 13 : Taille des visages à l'écran lors de l'expérience 1. Reproduit à l'échelle, degrés d'angle visuel pour une distance de 57 cm des yeux.

Les visages étaient présentés au centre de l'écran et mesuraient $7,6^\circ$ d'angle visuel verticalement et $5,3^\circ$ horizontalement dans un cadre noir de $8,5^\circ \times 16^\circ$ (figure 13). Tous les stimulus étaient présentés sur un fond d'écran noir. Chaque essai (figure 14) commençait par

une fixation (1000 ms) d'une croix blanche centrale, suivi d'un intervalle inter-stimulus (500 ms). Le stimulus était ensuite présenté au centre de l'écran (1000 ms), suivi d'un écran noir. Les participants pouvaient répondre dès le début de la présentation du stimulus. Chaque réponse était suivie d'un intervalle inter-essai (1000 ms).

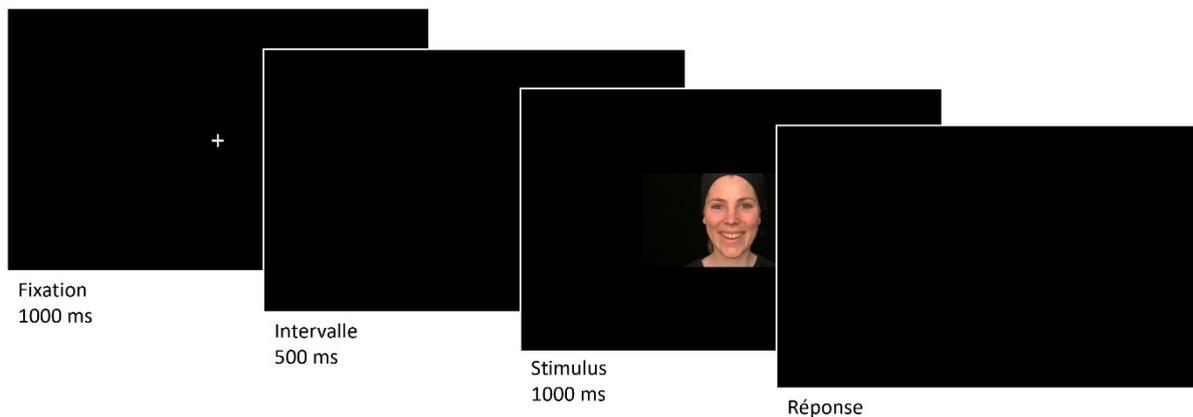


Figure 14 : Déroulé d'un essai de l'expérience 1.

Les temps de réponse des participants étaient mesurés à partir de l'apparition du stimulus. A noter toutefois que les modèles exprimaient d'abord une expression neutre pendant 400 ms et que le moment à partir duquel une expression faciale émotionnelle peut être reconnue se situe quelque part entre son initiation et l'apex (Fiorentini *et al.*, 2012).

L'entraînement consistait de 14 essais et utilisait des modèles différents de ceux utilisés pour l'expérience. Les participants étaient instruits que les réponses ne seraient pas enregistrées pour l'entraînement, et furent prévenus du début des essais enregistrés. L'expérience consistait de 14 conditions différentes (colère ou joie, sept angles de vue), et chaque acteur était présenté une fois par condition, donc l'expérience consistait de 140 essais enregistrés. L'expérience était entrecoupée de six pauses durant l'expérience afin d'assurer

des niveaux d'attention adéquats tout au long de l'expérience qui durait 15 minutes. Les participants pouvaient prendre autant de temps qu'ils le désiraient à chaque pause (mais aucun ne prit plus de quelques secondes). Tous les essais étaient randomisés entre les participants, mais cette randomisation suivait plusieurs règles : aucun angle de vue ou émotion identique ne pouvait apparaître plus de trois fois d'affilée. Enfin le même nombre d'essais par condition était présent entre chaque pause.

8.2.2 Résultats

Le taux d'erreurs et les temps de réponse pour les réponses correctes furent enregistrés. Comme le taux d'erreurs était très bas (2,5%), aucune analyse ne fut menée sur le taux d'erreurs. Pour chaque condition et chaque participant, les temps de réponse qui excédaient la moyenne de plus de 2,5 ET étaient exclus de l'analyse parce que le participant était considéré distrait pour cet essai (Anscombe, 1960). Ceci représenta une exclusion de 0,8% des essais. Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17).

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser les temps de réponse, avec Emotion (colère, joie) et Angle de vue (90°G, 45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson, 1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Pour répondre spécifiquement aux questions d'effet de profil et d'asymétrie gauche/droite, un test de significativité univarié pour comparaison planifiée fut mené en contrastant les vues de profil aux autres angles de vue, et un autre fut mené en

contrastant angles de vue gauches et droites. Ce deuxième test fut planifié pour chaque émotion séparément. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal de l'Emotion n'était pas significatif ($F_{(1,27)} < 1$). L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(6,162)} = 2,34$; $p = 0,034$; $\eta^2_p = 0,08$) (figure 15). Les temps de réponse étaient significativement plus rapides pour le 45°G et le 22,5°G comparés à la vue de face ($p = 0,003$; $p = 0,045$), et pour le 45°G comparé au 90°D ($p = 0,014$). Le test de comparaison planifiée entre vues de profil et les autres angles de vue n'était pas significatif ($F_{(1,27)} = 1,51$; $p = 0,23$).

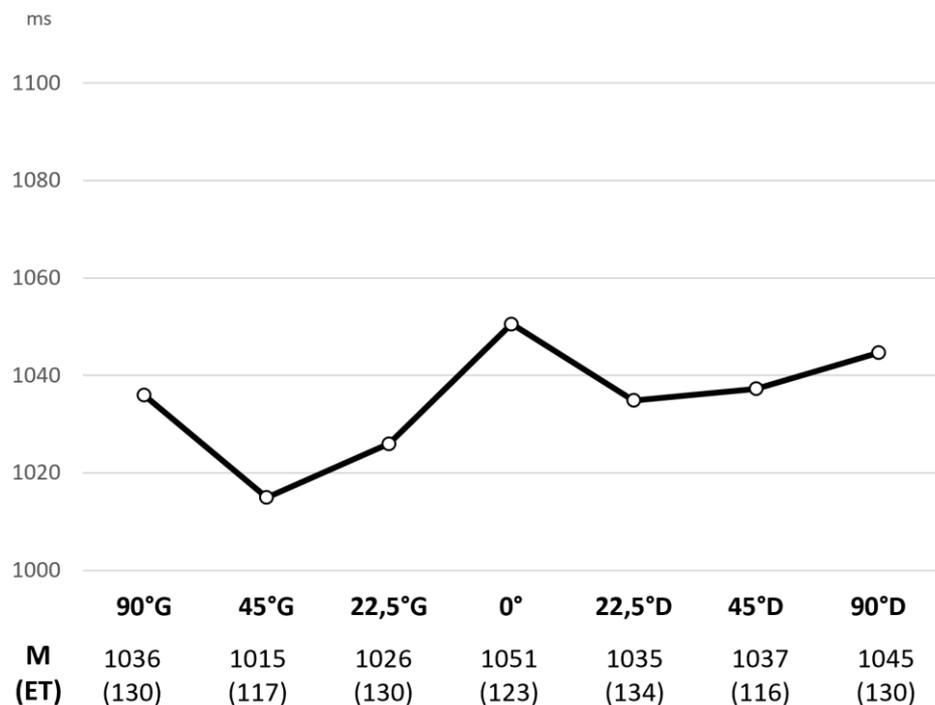


Figure 15 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 1.

Il y avait une interaction significative entre Emotion et Angle de vue ($F_{(6,162)} = 3,46$; $p = 0,003$; $\eta^2_p = 0,11$) (figure 16). Il y avait un effet de l'Emotion seulement pour les vues de

45°. Les temps de réponse étaient plus rapides pour la colère que pour la joie pour le 45°G ($p = 0,004$) mais plus rapides pour la joie que pour la colère pour le 45°D ($p = 0,034$). Cette différence était due à une asymétrie de la colère entre 45°G et 45°D ($p < 0,001$), et non de la joie ($p = 0,19$). Le test de comparaison planifiée entre vues gauches et droites était significatif pour la colère ($F_{(1,27)} = 5,72$; $p = 0,024$) mais pas pour la joie ($F_{(1,27)} < 1$).

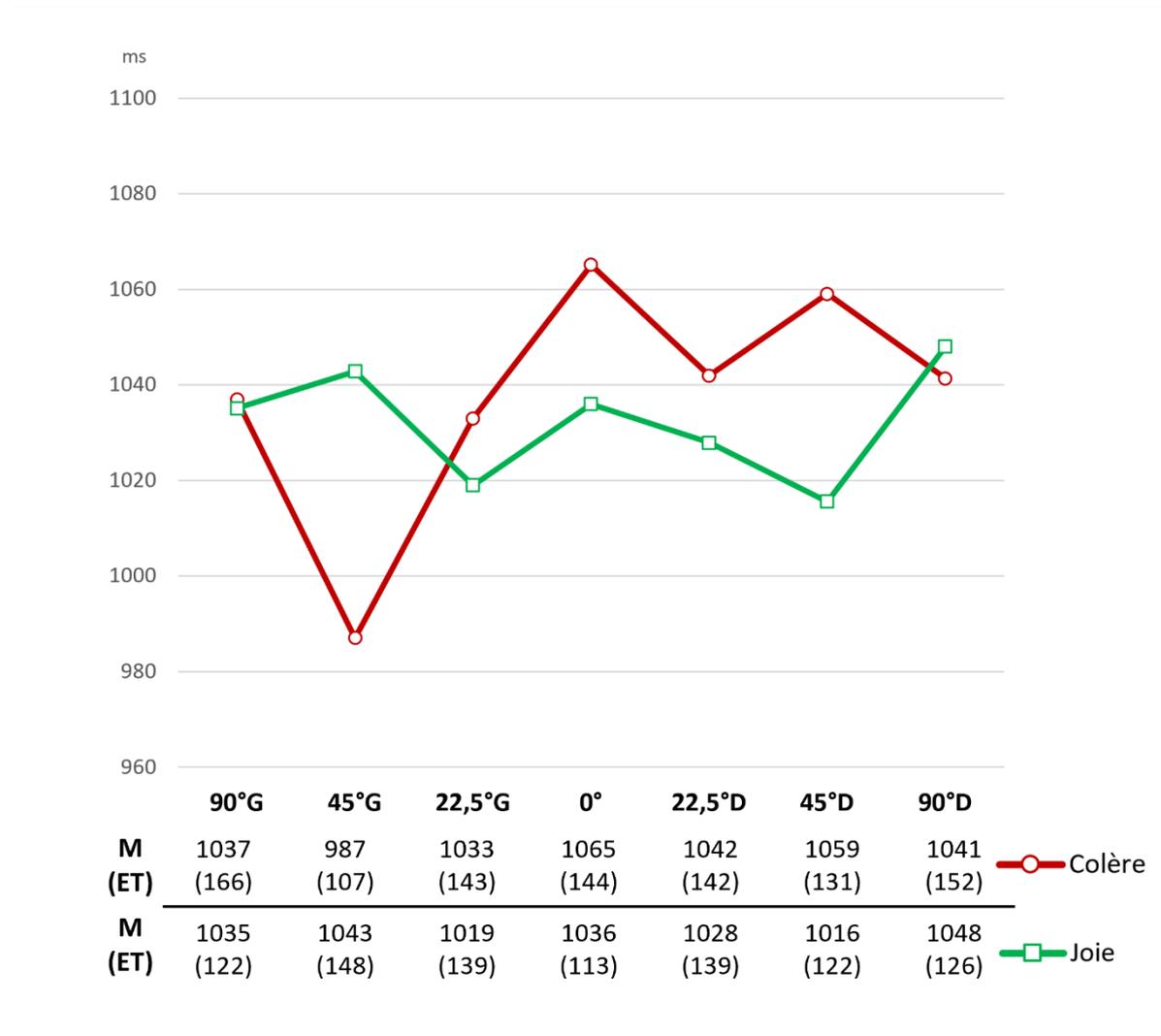


Figure 16 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 1.

8.3 Expérience 2 « colère-joie statique »

Parce qu'il y a un risque qu'il y ait un effet plafond en utilisant des vidéos d'expressions dynamiques (Skowronski *et al.*, 2014), l'expérience 2 était identique à l'expérience 1, mais les vidéos d'expressions dynamiques étaient remplacées par des images d'expressions statiques présentées pendant seulement 300 ms. La tâche est ainsi plus difficile, puisque les informations dynamiques sont perdues, et que les expressions faciales émotionnelles sont visibles moins longtemps, et devrait être plus sensible aux vues moins informatives, en particulier les profils.

8.3.1 Méthode

8.3.1.1 Participants

Vingt-huit participants (20 femmes et 8 hommes, $M = 24,4$ ans ; $ET = 4,4$ ans ; 19-33 ans) de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris-Cité participèrent en échange de crédits académiques. Tous étaient droitiers (d'après une présélection utilisant un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

8.3.1.2 Matériel et procédure

Le matériel et la procédure étaient similaires à ceux de l'expérience 1 (8.2.1.2), mais au lieu d'utiliser des vidéos, des images statiques furent utilisées. La durée de présentation de ces images à l'écran était de 300 ms.

8.3.2 Résultats

Le taux d'erreurs et les temps de réponse pour les réponses correctes furent enregistrés. Comme le taux d'erreurs était très bas (3,1%), aucune analyse ne fut menée sur le taux d'erreurs. Pour chaque condition et chaque participant, les temps de réponse qui excédaient la moyenne de plus de 2,5 ET étaient exclus de l'analyse parce que le participant était considéré distrait pour cet essai (Anscombe, 1960). Ceci représenta une exclusion de 0,7% des essais. Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17).

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser les temps de réponse, avec Emotion (colère, joie) et Angle de vue (90°G, 45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson, 1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Pour répondre spécifiquement aux questions d'effet de profil et d'asymétrie gauche/droite, un test de significativité univarié pour comparaison planifiée fut mené en contrastant les vues de profil aux autres angles de vue, et un autre fut mené en contrastant angles de vue gauches et droites. Ce deuxième test fut planifié pour chaque émotion séparément. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal de l'Emotion n'était pas significatif ($F_{(1,27)} = 1,16$; $p = 0,29$). L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(6,162)} = 17,04$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,39$) (figure 17). Les temps de réponse étaient significativement plus lents pour le 90°G et le 90°D par rapport à tous les autres angles de vue ($p < 0,05$). Le test de comparaison planifiée entre vues de profil et les autres angles de vue était significatif ($F_{(1,27)} = 74,02$; $p < 0,001$).

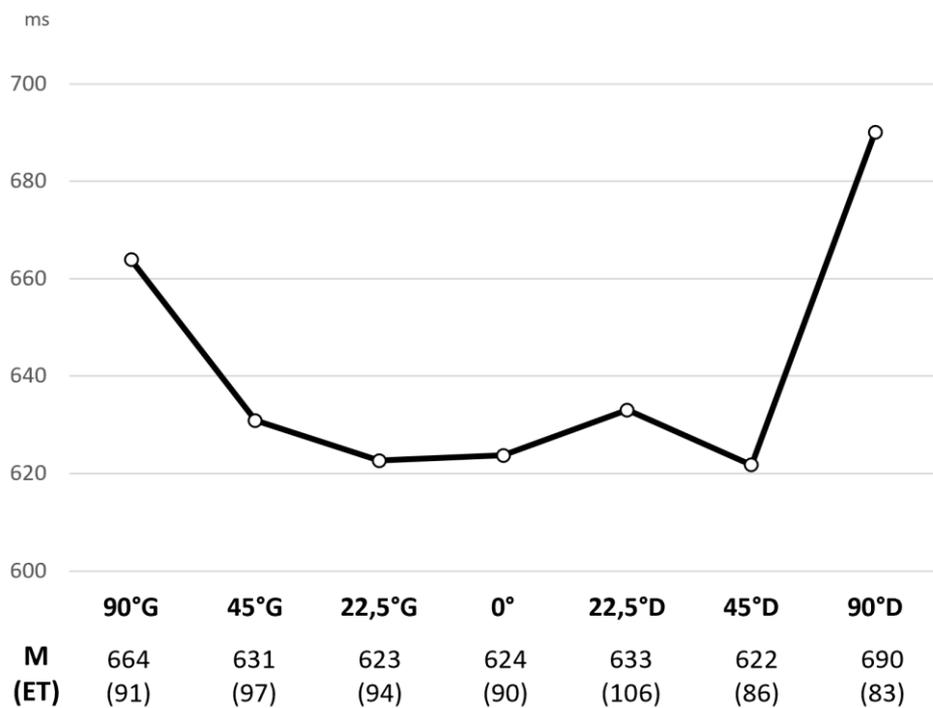


Figure 17 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 2.

Il y avait une interaction significative entre Emotion et Angle de vue ($F_{(6,162)} = 3,86$; $p = 0,001$; $\eta^2_p = 0,13$) (figure 18). Les temps de réponses étaient plus rapides pour la joie que pour la colère de face ($p = 0,039$), mais plus rapides pour la colère que pour la joie de profil droit ($p < 0,001$). L'effet de face résultait à la fois d'un avantage joie : 0° plus rapide que 90°G ($p < 0,001$), 45°G ($p = 0,036$) et 90°D ($p < 0,001$) et d'un désavantage colère : 0° plus

lent que 45°D ($p = 0,037$). Le test de comparaison planifiée entre vues gauches et droites était significatif pour la joie ($F_{(1,27)} = 8,54$; $p = 0,007$) mais pas pour la colère ($F_{(1,27)} < 1$).

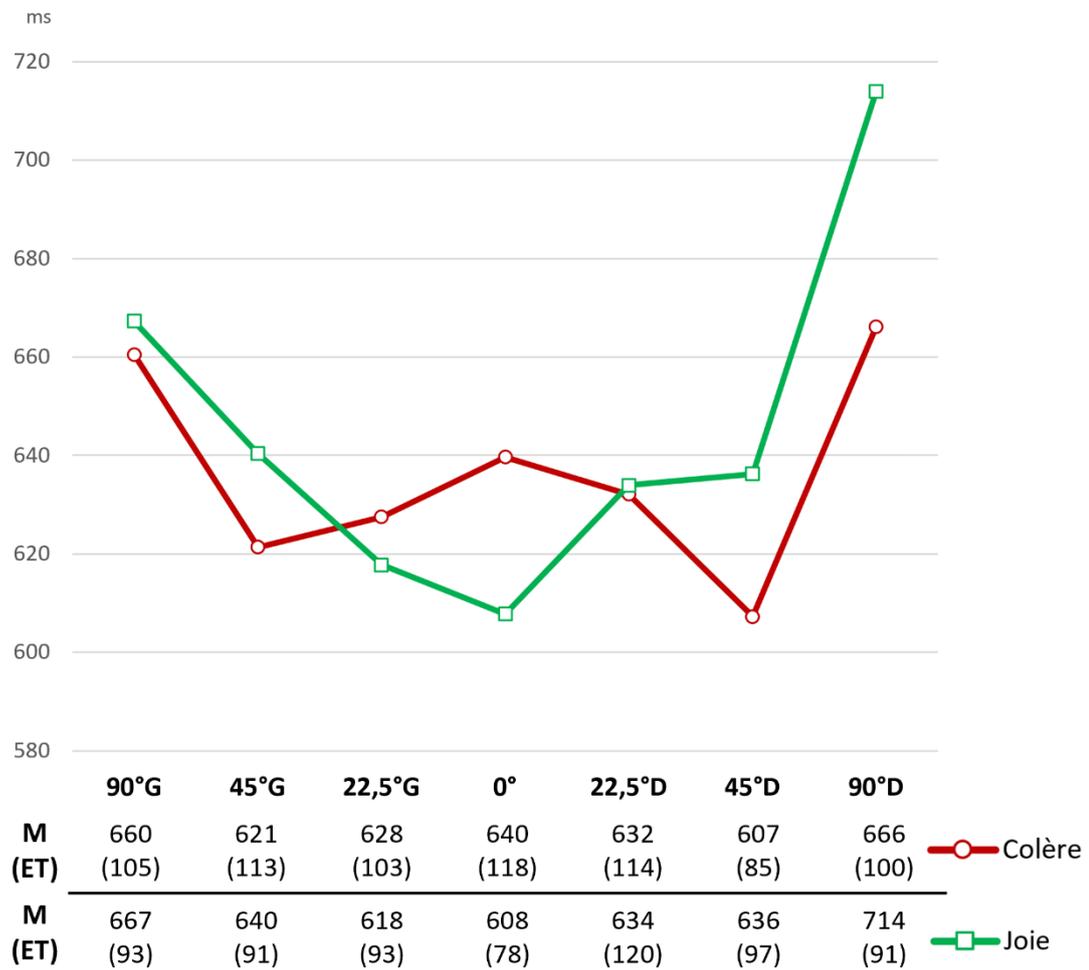


Figure 18 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 2.

8.4 Expérience 3 « colère-joie sans profil »

L'effet d'avantage de trois-quarts peut être dû à des caractéristiques inhérentes (vue canonique), ou aux conditions méthodologiques, en particulier à un biais attentionnel centré sur la moyenne des vues testées (Arnold & Siéroff, 2012a). L'expérience 3 était identique à l'expérience 1, mais nous avons ôté les profils. La moyenne des valeurs absolues des angles de vue s'éloigne donc de 45° et se rapproche de la vue de face et des 22,5° (27° pour être précis). Si l'avantage des trois-quarts est indépendant des vues testées, alors il devrait être identique entre l'expérience 1 et l'expérience 3. En revanche si cet avantage dépend des vues testées, il devrait être centré sur 45° pour l'expérience 1, et centré sur 22,5° pour l'expérience 3.

8.4.1 Méthode

8.4.1.1 Participants

Vingt-huit participants (23 femmes et 5 hommes, $M = 24,8$ ans ; $ET = 8,3$ ans ; 19-47 ans) de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris-Cité participèrent en échange de crédits académiques. Tous étaient droitiers (d'après une présélection utilisant un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

8.4.1.2 Matériel et procédure

Le matériel et la procédure étaient similaires à ceux de l'expérience 1 (8.2.1.2), mais les vues de profil furent retirées, ce qui réduisit la variable Angle de vue à cinq modalités (45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D et 45°D) au lieu de sept, et le nombre total d'essais à 100 au lieu de 140.

8.4.2 Résultats

Le taux d'erreurs et les temps de réponse pour les réponses correctes furent enregistrés. Comme le taux d'erreurs était très bas (3,2%), aucune analyse ne fut menée sur le taux d'erreurs. Pour chaque condition et chaque participant, les temps de réponse qui excédaient la moyenne de plus de 2,5 ET étaient exclus de l'analyse parce que le participant était considéré distrait pour cet essai (Anscombe, 1960). Ceci représenta une exclusion de 0,6% des essais. Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17).

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser les temps de réponse, avec Emotion (colère, joie) et Angle de vue (45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D, 45°D) comme variables intra-sujets. Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson, 1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Pour répondre spécifiquement à la question d'asymétrie gauche/droite, un test de significativité univarié pour comparaison planifiée fut mené pour chaque émotion séparément en contrastant angles de vue gauches et droites. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal de l'Emotion n'était pas significatif ($F_{(1,27)} = 3,81$; $p = 0,06$). L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(4,108)} = 9,56$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,26$) (figure 19). Les temps de réponse étaient significativement plus lents pour la vue de face et le 22°D par rapport à tous les autres angles de vue ($p < 0,05$).

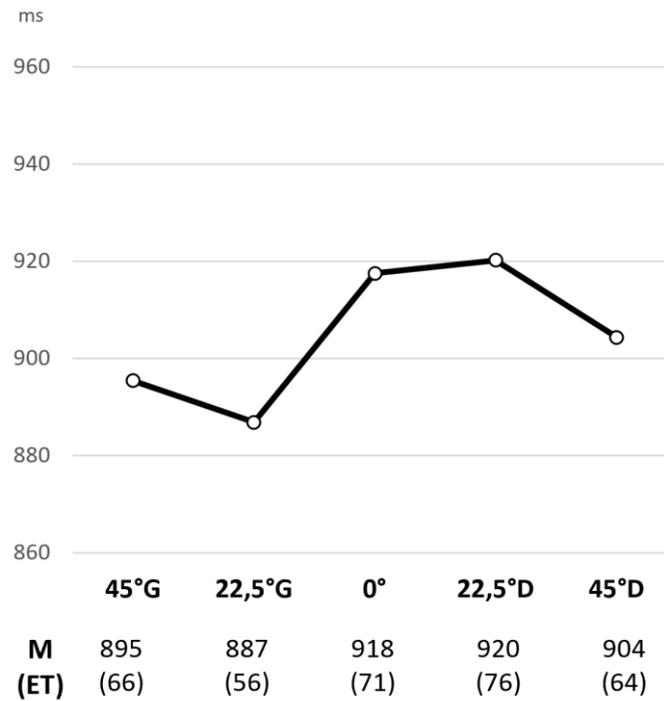


Figure 19 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 3.

Il y avait une interaction significative entre Emotion et Angle de vue ($F_{(4,108)} = 4,03$; $p = 0,004$; $\eta^2_p = 0,13$) (figure 20). La joie était significativement plus rapide que la colère pour les angles 22,5°G ($p < 0,001$) et 45°D ($p = 0,015$). La colère était significativement plus rapide pour le 45°G que pour le 45°D ($p = 0,006$) et la joie était significativement plus rapide pour le 22,5°G que pour le 22,5°D ($p < 0,001$). Le test de comparaison planifiée entre vues

gauches et droites était significatif pour la colère ($F_{(1,27)} = 11,10$; $p = 0,003$) et pour la joie ($F_{(1,27)} = 11,24$; $p = 0,002$).

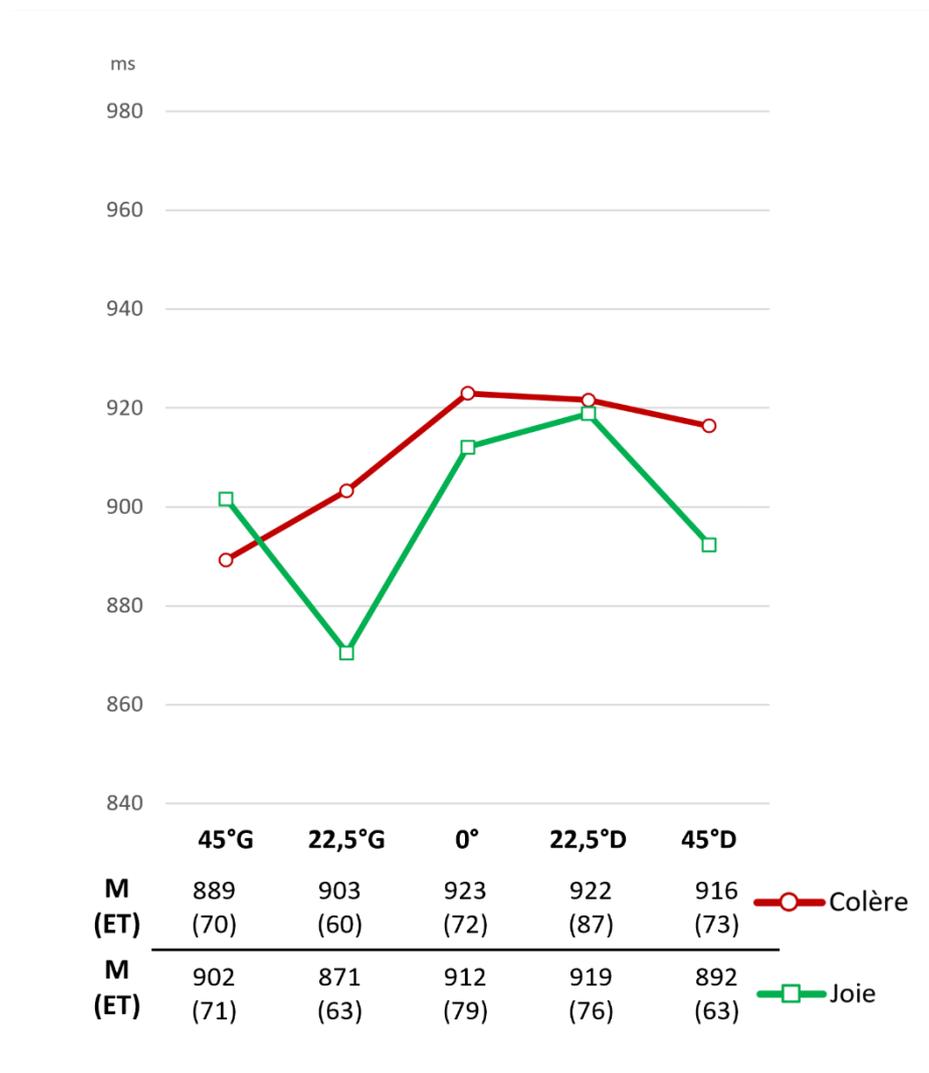


Figure 20 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 3.

8.5 Discussion

Dans chacune de ces trois expériences nous avons obtenu un effet de l'angle de vue montrant que les performances d'identification des expressions faciales émotionnelles dépendent de l'angle de vue.

Un désavantage pour les angles de profil n'a été retrouvé que pour l'expérience 2, lorsque nous avons utilisé des images d'expressions statiques présentées pendant seulement 300 ms, et non pour l'expérience 1 lorsque nous avons utilisé des vidéos d'expressions dynamiques où l'expression faciale émotionnelle était visible environ 600 ms. Nous répliquons donc à la fois les études qui trouvent un effet de profil (Guo & Shaw, 2015 ; Skowronski *et al.*, 2014) et celles qui n'en trouvent pas (Kleck & Mendolia, 1990 ; Matsumoto & Hwang, 2011 ; Surcinelli *et al.*, 2022) et aboutissons à la même conclusion que Skowronski *et al.* (2014), l'effet de profil pour les expressions faciales émotionnelles n'est détectable que lorsque les images sont brièvement présentées. Toutefois l'influence des informations dynamiques sur l'apparition d'un effet de profil reste à investiguer et pourrait faire l'objet de futures recherches.

Nous avons également obtenu, dans chacune des trois expériences, un effet d'avantage des trois-quarts pour l'identification des expressions faciales émotionnelles. A notre connaissance il s'agit de la première fois qu'un tel effet est rapporté. Dans l'expérience 1, l'effet de trois-quarts a été obtenu pour le 45° et le 22,5°, mais seulement à gauche. Ce résultat est similaire à l'asymétrie en faveur de la gauche retrouvée pour la reconnaissance des visages (Arnold *et al.*, 2013 ; Siéroff, 2001 ; Yamamoto *et al.*, 2005) qui semble le mieux expliquée par un avantage de l'hémisphère droit pour les visages (Arnold *et al.*, 2013). L'avantage des trois-quarts gauches de l'expérience 1 pourrait être expliqué par le modèle de l'hémisphère

droit qui suppose un traitement préférentiel des expressions faciales émotionnelles par l'hémisphère cérébral droit (Gainotti, 2019 ; Ley & Bryden, 1979 ; Suberi & McKeever, 1977). Dans l'expérience 2 nous n'avons pas trouvé d'effet de trois-quarts global, seulement un avantage pour les 45° lorsque les visages exprimaient la colère, et seulement significative à droite. Ainsi, les informations spatiotemporelles contenus dans les vidéos dynamiques pourraient être importantes pour l'apparition d'un effet de trois-quarts lors d'identification des expressions faciales émotionnelles. L'avantage pour les trois-quarts a persisté dans l'expérience 3 malgré l'absence des vues de profil. Ainsi il est peu probable que l'effet de trois-quarts soit dû uniquement à un biais attentionnel vers la vue la moyenne des vues testées (Arnold & Siéoff, 2012a) mais plutôt, comme prévu par l'hypothèse de vue canonique, par un avantage inhérent à la vue de trois-quarts, telle que sa qualité supposée de vue plus informative (Logie *et al.*, 1987 ; Fagan, 1979), l'activation de plusieurs voies de traitement (Perrett *et al.*, 1985 ; Perrett *et al.*, 1991), ou la création d'une image mentale centrée sur cette vue (Bruce, *et al.*, 1987 ; Palmer *et al.*, 1981).

Dans l'expérience 1 nous avons trouvé une asymétrie significative de la colère (en faveur de la gauche), mais pas de la joie. En revanche une asymétrie significative en faveur de la gauche est retrouvée pour la joie dans l'expérience 2, notamment parce que les temps de réponse sont plus lents, pour la joie, pour les profils droits comparés aux profils gauches. Enfin, dans l'expérience 3, nous avons trouvé une asymétrie en faveur de la gauche et pour la colère et pour la joie. Au total, les deux émotions semblent globalement susciter des temps de réponse plus rapides à gauche qu'à droite, un résultat davantage en faveur du modèle de l'hémisphère droit (Gainotti, 2019 ; Ley & Bryden, 1979 ; Suberi & McKeever, 1977) que du modèle de valence émotionnelle (Jansari *et al.*, 2000 ; Reuter-Lorenz *et al.*, 1983). La perte d'un avantage gauche pour la colère accompagnant la perte des informations dynamiques

suggère que l'effet d'asymétrie gauche trouvée dans l'expérience 1 et 3 serait davantage dû à une asymétrie motrice (particulièrement visible dans un décours spatiotemporel) que perceptive, mais d'autres études sont nécessaires pour tester cette supposition (voir l'expérience 4).

Enfin, nous avons trouvé un effet de positivité seulement pour certains angles de vue (45°D dans l'expérience 1 ; 0° dans l'expérience 2 ; 22,5°G et 45°D dans l'expérience 3), et non pour tous, ce qui contredit l'idée d'un biais cognitif général en faveur des émotions positives (Becker & Srinivason, 2014 ; Leppänen & Hietanen, 2004). C'est cet effet de positivité en fonction des angles de vue que nous explorons davantage dans le chapitre 9.

Chapitre 9 : Effet de positivité et perception des expressions

faciales émotionnelles selon différents angles de vue

(Expériences 4 à 7)

9.1 Introduction

Un effet de positivité, c'est à dire de meilleures performances pour la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles positives par rapport aux négatives, a été souvent rapporté (Becker & Srinivasan, 2014 ; Kauschke *et al.*, 2019 ; Nummenmaa & Calvo, 2015). Mais la cause de l'effet de positivité demeure débattue. L'effet de positivité pourrait être dû à des contraintes méthodologiques qui favorisent une confusion des émotions négatives, notamment si les participants doivent identifier une émotion à partir d'une liste qui comporte plusieurs émotions négatives, et seulement une ou deux émotions positives (Kauschke *et al.*, 2019). L'effet de positivité pourrait être dû à des caractéristiques de bas niveau qui rendent les visages positifs plus distinctifs visuellement, on parle alors de biais de saillance (Calvo et Nummenmaa, 2008, 2011, 2016). L'effet de positivité pourrait être également causé par un biais du système cognitif qui favoriserait le traitement de stimulus positifs par rapport aux stimulus négatifs, on parle alors de biais de positivité (Becker & Srinivason, 2014 ; Leppänen & Hietanen, 2004). Enfin, en prenant en compte la possibilité d'asymétrie droite-gauche, comme par exemple lorsque l'on utilise plusieurs angles de vue, l'effet de positivité pourrait être asymétrique selon le côté. Le modèle de la valence émotionnelle prédit un avantage de positivité du côté droit, mais de négativité du côté gauche à cause d'un traitement préférentiel d'un hémisphère ou de l'autre (Jansari *et al.*, 2000 ; Reuter-Lorenz *et al.*, 1983).

L'objectif des quatre expériences de ce chapitre est de comparer les prédictions des différentes hypothèses explicatives de l'effet de positivité et de les confronter à nos résultats. L'utilisation de différents angles de vue offre un moyen d'opposer ces différentes hypothèses (figure 21) qui autrement pourraient être confondus de face (biais de saillance et biais de positivité en particulier – voir Leppänen & Hietanen, 2004).

L'hypothèse de confusion des émotions négatives dû au déséquilibre du nombre d'émotions positives et négatives ne semble pas applicable aux expériences que nous avons mené dans le cadre de ce travail puisque les participants avaient le choix entre une émotion négative et une émotion positive (expériences 1 à 8), ou entre deux émotions négatives et deux émotions positives (expérience 9). Aussi nous ne discuterons pas cette hypothèse davantage.

L'hypothèse de biais de saillance prédit un effet de positivité, ou de négativité, selon l'angle de vue, qui dépend de si les traits caractéristiques d'une émotion positive ou négative sont plus ou moins bien vus selon chaque angle. La reconnaissance de la joie est basée surtout sur la détection du sourire (Calvo & Nummenmaa, 2016 ; Eisenbarth & Alpers, 2011) qui pourrait être plus saillant de face que de côté, en revanche la colère est exprimée par une contraction verticale d'éléments proximaux qui pourrait être plus saillante de trois-quarts ou de profil (voir figure 9). De plus les vues de côté, surtout les profils, pourraient désavantager l'analyse de la région de la bouche en faveur de la région des yeux (Stephan & Caine, 2007) or la joie est mieux reconnue sur des vues inférieures du visage que supérieures, tandis que l'inverse est vrai pour la colère, la peur et la tristesse (Beaudry *et al.*, 2014). L'hypothèse de saillance pourrait donc expliquer un effet de positivité pour les vues de face, ou proches de la face, et un effet de négativité pour les vues loin de la face (figure 21-a). Les résultats que nous avons obtenus dans l'expérience 2 soutiennent en partie cette hypothèse puisque nous avons

trouvé un effet de positivité de face, mais pas pour les autres angles de vue (figure 18). Dans une moindre mesure, les résultats de l'expérience 3, un effet de positivité seulement pour le 22,5°G, semblent également en faveur de l'hypothèse de saillance (figure 20).

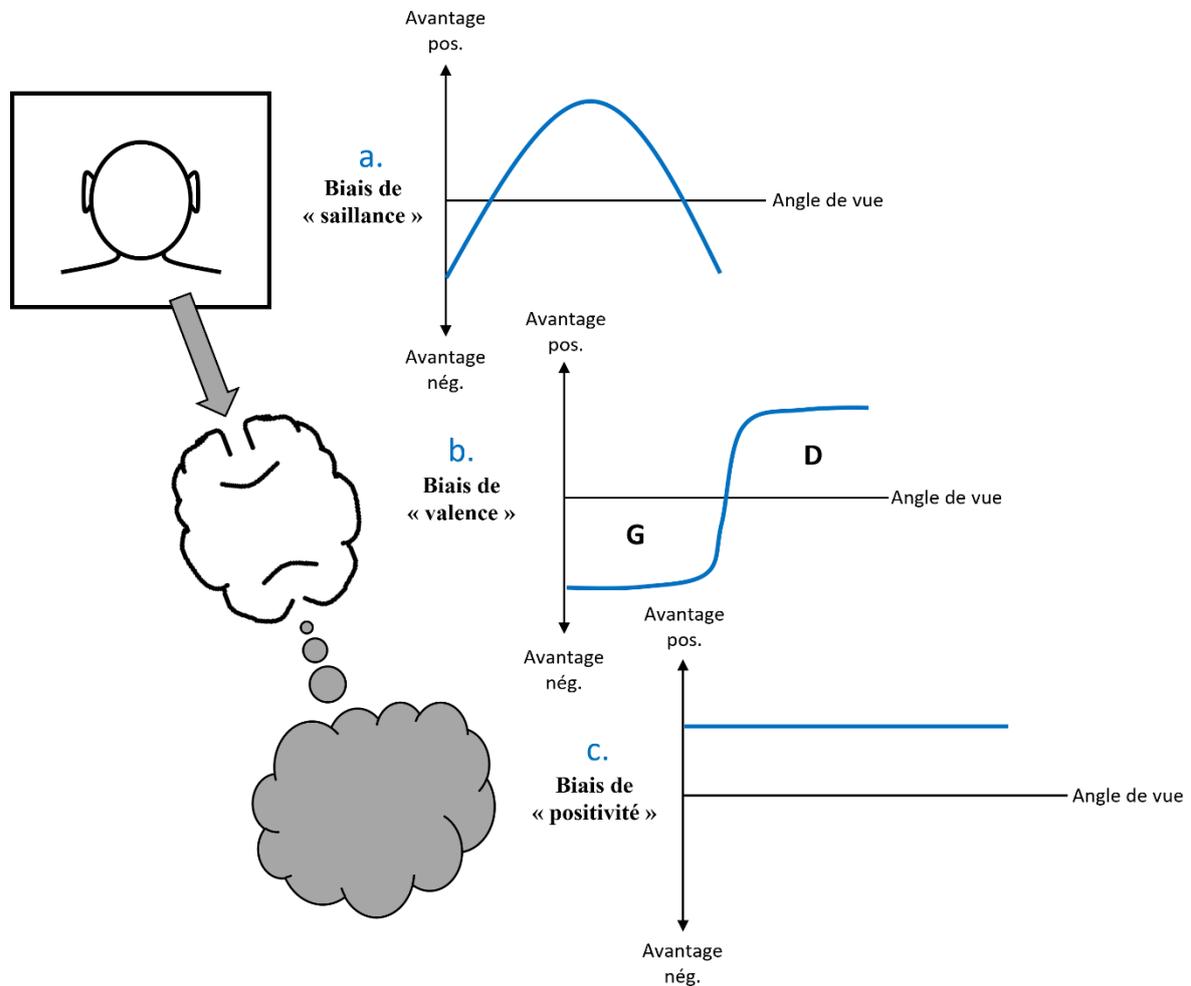


Figure 21 : Effet de positivité selon l'angle tel que prédit par un biais de saillance (a), par un biais de valence émotionnel (b) ou par un biais cognitif de positivité (c).

L'hypothèse de valence émotionnelle prédit un effet de positivité seulement du côté droit, traité préférentiellement par l'hémisphère gauche et un effet de négativité du côté gauche, traité préférentiellement par l'hémisphère droit (figure 21-b, voir également figure 6).

Les résultats que nous avons obtenus dans l'expérience 1 soutiennent en partie cette hypothèse puisque nous avons trouvé un effet de négativité pour le trois-quarts gauche, et un effet de positivité pour le trois-quarts droit (figure 16). Il faut également distinguer entre un biais de motricité et un biais de perception. Le biais de perception dépend de l'observateur, alors que le biais de motricité dépend du modèle. Par exemple, un modèle plus expressif aura tendance à produire un stimulus plus saillant, par une exagération des traits exprimant une émotion. Selon le modèle de la valence, les émotions positives seraient exprimées plus intensément du côté droit du visage, et les émotions négatives du côté gauche (Demaree, 2005 ; Güntürkün *et al.*, 2020). L'effet de motricité est donc intimement lié à la création des stimulus. Dans une tâche de reconnaissance des expressions faciales, un effet dû à un biais de motricité sera affecté par une manipulation des stimulus, tel qu'une inversion en miroir, mais pas un biais de perception. Cette inversion permet de distinguer entre un effet de valence émotionnelle qui serait dû à une asymétrie motrice des modèles ou à une asymétrie perceptive des participants (Nicholls *et al.*, 2004).

L'hypothèse de biais cognitif de positivité prédit un effet de positivité global, quel que soit l'angle de vue (figure 21-c). Cette hypothèse semble contredite par les résultats de nos trois premières expériences, mais il faut noter que toutes ces hypothèses d'explication de l'effet de positivité ne sont pas nécessairement mutuellement exclusives.

Enfin, une hypothèse explicative alternative pour l'effet de positivité de face, comme celui retrouvé dans l'expérience 2 que nous avons suggéré être en faveur de l'hypothèse de saillance, serait un effet de l'orientation de la tête. Certaines émotions sont jugées plus intenses, et classifiées plus rapidement, par des participants lorsque le regard leur fait face (Adams & Kleck, 2005 ; Sander *et al.*, 2007). On peut supposer que cette intensité serait corrélée à une plus grande « excitation » d'après le modèle circomplexe (Posner *et al.*, 2005 ;

Russel, 1980). Certaines études ont montré que les expressions faciales émotionnelles sont jugées plus intenses de face (Ensenberg *et al.*, 2017 ; Guo & Shaw, 2015 ; Sato *et al.*, 2004 ; Schrammel *et al.*, 2009).

L'objectif de l'expérience 4 était de tester l'hypothèse de motricité et l'hypothèse de perception pour expliquer le résultat de positivité du trois-quarts droit et de négativité du trois-quarts gauche retrouvé dans l'expérience 1. L'expérience 4 était identique à l'expérience 1 (mêmes émotions, mêmes vidéos, mêmes angles de vue, même consigne) mais les vidéos ont été inversés en miroir (symétrie axiale verticale). Si l'effet de négativité du côté gauche est dû à la motricité des modèles, on devrait constater un effet de négativité des côtés droits (côtés gauches originellement) dans l'expérience 4, mais si l'effet de négativité du côté gauche est dû à un effet perceptif chez les participants, il devrait demeurer inchangé dans l'expérience 4, et *vice-versa* pour l'effet de positivité du côté droit.

Selon l'hypothèse de saillance, la joie serait plus facile à discriminer que la colère à cause de caractéristiques visuelles. Cet avantage serait dû en majeure partie à la saillance de la bouche lors d'une expression de joie (Calvo & Nummenmaa, 2016 ; Eisenbarth & Alpers, 2011). Selon l'hypothèse de saillance, si l'on diminue la saillance du sourire, on prédit une perte de l'effet de positivité, mais seulement pour les angles de vue où cette saillance du sourire conférait un avantage (le trois-quarts droit en particulier étant donné les résultats de l'expérience 1). Mais en diminuant la saillance du sourire, l'intensité globale de l'expression de joie devrait être diminuée. Selon l'hypothèse de biais cognitif on prédit alors qu'en diminuant la saillance du sourire on produise un effet de négativité global, indépendamment de l'angle de vue. Ce sont ces deux hypothèses que nous avons testées dans l'expérience 5. L'expérience 5 était identique à l'expérience 1 mais les expressions de joie étaient remplacées par des expressions moins intenses pour lesquelles les participants étaient spécifiquement

instruits de garder la bouche fermée en souriant. Bien qu'il s'agisse d'une expression de joie également, nous avons appelé cette condition « sourire » pour la distinguer des expressions « joie » prototypiques (bouche ouverte) utilisées dans toutes les autres expériences.

Dans l'expérience 1 nous avons obtenu un effet de négativité pour le trois-quarts gauche. Nous avons aussi trouvé que l'expression de colère était reconnue plus rapidement du côté gauche que du côté droit. Cette asymétrie peut être due à un biais en faveur des émotions négatives du côté gauche (Jansari *et al.*, 2000 ; Reuter-Lorenz *et al.*, 1983) ou à une simple asymétrie motrice dans l'expression de la colère. Parce que l'expression de chaque émotion requiert l'activation d'un ensemble de muscles différents (Kohler *et al.*, 2004), l'asymétrie motrice peut différer d'une émotion négative à l'autre. L'expérience 6 était identique à l'expérience 1, mais les expressions de colère étaient remplacées par des expressions de peur. Selon le modèle de la valence émotionnelle, on devrait aussi trouver un avantage à gauche pour la peur. Si on ne retrouve pas d'asymétrie en faveur de la gauche pour la peur, l'asymétrie de la colère n'est sans doute pas due au caractère négatif de cette émotion mais à la configuration musculaire de son expression. Il est vrai cependant que colère et peur ont souvent été distinguées comme une émotion d'approche et une émotion d'évitement respectivement (Demaree, 2005 ; Güntürkün *et al.*, 2020) mais le modèle de l'approche/évitement prédit un avantage droit pour la colère, ce qui est l'opposé des résultats que nous avons obtenus dans l'expérience 1.

Dans l'expérience 2 nous avons trouvé un effet de positivité de face seulement. Cet effet pourrait ne pas être due à une plus grande saillance du sourire de face, mais plutôt à un effet d'orientation de la tête qui ferait qu'en tant qu'observateur on se sente plus concerné par une expression émotionnelle de face (Van der Schalk *et al.*, 2011) rendant l'expérience émotionnelle plus intense (Ensenberg *et al.*, 2017 ; Guo & Shaw, 2015 ; Sato *et al.*, 2004 ;

Schrammel *et al.*, 2009). Dans l'expérience 7 nous avons donc demandé aux participants d'évaluer l'intensité des expressions de joie et de colère. Si un effet de positivité de face est dû à un effet d'orientation du regard, alors la joie devrait être jugée plus intense que la colère, seulement de face. Si la joie est plus intense que la colère indépendamment de l'angle de vue, ou la colère plus intense que la joie, l'effet de positivité de face est bien dû à un effet de saillance, et non dû à l'orientation de la tête.

9.2 Expérience 4 « colère-joie miroir »

L'expérience 4 était identique à l'expérience 1 mais les vidéos ont été inversés en miroir (symétrie axiale verticale) pour tester l'hypothèse de motricité et l'hypothèse de perception. Si l'effet de négativité du côté gauche est dû à la motricité des modèles, on devrait constater un effet de négativité des côtés droits (côtés gauches originellement) dans l'expérience 4, mais si l'effet de négativité du côté gauche est dû à un effet perceptif chez les participants, il devrait demeurer inchangé dans l'expérience 4, et *vice-versa* pour l'effet de positivité du côté droit.

9.2.1 Méthode

9.2.1.1 Participants

Vingt-huit participants (26 femmes et 2 hommes, $M = 20,4$ ans ; $ET = 1,5$ ans ; 18-25 ans) de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris-Cité participèrent en échange de crédits académiques. Tous étaient droitiers (d'après une présélection utilisant un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent

une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

9.2.1.2 Matériel et procédure

Le matériel et la procédure étaient similaires à ceux de l'expérience 1 (8.2.1.2), mais les vidéos avaient été manipulées par une symétrie axiale verticale. Ainsi une vue de côté où le modèle semble regarder vers la gauche du participant (semble présenter son côté droit) est en réalité le côté droit du modèle et *vice-versa*. Dans les résultats, les côtés sont indiqués par leur côté apparent (tel qu'il apparaît au participant et non le côté réel du modèle). Les participants n'étaient pas prévenus de cette manipulation des vidéos.

9.2.2 Résultats

Le taux d'erreurs et les temps de réponse pour les réponses correctes furent enregistrés. Comme le taux d'erreurs était très bas (2,7%), aucune analyse ne fut menée sur le taux d'erreurs. Pour chaque condition et chaque participant, les temps de réponse qui excédaient la moyenne de plus de 2,5 ET étaient exclus de l'analyse parce que le participant était considéré distrait pour cet essai (Anscombe, 1960). Ceci représenta une exclusion de 0,8% des essais. Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17).

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser les temps de réponse, avec Emotion (colère, joie) et Angle de vue (90°G, 45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson,

1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Pour répondre spécifiquement aux questions d'effet de profil et d'asymétrie gauche/droite, un test de significativité univarié pour comparaison planifiée fut mené en contrastant les vues de profil aux autres angles de vue, et un autre fut mené en contrastant angles de vue gauches et droites. Ce deuxième test fut planifié pour chaque émotion séparément. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal de l'Emotion n'était pas significatif ($F_{(1,27)} = 2,12$; $p = 0,16$). L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(6,162)} = 2,50$; $p = 0,024$; $\eta^2_p = 0,08$) (figure 22). Les temps de réponse étaient plus rapides pour le 22,5°D que pour le 22,5°G ($p = 0,001$), le 45°G ($p = 0,036$) et le 90°D ($p = 0,014$). Le test de comparaison planifiée entre vues de profil et les autres angles de vue n'était pas significatif ($F_{(1,27)} < 1$).

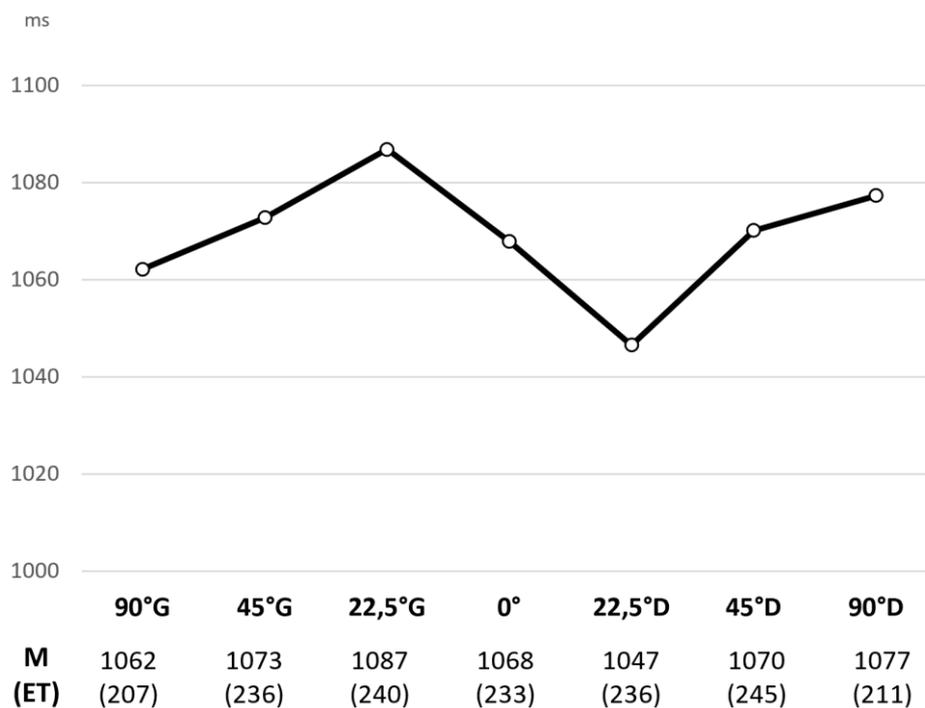


Figure 22 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 4.

L'interaction entre Emotion et Angle de vue n'était pas significative ($F_{(6,162)} = 1,19$; $p = 0,31$). Le test de comparaison planifiée entre vues gauches et droites n'était significatif ni pour la colère ($F_{(1,27)} = 2,45$; $p = 0,13$), ni pour la joie ($F_{(1,27)} < 1$).

9.3 Expérience 5 « colère-sourire »

L'expérience 5 était identique à l'expérience 1 mais les expressions de joie étaient remplacées par des expressions de sourire moins intenses. Selon l'hypothèse de saillance, si l'on diminue la saillance du sourire, on prédit une perte de l'effet de positivité, mais seulement pour les angles de vue où cette saillance du sourire conférerait un avantage (le trois-quarts droit en particulier étant donné les résultats de l'expérience 1). Mais en diminuant la saillance du sourire, l'intensité globale de l'expression de joie devrait être diminuée. Selon l'hypothèse de biais cognitif on prédit alors qu'en diminuant la saillance du sourire on produise un effet de négativité global, indépendamment de l'angle de vue.

9.3.1 Méthode

9.3.1.1 Participants

Vingt-huit participants (24 femmes et 4 hommes, $M = 18,8$ ans ; $ET = 1,3$ ans ; 17-23 ans) de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris-Cité participèrent en échange de crédits académiques. Tous étaient droitiers (d'après une présélection utilisant un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne

connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

9.3.1.2 Matériel et procédure

Le matériel et la procédure étaient similaires à ceux de l'expérience 1 (8.2.1.2), mais les vidéos de joie furent remplacées par des vidéos de sourire. Les vidéos de colère restèrent inchangées. Les consignes et les étiquettes sur le pavé de réponse RB-840 furent changés en conséquence.

9.3.2 Résultats

Le taux d'erreurs et les temps de réponse pour les réponses correctes furent enregistrés. Comme le taux d'erreurs était très bas (3,3%), aucune analyse ne fut menée sur le taux d'erreurs. Pour chaque condition et chaque participant, les temps de réponse qui excédaient la moyenne de plus de 2,5 ET étaient exclus de l'analyse parce que le participant était considéré distrait pour cet essai (Anscombe, 1960). Ceci représenta une exclusion de 0,4% des essais. Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17).

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser les temps de réponse, avec Emotion (colère, sourire) et Angle de vue (90°G, 45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson, 1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Pour répondre spécifiquement aux questions d'effet de profil et d'asymétrie gauche/droite, un test de significativité univarié pour comparaison planifiée fut mené en contrastant les vues de profil aux autres angles de vue, et un autre fut mené en

contrastant angles de vue gauches et droites. Ce deuxième test fut planifié pour chaque émotion séparément. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal de l'Emotion était significatif ($F_{(1,27)} = 11,16$; $p = 0,002$; $\eta^2_p = 0,29$) avec des temps de réponse plus rapides pour le sourire ($M = 874$ ms; $ET = 56$ ms) que pour la colère ($M = 899$ ms; $ET = 69$ ms). L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(6,162)} = 6,36$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,19$) (figure 23). Les temps de réponse étaient significativement plus rapides pour le 90°G et le 45°G comparés à la vue de face ($p < 0,001$; $p < 0,001$), le 45°D ($p < 0,001$; $p < 0,001$) et le 90°D ($p = 0,009$; $p = 0,012$), ainsi que pour le $22,5^\circ\text{G}$ et le $22,5^\circ\text{D}$ comparés à la vue de face ($p = 0,017$; $p = 0,06$) et le 45°D ($p = 0,014$; $p = 0,005$). Le test de comparaison planifiée entre vues de profil et les autres angles de vue n'était pas significatif ($F_{(1,27)} = 2,68$; $p = 0,11$).

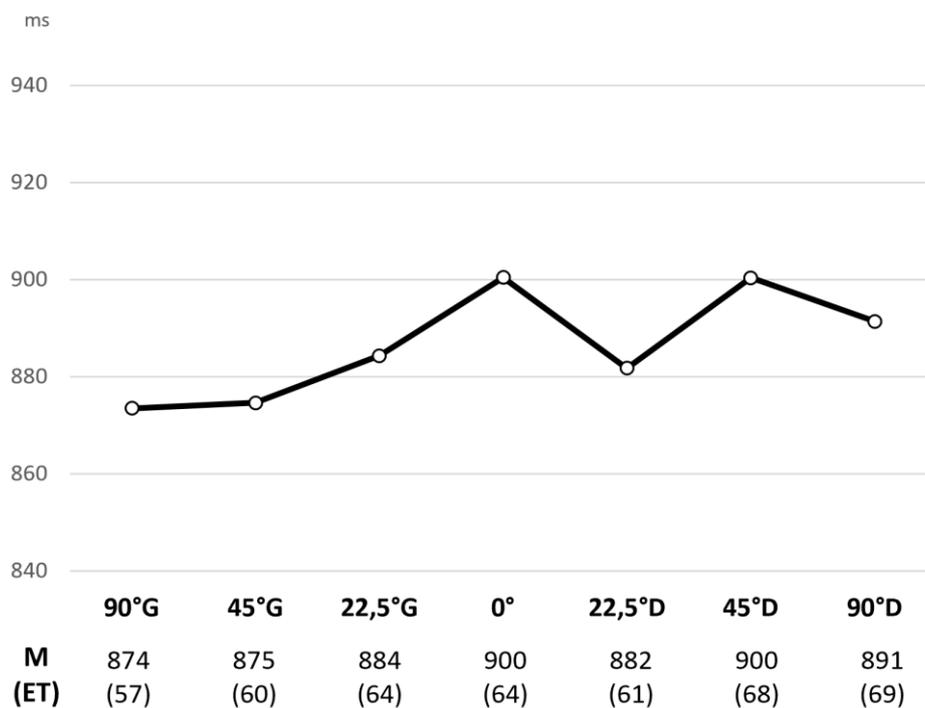


Figure 23 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue pour l'expérience 5.

L'interaction entre Emotion et Angle de vue était significative ($F_{(6,162)} = 2,59$; $p = 0,020$; $\eta^2_p = 0,09$) (figure 24). Le sourire était significativement plus rapide que la colère pour le 0° ($p = 0,002$), le $22,5^\circ\text{D}$ ($p < 0,001$) et le 45°D ($p < 0,001$). Cet effet de positivité était dû à une asymétrie de la colère, qui était significativement plus rapide pour le 90°G que pour le 90°D ($p = 0,025$) et pour le 45°G que pour le 45°D ($p < 0,001$). Il n'y avait pas d'asymétrie gauche/droite significative pour le sourire. Le test de comparaison planifiée entre vues gauches et droites était significatif pour la colère ($F_{(1,27)} = 24,38$; $p < 0,001$) mais pas pour le sourire ($F_{(1,27)} < 1$).

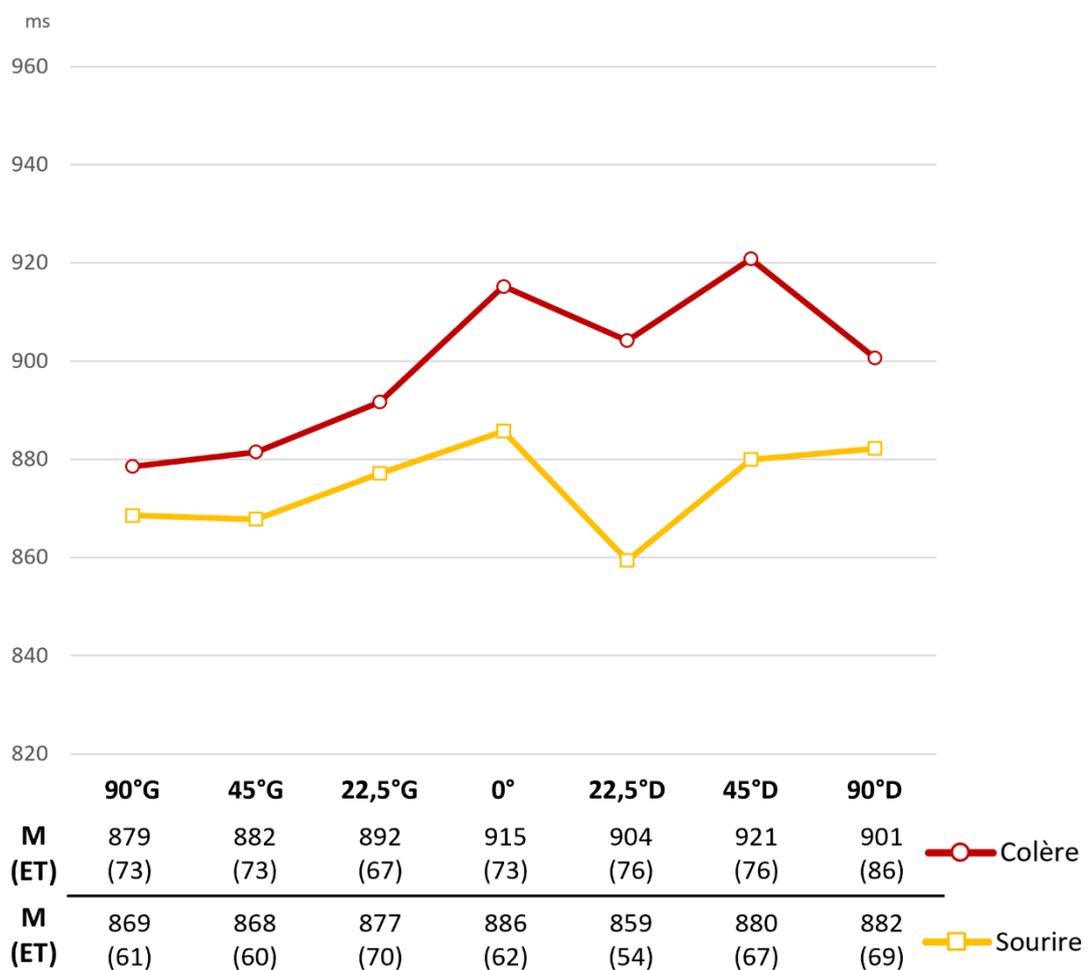


Figure 24 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et sourire) pour l'expérience 5.

9.4 Expérience 6 « peur-joie »

L'expérience 6 était identique à l'expérience 1, mais les expressions de colère étaient remplacées par des expressions de peur. Selon le modèle de la valence émotionnelle, on devrait aussi trouver un avantage à gauche pour la peur puisqu'il s'agit dans les deux cas d'émotions négatives. Si on ne retrouve pas d'asymétrie en faveur de la gauche pour la peur, l'asymétrie de la colère trouvée dans l'expérience 1 n'est sans doute pas due au caractère négatif de cette émotion mais à la configuration musculaire de son expression.

9.4.1 Méthode

9.4.1.1 Participants

Vingt-huit participants (26 femmes et 2 hommes, $M = 18,9$ ans ; $ET = 1,3$ ans ; 17-22 ans) de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris-Cité participèrent en échange de crédits académiques. Tous étaient droitiers (d'après une présélection utilisant un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

9.4.1.2 Matériel et procédure

Le matériel et la procédure étaient similaires à ceux de l'expérience 1 (8.2.1.2), mais les vidéos de colère furent remplacées par des vidéos de peur. Les vidéos de joie restèrent

inchangées. Les consignes et les étiquettes sur le pavé de réponse RB-840 furent changés en conséquence.

9.4.2 Résultats

Le taux d'erreurs et les temps de réponse pour les réponses correctes furent enregistrés. Pour chaque condition et chaque participant, les temps de réponse qui excédaient la moyenne de plus de 2,5 ET étaient exclus de l'analyse parce que le participant était considéré distrait pour cet essai (Anscombe, 1960). Ceci représenta une exclusion de 0,8% des essais. Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17).

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser les temps de réponse, avec Emotion (peur, joie) et Angle de vue (90°G, 45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson, 1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Pour répondre spécifiquement aux questions d'effet de profil et d'asymétrie gauche/droite, un test de significativité univarié pour comparaison planifiée fut mené en contrastant les vues de profil aux autres angles de vue, et un autre fut mené en contrastant angles de vue gauches et droites. Ce deuxième test fut planifié pour chaque émotion séparément. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal de l'Emotion n'était pas significatif ($F_{(1,27)} < 1$) ni l'effet principal de l'Angle de vue ($F_{(6,162)} = 2,08$; $p = 0,059$). Le test de comparaison planifiée entre vues de profil et les autres angles de vue n'était pas significatif ($F_{(1,27)} = 3,66$; $p = 0,07$).

Il y avait une interaction significative entre Emotion et Angle de vue ($F_{(6,162)} = 3,11$; $p = 0,006$; $\eta^2_p = 0,10$) (figure 25) expliquée principalement par des temps de réponse plus rapides pour la joie que pour la peur de face ($p = 0,015$). Cet effet de positivité était dû à un ralentissement des temps de réponse pour la peur de face par rapport aux autres angles de vue ($p < 0,05$). Il n'y avait pas de différences significatives pour la joie de face par rapport aux autres angles. Il y avait aussi des temps de réponse significativement plus rapides pour la joie que pour la peur pour le 22,5°G ($p = 0,016$), mais il n'y avait pas de différences significatives pour la joie ou pour la peur entre les 22,5°G et les autres angles. Le test de comparaison planifiée entre vues gauches et droites n'était significatif ni pour la peur ($F_{(1,27)} < 1$), ni pour la joie ($F_{(1,27)} < 1$).

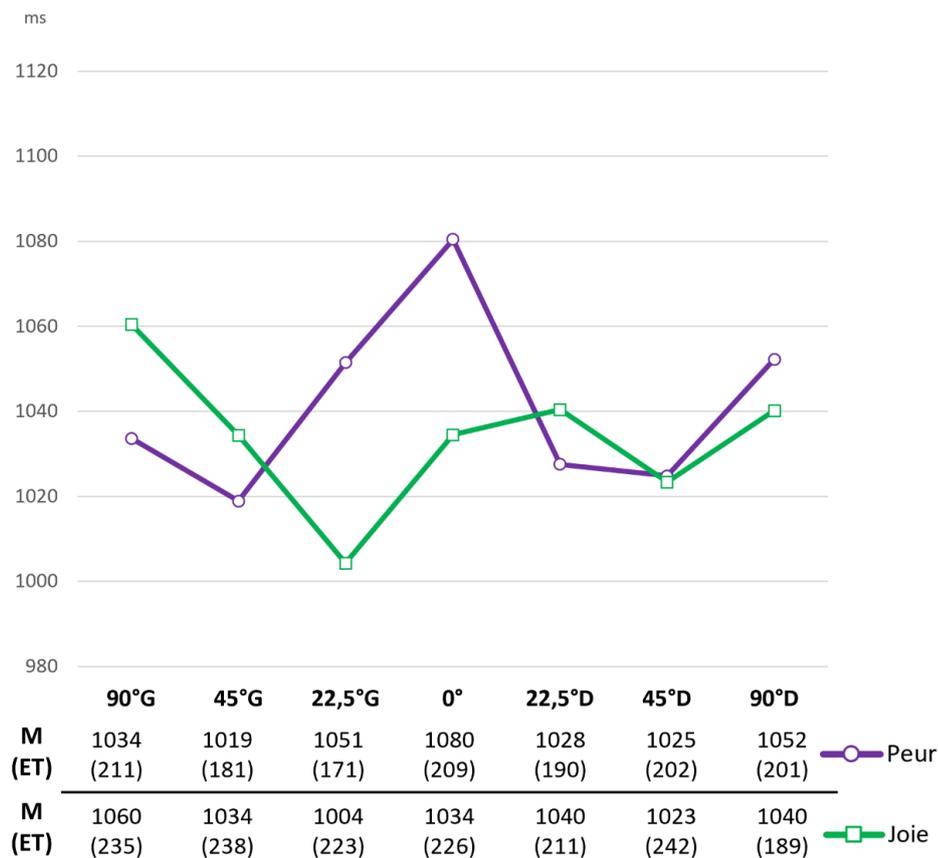


Figure 25 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (peur et joie) pour l'expérience 6.

Comme le taux d'erreurs était plus élevé que pour les autres expériences (6,0%), une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser le taux d'erreurs, avec Emotion (peur, joie) et Angle de vue (90°G, 45°G, 22,5°G, 0°, 22,5°D, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal de l'Emotion était significatif ($F_{(1,27)} = 27,70$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,51$), avec plus d'erreurs pour la peur ($M = 9,1\%$; $ET = 6,2\%$) que pour la joie ($M = 2,9\%$; $ET = 3,0\%$). L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(6,162)} = 6,87$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,20$), et expliqué par un taux plus grand taux d'erreurs pour le 90°D ($M = 10,7\%$; $ET = 8,4\%$) que pour les autres angles de vue ($p < 0,05$) : 90°G ($M = 5,7\%$; $ET = 6,3\%$), 45°G ($M = 4,3\%$; $ET = 5,0\%$), 22,5°G ($M = 4,6\%$; $ET = 5,1\%$), 0° ($M = 7,0\%$; $ET = 4,6\%$), 22,5°D ($M = 6,6\%$; $ET = 5,9\%$) et 45°D ($M = 3,0\%$; $ET = 5,7\%$).

Il y avait une interaction significative entre Emotion et Angle de vue ($F_{(6,162)} = 5,08$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,16$) (figure 26) expliquée principalement par plus d'erreurs pour la peur que pour la joie de face ($p < 0,001$) mais aussi de 90°G ($p < 0,001$) et 90°D ($p < 0,001$). Cet effet de positivité était dû à une augmentation des erreurs pour la peur de face par rapport aux autres angles de vue sauf le 90°D ($p < 0,05$) et une augmentation des erreurs pour la peur du 90°G par rapport au 45°D ($p = 0,008$) et du 90°D par rapport aux autres angles de vue sauf la face ($p < 0,001$). Il n'y avait pas de différences significatives pour la joie à l'exception d'une différence entre le 0° et le 90°D ($p = 0,038$).

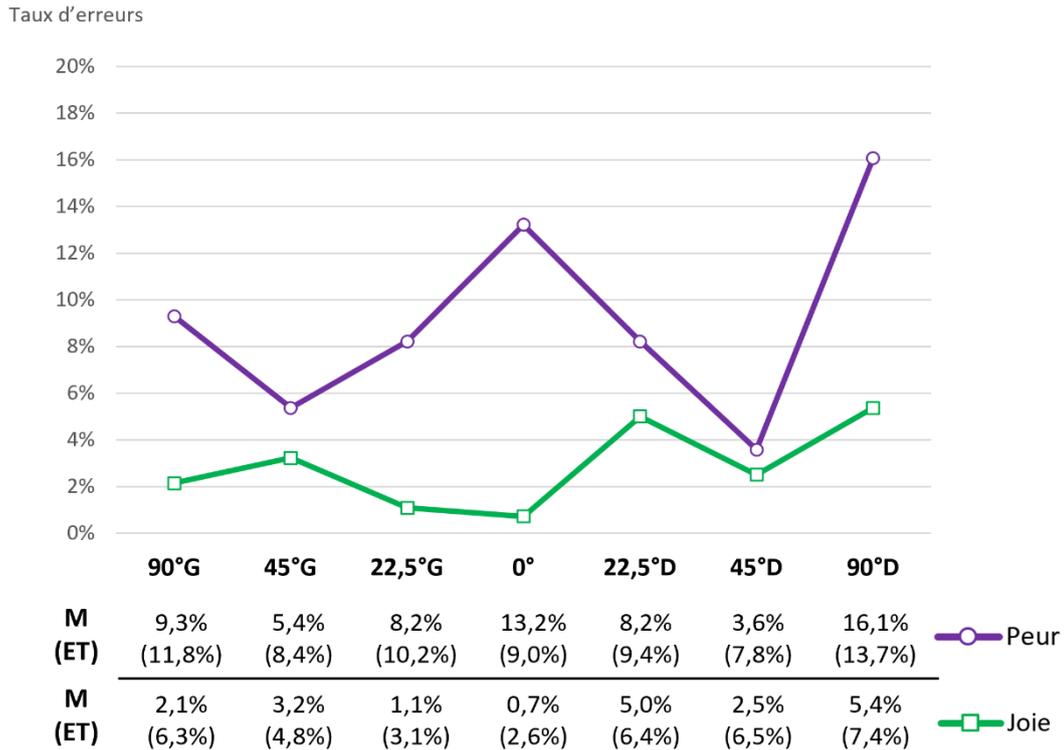


Figure 26 : Taux d'erreurs (%) selon l'angle de vue et l'émotion (peur et joie) pour l'expérience 6.

9.5 Expérience 7 « colère-joie intensité »

Dans l'expérience 7 nous avons demandé aux participants d'évaluer l'intensité des expressions de joie et de colère. Si un effet de positivité de face est dû à un effet d'orientation du regard, alors la joie devrait être jugée plus intense que la colère, seulement de face. Si la joie est plus intense que la colère indépendamment de l'angle de vue, ou la colère plus intense que la joie, l'effet de positivité de face serait plutôt dû à un effet de saillance, et non dû à l'orientation de la tête.

9.5.1 Méthode

9.5.1.1 Participants

Douze participants (11 femmes et 1 homme, $M = 21,5$ ans ; $ET = 2,8$ ans ; 19-29 ans) de l'Institut de Psychologie de l'Université Paris-Cité participèrent en échange de crédits académiques. Tous étaient droitiers (d'après une présélection utilisant un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

9.5.1.2 Matériel et procédure

Le matériel et la procédure étaient similaires à ceux de l'expérience 1 (8.2.1.2), mais au lieu de faire une tâche de reconnaissance, il s'agissait d'une tâche de jugement d'intensité. La réponse des participants était enregistrée sur le pavé de réponse RB-840. Cinq touches étaient disponibles aux participants. La première était étiquetée « peu intense », la troisième « assez intense » et la cinquième « très intense ». Les participants étaient instruits que s'ils appuyaient sur le deuxième bouton cela compterait comme une réponse intermédiaire entre « peu intense » et « assez intense » et pareillement pour le quatrième bouton entre « assez » et « très intense ». La présentation des stimulus était légèrement différente de l'expérience 1 (8.2.1.2) car, après un intervalle inter-essai de 1000 ms, l'émotion qui allait apparaître était annoncée à l'écran (joie ou colère) pendant 500 ms, suivi d'un intervalle inter-stimulus de 500 ms, de la présentation du stimulus pendant environ 1000 ms et enfin d'un écran noir. Les participants avaient un temps illimité pour faire leur réponse. L'ordre de présentation n'était pas aléatoire, mais chaque modèle était vu par bloc (l'ordre des blocs fut contrebalancés entre

les participants) afin de limiter l'influence d'une décision basée sur les différences entre expressivités inter-modèles et de focaliser l'attention sur les différences entre émotions et entre angles. Pour chaque angle de vue, l'ordre de présentation des émotions (joie et colère) était contrebalancé au sein d'un bloc.

9.5.2 Résultats

Les réponses des participants furent codés en échelle de Likert allant de 1 (« peu intense ») à 5 (« très intense ») (figure 27) et analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17). Etant donné le petit nombre de participants, les résultats furent analysés par des tests Wilcoxon (tests non-paramétriques pour échantillons appariés) qui montrèrent que la colère était jugée plus intense pour tous les angles de vue ($90^{\circ}G$: $z = 2,22$; $p = 0,03$; $45^{\circ}G$; $z = 2,13$; $p = 0,03$; $22,5^{\circ}G$: $z = 2,35$; $p = 0,02$; $90^{\circ}D$: $z = 3,06$; $p = 0,01$; $45^{\circ}D$: $z = 2,36$; $p = 0,02$; $22,5^{\circ}D$: $z = 2,55$; $p = 0,01$) sauf la face ($z = 1,53$; $p = 0,13$).

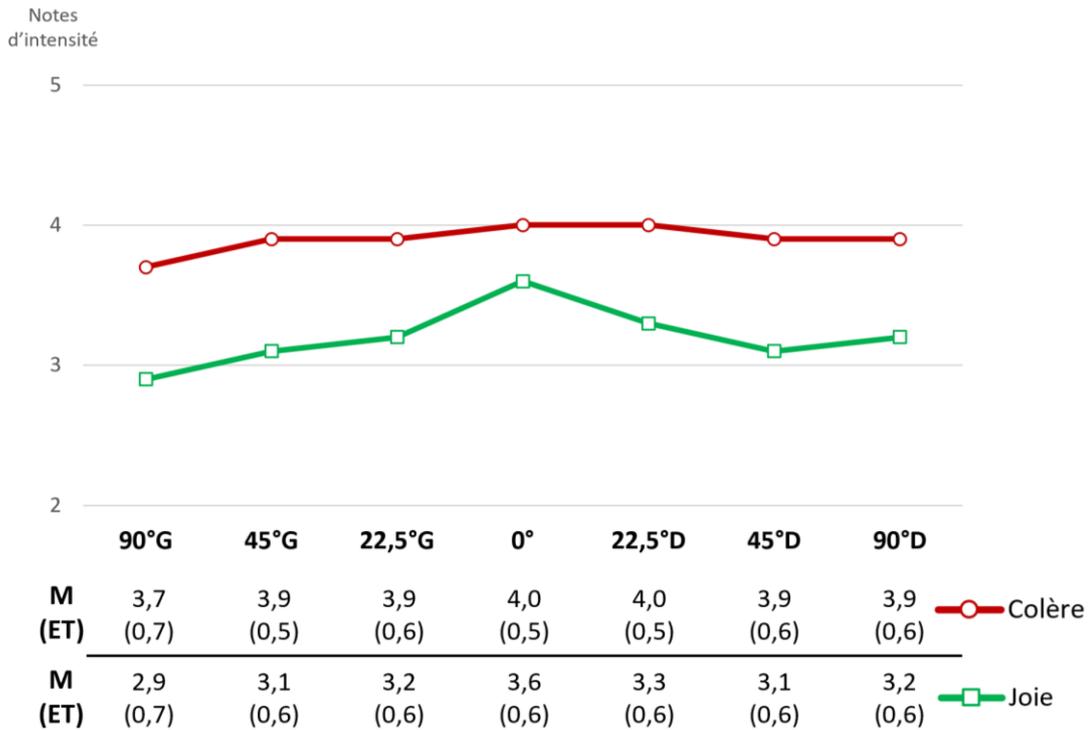


Figure 27 : Jugement d'intensité (1 à 5) selon l'angle de vue et l'émotion (colère et joie) pour l'expérience 7.

9.6 Discussion

Le but de ce chapitre était de tester les trois explications principales d'un effet de positivité : l'hypothèse de biais de saillance (Calvo et Nummenmaa, 2008, 2011, 2016), l'hypothèse de valence émotionnelle (Jansari *et al.*, 2000 ; Reuter-Lorenz *et al.*, 1983) et l'hypothèse de biais cognitif de positivité (Becker & Srinivason, 2014 ; Leppänen & Hietanen, 2004) (voir figure 21).

Les résultats de l'expérience 1 suggéraient un possible effet de valence émotionnelle puisqu'il y avait un effet de négativité pour les trois-quarts gauches, et un effet de positivité pour les trois-quarts droits. L'utilisation de vidéos en miroir dans l'expérience 4 a permis de

tester cette hypothèse de valence émotionnelle en distinguant biais de motricité et biais de perception (Nicholls *et al.*, 2004). Les résultats de l'expérience 4, une disparition de l'interaction entre l'angle de vue et l'émotion exprimée, contredisent l'idée d'un biais de perception en faveur des émotions positives à droites, et en faveur des émotions négatives à gauche. Elles ne sont pas non plus en faveur d'un pur biais de motricité qui aurait prédit l'émergence de l'effet inverse (mais voir figure 38 pour une analyse qualitative de l'asymétrie gauche/droite). Il est possible que le résultat trouvé dans l'expérience 1 soit l'addition d'un biais de perception et d'un biais de motricité, biais qui s'annuleraient dans l'expérience 4. Cependant l'expérience 6, qui utilise la peur plutôt que la colère comme émotion négative, ne trouve ni effet de négativité à gauche, ni effet de positivité à droite. Les résultats de l'expérience 6 contredisent l'hypothèse de valence émotionnelle, en faveur de simples différences motrices entre colère et peur, indépendamment de leur valence négative, ce qui peut être interprété comme un biais de saillance.

Concernant le biais de saillance et le biais de positivité, le fait que, comme pour les expériences 1 à 3, nous ne trouvons pas d'effet de positivité globale pour les expériences 4 et 6 contredit l'hypothèse de biais cognitif de positivité en faveur de l'hypothèse de saillance. L'expérience 5 est la seule expérience où nous ayons trouvé un avantage d'une émotion sur l'autre pour les temps de réponse, indépendamment de l'angle de vue (sourire plus rapide que colère), or même dans ce cas, un biais cognitif de positivité ne peut pas expliquer les résultats obtenus. En effet, puisque le sourire est une version moins de la joie, on s'attendrait plutôt, selon l'hypothèse de biais cognitif, à une baisse globale des performances de reconnaissance du sourire. Or le sourire a été reconnu plus rapidement que la colère, mais pas la joie. Il semblerait donc que cette baisse d'intensité ait rendu les expressions de sourire plus distinctes par rapport aux expressions de colère, menant à des temps de réponse plus rapides. Cette

explication repose sur une accentuation des différences visuelles entre sourire et colère, donc soutient un biais de saillance plutôt que cognitif (Leppänen & Hietanen, 2004).

L'effet de positivité a été retrouvé surtout de face (expériences 2, 5 et 6), ou d'une vue proche de la face (expériences 3, 5 et 6) ce qui semble en faveur de l'idée que l'orientation de la tête pourrait affecter le degré d'activation ressenti (Van der Schalk *et al.*, 2011), et qu'une orientation de face, comme un regard droit plutôt que fuyant (Adams & Kleck, 2005 ; Sander *et al.*, 2007), pourrait améliorer les performances de reconnaissance de certaines expressions faciales émotionnelles, en l'occurrence surtout de la joie. L'expérience 7 a montré que la joie était jugée plus intense de face (répliquant Schrammel *et al.*, 2009 ; Main *et al.*, 2010). Cependant, la joie n'était pas jugée plus intense que la colère de face (et même l'inverse, au moins qualitativement – figure 27) donc l'hypothèse d'orientation de la tête ne peut suffire à expliquer un effet de positivité de face.

Enfin, les expériences 4, 5 et 6 ont répliqué certains résultats du chapitre 8. Comme pour les expériences 1 et 3, nous n'avons pas obtenu d'effet de profil pour les expériences 4, 5 et 6 qui toutes utilisaient des vidéos, soutenant l'idée que lorsque les temps de présentation sont longs, le désavantage pour les profils disparaît (Skowronski *et al.*, 2014). Un effet de trois-quarts n'a pas non plus été retrouvé systématiquement. Il apparaît particulièrement significatif dans l'expérience 6, pour les temps de réponse (figure 25) et le taux d'erreurs (figure 26) de la peur. La reconnaissance de la peur repose sur analyse de différentes zones du visage qui est significativement différente des autres expressions faciales émotionnelles (Schurgin *et al.*, 2014) et pourrait bénéficier de la vue de trois-quarts. Parce qu'il y avait un effet plancher pour le taux d'erreurs de la reconnaissance de la joie et de la colère dans toutes les autres expériences, cet effet de trois-quarts pourrait être surtout expliqué par un désavantage pour la peur de face. La reconnaissance de la peur semble reposer principalement

sur l'identification d'un haussement des sourcils qui expose le haut de l'œil, or ce trait est aussi présent lors de l'expression de la joie (Fiorentini *et al.*, 2012). La présence d'autres traits spécifiques à la peur, qui seraient potentiellement plus visibles de côté, comme le haussement plus particulièrement de la partie distale des sourcils (Kohler *et al.*, 2004), pourrait aider à lever une ambiguïté. Il est également possible qu'il y ait un effet d'orientation de la tête/du regard qui accentuerait une capture attentionnelle par le stimulus émotionnel. Pratto et John (1991), utilisant une tâche de Stroop modifiée d'identification de la couleur d'encre d'un mot à caractère émotionnel, ont montré qu'un stimulus négatif peut ralentir les temps de réponse, même lorsqu'il n'est pas pertinent avec la tâche. La perception de différentes expressions faciales émotionnelles peut éliciter des traitements différents qui activent des réseaux « lutte ou fuite » (Wilkowski & Meier, 2010), ou, en particulier dans le cas de la peur, de « immobilisation ou effroi » (Bracha *et al.*, 2004 ; Donahue, 2020) qui pourraient affecter les temps de réponse. Il pourrait donc être intéressant de proposer une tâche de perception des expressions faciales émotionnelles selon différents angles de vue tout en enregistrant des mesures du système nerveux autonome (Allison *et al.*, 2012) pour examiner l'interaction entre type d'émotion exprimée et angle de vue dans l'activation des systèmes sympathiques et parasympathiques.

Chapitre 10 : Perception d'expressions faciales

émotionnelles selon différents angles de vue dans le vieillissement

normal ou pathologique (Expérience 8)

L'introduction de ce chapitre reprend en partie un article publié dans le cadre de nos travaux : Lenoir, H., & Siéroff, É. (2019). Les troubles de la perception visuelle dans la maladie d'Alzheimer. *Geriatric et Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillessement*. 17(3) : 307-16.

10.1 Introduction

Le vieillissement est l'accumulation de changements subtils que subit l'organisme tout au long de l'existence. Avec l'âge, les capacités sensorielles se modifient graduellement, et même si l'interaction des personnes âgées avec leur environnement est préservée par compensation dans le cadre du vieillissement normal, il est possible de mettre en évidence des différences entre personnes jeunes et âgés dans l'espace contrôlé du laboratoire (Park & Reuter-Lorenz, 2009). La vitesse de traitement de l'information visuelle est altérée avec l'âge (Guest *et al.*, 2015). Alors que les personnes jeunes et âgés ont des performances similaires dans les conditions les plus simples, un ralentissement est observable chez les personnes âgées spécifiquement lorsque la tâche demande davantage de ressources attentionnelles, par exemple s'il y a plusieurs stimulus (Guest *et al.*, 2015 ; Ratcliff *et al.*, 2006). Les difficultés de traitement visuel observées chez les personnes âgées pourraient donc être une conséquence du déclin des capacités cognitives, en lien avec l'attention, la mémoire de travail et les fonctions exécutives plutôt que d'un déficit de la perception sensorielle (Lindenberger *et al.*, 2001). Alternativement, les processus cognitifs seraient affaiblis avec l'âge parce que la perception sensorielle est elle-même affaiblie, ce qui mènerait à des erreurs dans le traitement perceptif (Monge & Madden, 2016). En effet, le vieillissement normal est associé à un

ensemble de changements anatomiques et physiologiques des structures qui sous-tendent la perception visuelle, tant au niveau optique (Curcio, 2001 ; Scialfa, 2002 ; Spear, 1993) qu'au niveau cortical (Brewer & Barton, 2014 ; Devaney & Johnson, 1980 ; Ward *et al.*, 2015). Parallèlement à ces changements anatomiques, un déclin fonctionnel du système de perception visuelle a été décrit dans le vieillissement normal. Une baisse à la fois de l'acuité visuelle et de la sensibilité au contraste a été rapportée (Owsley, 2011). Le déclin de la perception du mouvement semble particulièrement sévère (Mateus *et al.*, 2013). Enfin, à un plus haut niveau, ont été rapportés des déficits de la discrimination des formes (Weymouth & McKendrick, 2012), de la lecture (Froehlich *et al.*, 2018) et de la discrimination des visages présentés sous des vues différentes même lorsque l'acuité visuelle et la sensibilité au contraste ont été contrôlées (Habak *et al.*, 2008). Les personnes âgées peuvent aussi rencontrer des difficultés accrues à identifier les expressions faciales émotionnelles (Hayes *et al.*, 2020). La plupart des recherches qui soutiennent cela ont été faites en montrant des images à des participants plus jeunes et plus âgés et en leur demandant d'identifier l'expression faciale émotionnelle affichée en choisissant parmi les étiquettes correspondant aux émotions de base : colère, tristesse, peur, dégoût, surprise et joie. En utilisant cette méthode, les adultes plus âgés avaient des taux d'identification inférieurs à ceux des adultes plus jeunes, en particulier pour la colère, la tristesse et la peur (Isaacowitz *et al.*, 2007 ; Ruffman *et al.*, 2008), et pour les expressions de faible intensité (Mienaltowski *et al.*, 2019).

La maladie d'Alzheimer est une détérioration cognitive progressive à début insidieux liée à l'âge, avec des lésions cérébrales associant plaques séniles et altérations neurofibrillaires (Hyman *et al.*, 2012 ; Selkoe & Hardy, 2016). Les symptômes de la maladie d'Alzheimer peuvent être hétérogènes selon les parties du cerveau affectées, et de plus en plus d'études soulignent la fréquence des troubles de la perception visuelle, souvent dès les stades

précoces de la maladie (Albers *et al.*, 2014 ; Chang *et al.*, 2014 ; Kirby *et al.*, 2010). Ces troubles de la perception visuelle peuvent contribuer à la baisse de la qualité de vie des patients en perturbant les interactions sociales, par exemple du fait des déficits pour reconnaître les visages (Tippett *et al.*, 2003). Il existe aussi des troubles de la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, parfois indépendants des troubles de la reconnaissance des visages (Hargrave *et al.*, 2002), affectant l'ensemble des émotions (McLellan *et al.*, 2008), ou surtout les émotions négatives comme la colère et la tristesse (Torres *et al.*, 2019) ou la peur (Chaby & Narme, 2009 ; Narme *et al.*, 2013), tandis que la reconnaissance de la joie en particulier serait préservée (Maki *et al.*, 2013).

Dans l'expérience 8, nous avons cherché à comprendre pourquoi les personnes âgées, et en particulier celles souffrant de maladie d'Alzheimer rencontrent une difficulté particulière pour les émotions négatives. Cette difficulté pour les émotions négatives pourrait être liée à un changement socio-émotionnel avec le vieillissement, ou biais de positivité, suggérant qu'avec l'âge les personnes développent une préférence pour les stimuli positifs et/ou une aversion pour les stimuli négatifs (Carstensen, 2019). Cependant, une moins bonne performance pour une émotion négative pourrait également s'expliquer par une confusion à cause des différences physiques moins distinctives entre les émotions négatives par rapport aux émotions positives, ou biais de saillance (Calvo & Nummenmaa, 2011 ; Leppänen & Hietanen, 2004), confusion qui serait amplifiée par un déclin, lors du vieillissement, du système perceptif impliqué dans les informations émotionnellement saillantes, y compris la zone préfrontale, l'amygdale et l'insula (Hagiwara *et al.*, 2021 ; Walhovd *et al.*, 2005).

Nous avons montré que l'utilisation d'angles de vue peut permettre de tester les hypothèses de biais de positivité et de biais de saillance, car le biais de positivité prédit un effet de positivité indépendamment de l'angle de vue, et le biais de saillance prédit un effet

de positivité qui dépend de l'angle de vue (voir chapitre 9). Selon l'hypothèse socio-émotionnelle nous devrions observer un effet cognitif de positivité lors du vieillissement ; selon l'hypothèse de déclin perceptif, nous devrions observer un biais de saillance lors du vieillissement normal, et à fortiori lors du vieillissement pathologique. Utilisant la même procédure que l'expérience 1, nous avons demandé à des participants âgés contrôles ou souffrant de maladie d'Alzheimer d'identifier des expressions faciales de colère et de joie, une émotion négative et une émotion positive, selon différents angles. Dans un second temps nous leur avons demandé, d'identifier des expressions faciales de peur et de surprise. En effet, étant donné la littérature qui suggère un déficit particulier pour la peur (Chaby & Narme, 2009 ; Narme *et al.*, 2013), nous voulions savoir si l'effet de positivité pourrait n'être dû qu'à un désavantage pour la peur. La surprise plutôt que la joie était utilisée dans la seconde partie pour éviter un effet d'apprentissage entre les deux parties. La surprise est une émotion dont la valence est plus ambiguë (An *et al.*, 2017 ; Neta & Tong, 2016 ; Noordewier & Breugelmans, 2013) mais la surprise semble être perçue plus positivement plus les participants avancent en âge (Shuster *et al.*, 2017). Parce que l'expérience était en deux parties, nous n'avons utilisé que cinq angles de vue (0°, 45° G et D, et 90° G et D), plutôt que les sept utilisées pour les expériences 1 à 7, afin que l'expérience ne soit pas trop longue, surtout pour les patients souffrant de maladie d'Alzheimer qui peuvent être rapidement fatigables.

10.2 Méthode

10.2.1 Participants

Vingt-sept participants âgés ayant reçu un diagnostic de maladie d'Alzheimer probable (14 femmes et 13 hommes, M = 80,7 ans ; ET = 4,4 ans ; 73-90 ans) et 14 participants âgés contrôles (7 femmes et 7 hommes, M = 76,6 ans ; ET = 3,9 ans ; 69-83 ans) furent recrutés au sein d'hôpitaux de l'Ile-de-France (Hôpital Paul Brousse, Hôpital René Dubos de Pontoise et Centre mémoire de l'Hôpital Joffre-Dupuytren) et participèrent volontairement à l'expérience. Tous étaient droitiers (d'après un questionnaire de latéralité à dix items inspirés de l'*Edinburgh-Inventory* d'Oldfield, 1971) et tous rapportèrent une vision normale ou corrigée. Tous les participants passèrent le test du MMS (*Mini-Mental State examination*, un bref test d'évaluation cognitive globale – Folstein *et al.*, 1975) et le HADS (*Hospital Anxiety and Depression Scale*, un bref questionnaire d'anxiété et de dépression – Zigmond & Snaith, 1983) (voir tableau 6). Les participants n'avaient pas de connaissance préalable des stimulus utilisés dans l'expérience, et ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association* et reçut un avis favorable du Comité d'Éthique de la Recherche (CER) de l'Université Paris-Cité (N° IRB : 00012020-90).

Tableau 6 : Âges et scores au MMS et HADS des participants de l'expérience 8 (Anx. : anxiété ; Dép. : dépression). Un score au MMS en-dessous de 26 est généralement considéré anormal (Kalafat et al., 2003). Un score au HADS au-dessus de 7 signale une symptomatologie possible¹³.

Participants	Âges	MMS (sur 30)	HADS (sur 21)
Personnes âgées souffrant de MA	M = 80,7 ET = 4,4 73-90 ans	M = 21,9 ET = 3,7 min-max : 15-27	Anx. : M = 3,2 max = 7 Dép. : M = 2,5 max = 7
Personnes âgées contrôles	M = 76,6 ET = 3,9 69-83 ans	M = 29,5 ET = 0,5 min-max : 29-30	Anx. : M = 2,0 max = 5 Dép. : M = 1,8 max = 7

10.2.2 Matériel et procédure

L'expérience était menée sur un ordinateur MacBook Pro avec écran couleur d'une résolution de 1680 x 1050 pixels. Le logiciel Superlab 4 était utilisé pour présenter les stimulus et enregistrer les réponses et les temps de réponse. Les participants étaient confortablement assis à environ 50 cm de l'écran. Les réponses des participants étaient faites sur deux touches du clavier de l'ordinateur (« L » et « M ») étiquetés par un autocollant.

Les stimulus utilisés pour cette expérience furent pris de la base de données Arnold et Siéroff (voir 7.2). Les vidéos de joie, colère, surprise et peur selon cinq angles de vues

¹³ Recommandation du service des bonnes pratiques professionnelles de la Haute Autorité de Santé (https://www.has-sante.fr/jcms/c_1718021/fr/arret-de-la-consommation-de-tabac-du-depistage-individuel-au-maintien-de-l-abstinence-en-premier-recours consulté le 30/03/2023).

différents (90° droit et gauche, 45° droit et gauche, et 0°) furent sélectionnés à partir des mêmes 12 acteurs que ceux utilisés pour l'expérience 1 (8.2.1.2), soit 240 vidéos. Les vidéos de deux acteurs (une femme et un homme) furent utilisés exclusivement pour l'entraînement, laissant ainsi 200 vidéos pour l'expérience à proprement parler. L'expérience était séparée en deux parties : la première avec les 100 vidéos de joie et de colère (et l'entraînement), et la deuxième avec les 100 vidéos de surprise et peur (et l'entraînement).

Après signature d'un formulaire de consentement à l'utilisation anonyme des données à des fins de recherche, les participants contrôles complétèrent le MMS (les participants souffrant de maladie d'Alzheimer avaient déjà passés le MMS lors de bilans préalables). Les participants étaient assis confortablement et des instructions leur furent donnés de limiter tout mouvement non-nécessaire. Les consignes étaient présentées à l'oral et par écrit sur l'écran avant le début des deux parties de l'expérience. Pour chaque partie, les participants n'avaient que deux réponses possibles, correspondant aux deux émotions de la partie en cours.

La présentation des stimulus était identique à l'expérience 1 (8.2.1.2). Les visages étaient présentés au centre de l'écran un fond d'écran noir. Chaque essai commençait par une fixation (1000 ms) d'une croix blanche centrale, suivi d'un intervalle inter-stimulus (500 ms) puis de la présentation du stimulus au centre de l'écran (1000 ms) et suivi d'un écran noir. Les participants pouvaient répondre dès le début de la présentation du stimulus. Chaque réponse était suivie d'un intervalle inter-essai (1000 ms). Les temps de réponse des participants étaient mesurés à partir de l'apparition du stimulus.

L'entraînement pour chaque partie de l'expérience consistait de 14 essais et utilisait des modèles différents de ceux utilisés pour l'expérience. Les participants étaient instruits que les réponses ne seraient pas enregistrées pour l'entraînement, et furent prévenus du début des

essais enregistrés. Chaque partie de l'expérience comportait 100 essais enregistrés (dix modèles, deux émotions et cinq angles de vue) séparés par six pauses. Au total l'expérience comportait 20 conditions différentes (quatre émotions et cinq angles de vue). Tous les essais étaient randomisés entre les participants, mais cette randomisation suivait plusieurs règles : aucun angle de vue ou émotion identique ne pouvait apparaître plus de trois fois d'affilée. Le même nombre d'essais par condition était présent entre chaque pause.

Les participants complétèrent le questionnaire de latéralité à dix items entre les deux parties de l'expérience et complétèrent le HADS à la fin de l'expérience.

10.3 Résultats

Le taux d'erreurs et les temps de réponse pour les réponses correctes furent enregistrés. Pour chaque condition et chaque participant, les temps de réponse qui excédaient la moyenne de plus de 2,5 ET étaient exclus de l'analyse parce que le participant était considéré distrait pour cet essai (Anscombe, 1960). Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17).

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser les temps de réponse, avec Groupe (participants souffrant de maladie d'Alzheimer et participants contrôles) comme variable inter-sujets et Emotion (colère, joie, peur et surprise) et Angle de vue (90°G, 45°G, 0°, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson, 1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Pour répondre spécifiquement aux questions

d'effet de profil et d'asymétrie gauche/droite, un test de significativité univarié pour comparaison planifiée fut mené en contrastant les vues de profil aux autres angles de vue, et un autre fut mené en contrastant angles de vue gauches et droites. Ce deuxième test fut planifié pour chaque émotion séparément. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal du Groupe était significatif ($F_{(1,39)} = 10,86$; $p = 0,002$; $\eta^2_p = 0,22$). Les participants souffrant de maladie d'Alzheimer avaient des temps de réponse significativement plus lents ($M = 2267$ ms ; $ET = 1123$ ms) que les participants contrôles ($M = 1258$ ms ; $ET = 265$ ms). L'effet principal de l'Emotion n'était pas significatif ($F_{(3,117)} < 1$), ni l'interaction entre Emotion et Groupe ($F_{(3,117)} < 1$).

L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(4,156)} = 2,46$; $p = 0,048$; $\eta^2_p = 0,06$). Le 0° ($M = 1990$ ms ; $ET = 1092$ ms) et le $45^\circ D$ ($M = 1968$ ms ; $ET = 1131$ ms) avaient des temps de réponse plus lents que le $90^\circ G$ ($M = 1866$ ms ; $ET = 987$ ms) et le $45^\circ G$ ($M = 1871$ ms ; $ET = 1047$ ms) mais pas que le $90^\circ D$ ($M = 1918$ ms ; $ET = 986$ ms) ($p < 0,05$). Le test de comparaison planifiée entre vues de profil et les autres angles de vue n'était pas significatif ($F_{(1,39)} = 1,47$; $p = 0,23$). L'interaction entre Angle de vue et Groupe n'était pas significative ($F_{(4,156)} < 1$).

Il y avait une interaction significative entre Emotion et Angle de vue ($F_{(12,468)} = 2,09$; $p = 0,016$; $\eta^2_p = 0,05$) (figure 28). La joie était significativement plus lente que la colère pour le $90^\circ D$ ($p = 0,001$). Il n'y avait pas de différences significatives au sein de la colère, quant à la joie, le $90^\circ D$ était significativement plus lent que le $90^\circ G$, le $45^\circ G$ et le 0° ($p < 0,01$). La peur était significativement plus lente que la surprise pour le 0° ($p = 0,013$). Il n'y avait pas de différences significatives au sein de la surprise, quant à la peur, le 0° était significativement plus lent que tous les autres angles de vue ($p < 0,01$). Nous n'avons pas contrasté la joie et la

colère à la peur et la surprise puisque ces émotions étaient testées en deux parties séparées. Le test de comparaison planifiée entre vues gauches et droites était significatif pour la joie ($F_{(1,39)} = 6,17 ; p = 0,017$), mais n'était pas significatif pour la colère ($F_{(1,39)} = 3,07 ; p = 0,09$), la peur ($F_{(1,39)} < 1$) ou la surprise ($F_{(1,39)} < 1$). La triple interaction entre Emotion, Angle de vue et Groupe n'était pas significative ($F_{(12,468)} = 1,44 ; p = 0,15$).

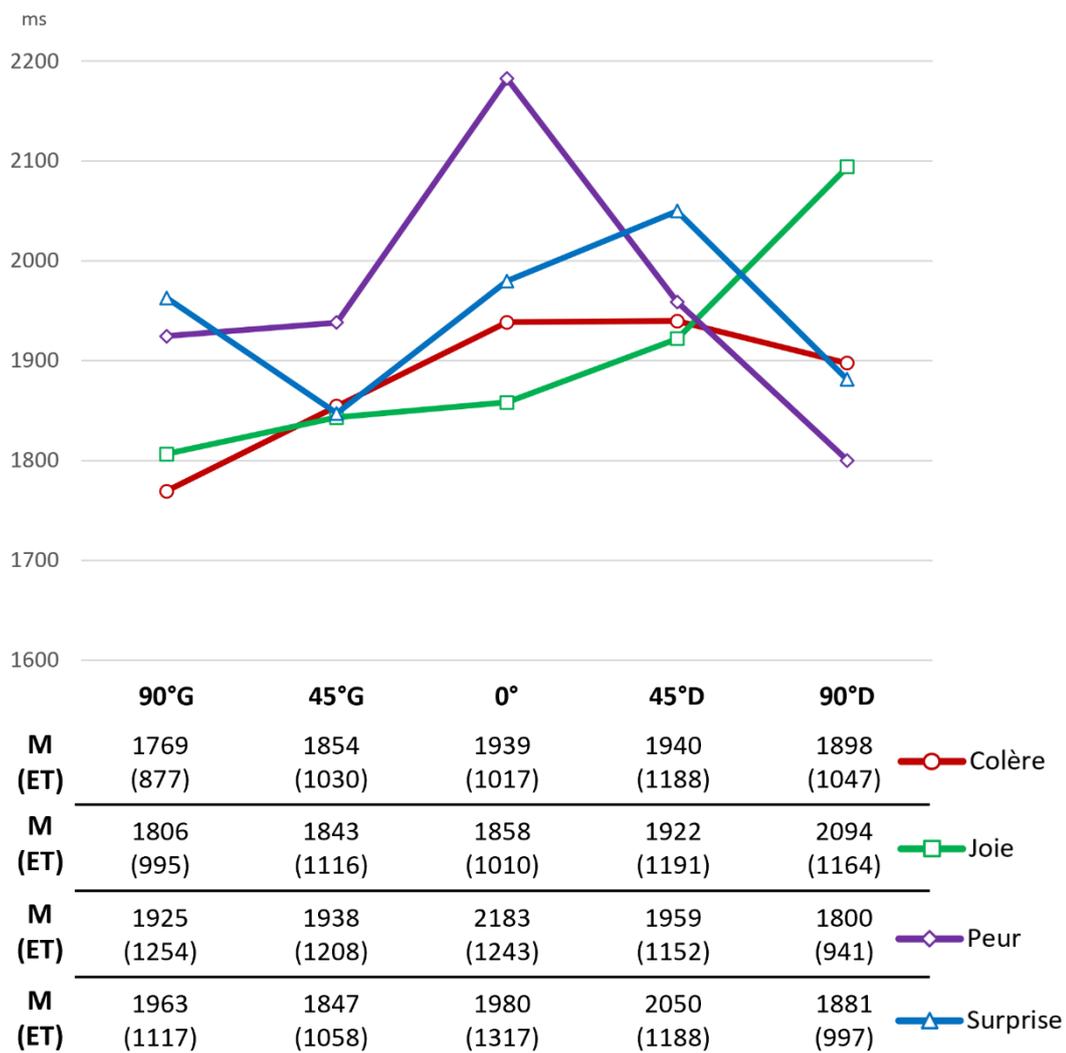


Figure 28 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue et l'émotion (colère, joie, peur et surprise) pour l'expérience 8.

Une ANOVA à mesures répétées fut utilisée pour analyser le taux d'erreurs, avec Groupe (participants souffrant de maladie d'Alzheimer et participants contrôles) comme variable inter-sujets et Emotion (colère, joie, peur et surprise) et Angle de vue (90°G, 45°G, 0°, 45°D et 90°D) comme variables intra-sujets. Les analyses post-hoc furent menés avec des tests Duncan.

L'effet principal du Groupe était significatif ($F_{(1,39)} = 12,01$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,24$). Les participants souffrant de maladie d'Alzheimer faisaient plus d'erreurs ($M = 16,9\%$; $ET = 9,9\%$) que les participants contrôles ($M = 7,2\%$; $ET = 4,7\%$). L'effet principal de l'Emotion était significatif ($F_{(3,117)} = 22,57$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,37$). Le taux d'erreurs était plus élevé pour la peur ($M = 21,4\%$; $ET = 13,1\%$) que pour les autres émotions ($p < 0,001$), et plus élevé pour la surprise ($M = 16,5\%$; $ET = 15,1\%$) que pour la joie ($M = 8,8\%$; $ET = 8,9\%$) et la colère ($M = 7,7\%$; $ET = 8,6\%$) ($p < 0,001$). L'interaction entre Emotion et Groupe n'était pas significatif ($F_{(3,117)} = 1,93$; $p = 0,13$).

L'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(4,156)} = 4,05$; $p = 0,004$; $\eta^2_p = 0,09$). Le 0° ($M = 15,9\%$; $ET = 9,1\%$) avait un taux d'erreurs plus élevé que le 90°G ($M = 12,6\%$; $ET = 12,0\%$), le 45°G ($M = 12,8\%$; $ET = 12,2\%$) et le 45°D ($M = 11,5\%$; $ET = 9,1\%$) mais pas que le 90°D ($M = 15,1\%$; $ET = 11,4\%$) ($p < 0,05$). L'interaction entre Angle de vue et Groupe n'était pas significatif ($F_{(4,156)} < 1$).

Il y avait une interaction significative entre Emotion et Angle de vue ($F_{(12,468)} = 7,37$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,16$) (figure 29). Il n'y avait pas de différence dans le taux d'erreurs entre joie et colère. La peur avait un taux d'erreurs plus élevé que la surprise pour le 0° ($p < 0,001$). Pour la peur, le 0° menait à significativement plus d'erreurs que tous les autres angles de vue ($p < 0,001$). Pour la surprise, le 90°D menait à plus d'erreurs que le 0° ($p = 0,019$) et le 45°D

($p = 0,003$), et le 90°G menait à plus d'erreurs que le 45°D ($p = 0,014$). Nous n'avons pas contrasté la joie et la colère à la peur et la surprise puisque ces émotions étaient testées en deux parties séparées. La triple interaction entre Emotion, Angle de vue et Groupe n'était pas significative ($F_{(12,468)} < 1$).

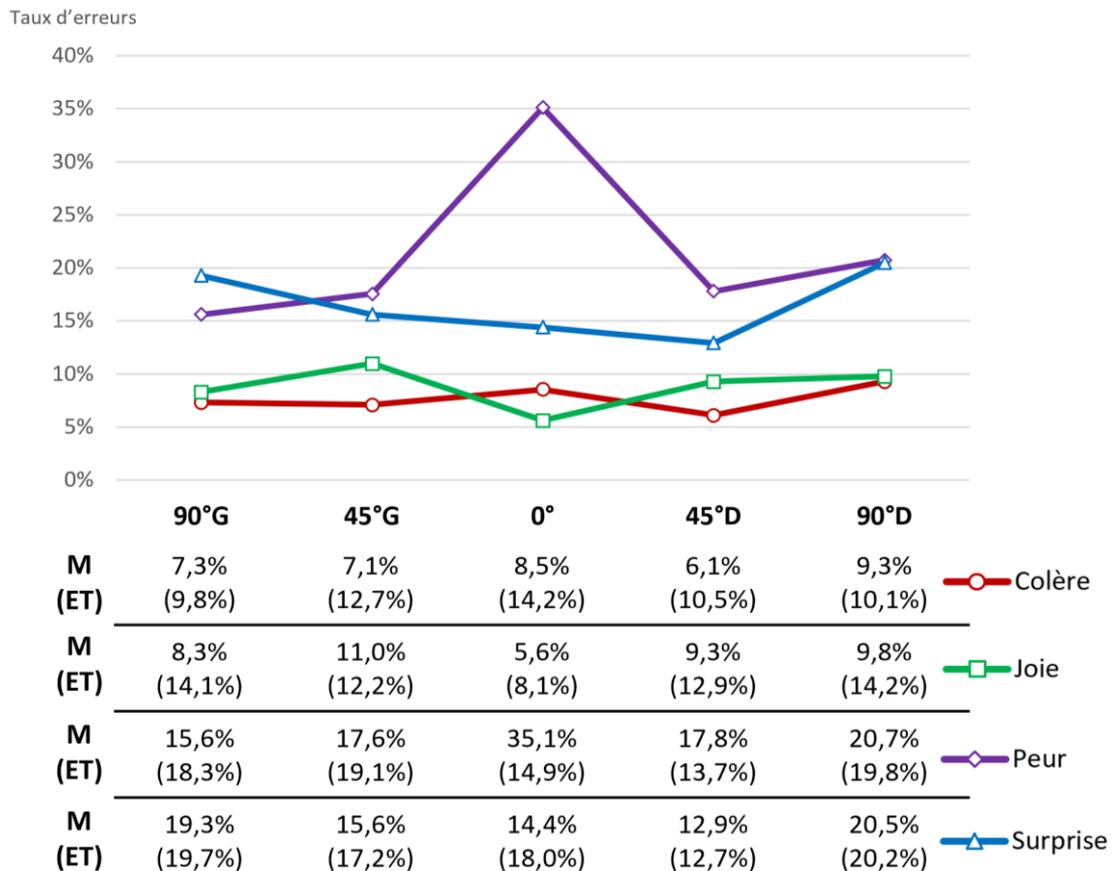


Figure 29 : Taux d'erreurs (%) selon l'angle de vue et l'émotion (colère, joie, peur et surprise) pour l'expérience 8.

10.4 Discussion

Les participants souffrant de maladie d'Alzheimer ont eu des temps de réponses plus lents, et fait significativement plus d'erreurs que les participants âgés contrôles, répliquant les études précédentes qui montrent une difficulté dans l'identification des expressions faciales émotionnelles à cause de la maladie d'Alzheimer (McLellan *et al.*, 2008). Dans notre expérience, cette difficulté était globale, et non pour certaines émotions seulement. Un facteur confondant d'études qui ont rapporté une plus grande difficulté pour les émotions négatives est une possible accentuation de la confusion des émotions négatives dû au déséquilibre du nombre d'émotions positives et négatives lorsque les participants doivent identifier une émotion à partir d'une liste qui comporte plusieurs émotions négatives, et seulement une ou deux émotions positives. Maki *et al.* (2013) par exemple ont rapporté une préservation relative de la capacité à identifier la joie, mais dans leur expérience les participants devaient discriminer entre quatre émotions négatives (colère, dégoût, peur et tristesse) et deux émotions positives (joie et surprise). Nous n'avons pas trouvé, chez nos participants âgés, d'effet de positivité entre la joie et la colère, et un effet de positivité entre peur et surprise seulement pour la vue de face, à la fois dans les temps de réponse et les taux d'erreurs. L'effet de positivité, quand il existe, semble donc dépendre davantage de caractéristiques visuelles (biais de saillance) que d'un biais cognitif de positivité, un résultat en faveur de l'hypothèse de déclin perceptif et non de l'hypothèse socio-émotionnel pour expliquer l'effet de positivité dans le vieillissement.

La difficulté des participants âgés avec l'identification de la peur de face était similaire (mais plus accentuée) à celle retrouvée chez les participants jeunes dans l'expérience 6. Cette difficulté pour l'identification de la peur dans le vieillissement pourrait être expliquée, au

moins en partie, par une diminution de la connectivité fonctionnelle entre l'amygdale et les structures corticales postérieures (Chaby & Narme, 2009 ; Jacques *et al.*, 2010). En effet, l'amygdale est connue pour jouer un rôle important dans le traitement de la peur (Carli & Farabollini, 2022). Une autre explication possible d'une plus grande difficulté pour l'identification de la peur dans l'expérience 8 par rapport à l'expérience 6 est le fait que, dans l'expérience 6 les participants devaient discriminer entre peur et joie, alors que dans l'expérience 8 les participants âgés devaient discriminer entre peur et surprise qui peuvent être plus souvent confondus (Schurgin *et al.*, 2014).

Nous avons aussi obtenu une asymétrie des temps de réponse pour la joie, et dans une moindre mesure la surprise, qui favorisait des temps de réponse rapides pour les côtés gauches, et lents pour les côtés droits. Nous avons observé cette asymétrie dans les expériences 2 et 3 (voir figure 38) mais elle était beaucoup plus importante chez les participants âgés, et en particulier (qualitativement) chez les patients souffrant de maladie d'Alzheimer (figure 30). Cette asymétrie des temps de réponse pourrait être due à une asymétrie motrice dans l'expression de la joie, mais alors on s'attendrait aussi à une asymétrie de la colère, comme celle retrouvée chez les participants jeunes (voir figure 38). Alternativement, cette asymétrie pourrait être due à un déclin cérébral asymétrique lors du vieillissement, particulièrement lors du vieillissement pathologique. Une vulnérabilité plus importante de l'hémisphère gauche au vieillissement (Roe *et al.*, 2021) et surtout à la maladie d'Alzheimer (Lubben *et al.*, 2021) a été montré par une réduction du métabolisme du glucose (Friedland *et al.*, 1988), une atrophie de la matière grise (Janke *et al.*, 2001, Thompson *et al.*, 2003) et de la matière blanche (Yang *et al.*, 2017). Le fait que le ralentissement pour les vues droites ne concerne que les émotions positives pourrait être expliqué par le modèle de la

valence émotionnelle qui prédit un déficit spécifique pour les émotions positives lors d'atteinte de l'hémisphère gauche (Demaree, 2005 ; Güntürkün *et al.*, 2020).

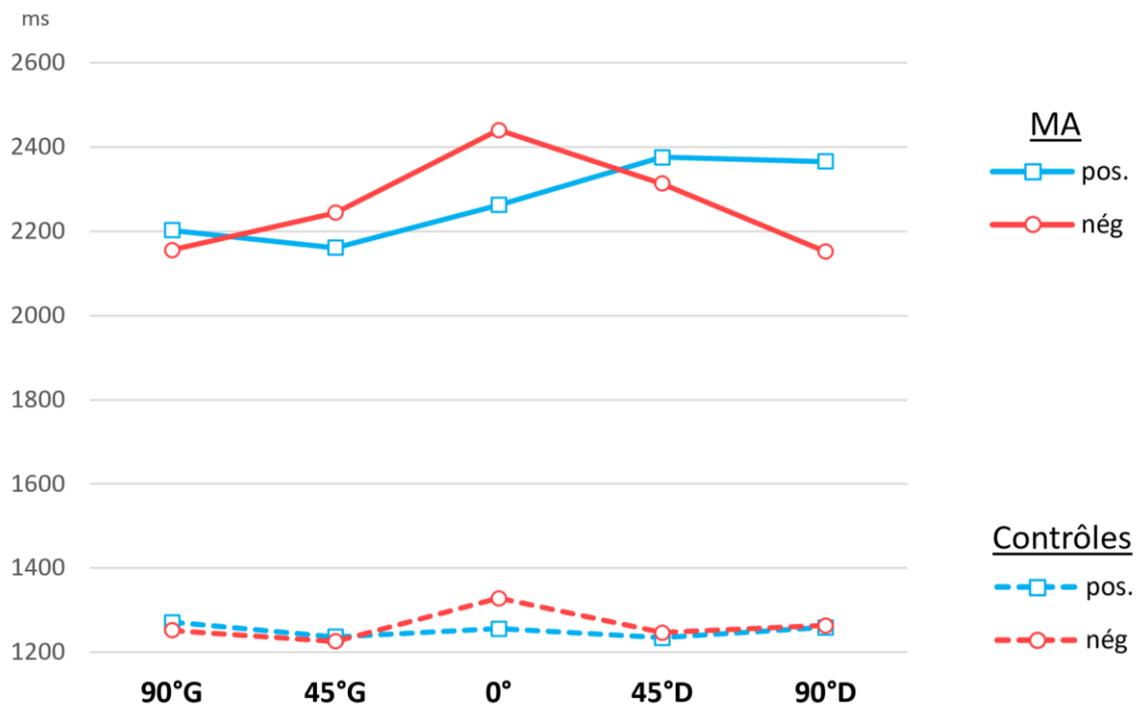


Figure 30 : Temps de réponse (ms) des personnes âgées souffrant de maladie d'Alzheimer (MA) ou contrôles pour les émotions positives (pos. joie et surprise) ou négatives (nég. colère et peur), selon l'angle de vue (expérience 8).

Chapitre 11 : Le port du masque affecte l'identification des expressions faciales émotionnelles, surtout chez les personnes âgées, et surtout de profil (Expérience 9)

Ce chapitre reprend un article écrit dans le cadre de nos travaux : Lenoir, H., Coqué, R., David, C., Demonceaux, E., Belkaid, D., Arnold, G., & Siéroff, É. (soumis). [Le port du masque affecte l'identification des expressions faciales émotionnelles, surtout chez les personnes âgées] Wearing facemasks makes identifying emotional facial expressions harder, especially for older adults. *Geriatric et Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement*.

11.1 Introduction

Depuis le début du XXe siècle, le port du masque a été encouragé dans le but d'arrêter les maladies contagieuses, mais a généralement été limité aux environnements médicaux tels que les hôpitaux (Matuschek *et al.*, 2020). Cependant, pendant l'épidémie de SARS-CoV2 en 2020 (COVID-19), de nombreux pays ont imposé le port du masque, à l'intérieur ou à l'extérieur, pour limiter la propagation de la maladie (Rab *et al.*, 2020). Compte tenu de l'importance de la communication émotionnelle non verbale pour l'interaction sociale (Andersen *et al.*, 1996), l'utilisation soudaine et généralisée des masques a suscité l'intérêt des chercheurs, qui se sont demandé si le port du masque pourrait avoir un impact sur la capacité à identifier les expressions faciales émotionnelles (Mheidly *et al.*, 2020) de la même manière que le port du masque affecte la reconnaissance des visages (Freud *et al.*, 2020). Carbon (2020) a demandé à des participants d'identifier six expressions faciales émotionnelles différentes à partir d'images de visages masqués ou non-masqués. Les participants étaient significativement affaiblis dans la condition visage masqué et rapportaient une confiance moindre dans leur choix. Le même effet a été trouvé chez les enfants (Ruba & Pollak, 2020).

La COVID-19, ainsi que d'autres maladies infectieuses, affecte de manière disproportionnée les personnes âgées (Mueller *et al.*, 2020), donc, même après la levée des mandats de port du masque, les personnes âgées pourraient être plus enclines à porter un masque et plus susceptibles d'être entourées de personnes qui portent également un masque. Il est donc important de comprendre comment le port du masque pourrait spécifiquement impacter la capacité des personnes âgées à identifier les expressions faciales émotionnelles. Même sans masque, les personnes âgées peuvent rencontrer des difficultés accrues à identifier les expressions faciales émotionnelles (Hayes *et al.*, 2020), en particulier la colère, la tristesse et la peur (Isaacowitz *et al.*, 2007 ; Ruffman *et al.*, 2008), et les expressions de faible intensité (Mienaltowski *et al.*, 2019). Plusieurs changements au cours du vieillissement pourraient expliquer pourquoi les personnes âgées rencontrent des difficultés accrues à identifier les expressions faciales émotionnelles (Mill *et al.*, 2009), comme un large déclin cognitif (Salthouse *et al.*, 2003), ou un déclin du système perceptif impliqué dans les informations émotionnellement saillantes, y compris la zone préfrontale, l'amygdale et l'insula (Hagiwara *et al.*, 2021 ; Walhovd *et al.*, 2005). En raison de ces changements, le port du masque pourrait rendre l'identification des expressions faciales émotionnelles particulièrement difficile pour les personnes âgées. Le déclin cognitif ainsi que les difficultés de perception visuelle pourraient affecter la possibilité de développer de nouvelles stratégies adaptées aux visages portant des masques afin d'extraire les traits faciaux importants pour la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. À notre connaissance, une seule étude a exploré l'effet du masque chez des participants de plusieurs âges, et l'interaction entre l'âge et la présence du masque échoua (de peu) à atteindre un seuil significatif (Grundmann *et al.*, 2021). Cependant, la tâche utilisée par les auteurs était difficile, associant discrimination des émotions faciales

et jugement social. Cette difficulté pourrait être à l'origine des faibles performances obtenues par les personnes âgées, masquant ainsi éventuellement l'effet du port du masque.

Notre objectif dans cette recherche était de déterminer si le port du masque rend plus difficile l'identification des expressions faciales émotionnelles chez les personnes âgées. À cette fin, nous avons proposé une tâche relativement simple de discrimination de l'expression faciale émotionnelle à des personnes jeunes et âgées, en utilisant à la fois des visages non-masqués et masqués, sans aucune autre tâche. De plus, bien qu'il y ait généralement six émotions de base décrites (Ekman *et al.*, 1969), nous n'en avons utilisé que quatre, la joie, la colère, la peur et la surprise, plus une expression neutre. Avoir trop de choix rendrait la tâche plus exigeante sur le plan cognitif, favorisant ainsi les jeunes adultes pour des raisons autres que la performance d'identification des émotions, car les jeunes adultes sont connus pour avoir une meilleure mémoire de travail (Bopp & Verhaeghen, 2005).

Il est possible que les personnes âgées présentent des taux d'erreur spécifiquement accrus pour l'identification des expressions faciales négatives, confondant plus souvent les expressions faciales négatives telles que la colère ou la tristesse avec des expressions faciales positives telles que la joie (Ruffman *et al.*, 2008). Cette difficulté pour les émotions négatives pourrait être liée à un changement socio-émotionnel avec le vieillissement, parfois appelé biais de positivité, suggérant que les personnes âgées développent une préférence pour les stimuli positifs et/ou une aversion pour les stimuli négatifs (Carstensen, 2019). Cependant, une moins bonne performance avec une émotion négative pourrait également s'expliquer par des différences physiques moins distinctives entre les émotions négatives par rapport aux émotions positives, un phénomène connu sous le nom de biais de saillance (Calvo & Nummenmaa, 2011 ; Leppänen & Hietanen, 2004). Selon l'hypothèse socio-émotionnelle, le port du masque ne devrait pas affecter l'effet de positivité, contrairement à l'hypothèse de biais

de saillance qui prédit un effet du port du masque sur les expressions faciales émotionnelles moins saillantes.

Enfin, nous avons décidé de montrer des images selon différents angles de vue pour une meilleure validité écologique. Thomas *et al.* (2022) ont présenté des visages masqués exprimant des émotions, de trois quarts ou de face, et n'ont pas obtenu d'interaction entre le masque et l'angle de vue. Cependant, certains angles de vue, tels les profils, peuvent avoir une clarté de signal réduite (Skowronski *et al.*, 2014) et devraient donc être affectés de manière disproportionnée par le port du masque (mais voir Matsumoto & Hwang, 2011, pour un effet délétère limité de l'angle de vue dans une expérience avec limite de temps de présentation).

11.2 Méthode

11.2.1 Participants

Cent participants prirent part à cette expérience en ligne. Soixante-deux étaient des participants jeunes (39 femmes et 23 hommes, $M = 23,1$ ans ; $ET = 3,6$ ans ; 18-35 ans) et 38 étaient des participants âgés (22 femmes et 16 hommes, $M = 72,8$ ans ; $ET = 5,6$ ans ; 62-83 ans). Tous les participants rapportèrent une vision normale ou corrigée et une absence de troubles neurologiques. Les participants ne connaissaient pas les objectifs de l'étude avant la passation. La recherche fut conduite en accord avec les standards éthiques de l'*American Psychological Association*.

11.2.2 Matériel et procédure

L'expérience ayant eu lieu pendant la pandémie de COVID-19, les participants furent testés en ligne avec PsyToolkit (Stoet, 2010 ; Stoet, 2017). Tous les participants étant francophones, les consignes et les réponses à l'expérience étaient données en français.

Les stimulus utilisés pour cette expérience furent pris de la base de données Arnold et Siéroff (voir 7.2). Les mêmes 12 modèles que ceux des expériences 1 à 8 furent sélectionnés pour la colère, la peur, la joie et la surprise ainsi que pour une expression neutre. Pour chaque modèle et émotion, nous avons sélectionné cinq angles de vue différents : 90° gauche et droite, 45° gauche et droite, et 0° (face). Pour chaque image, une deuxième version a été créée en superposant l'image d'un masque facial sur l'image originale, dans le but de créer une image réaliste (figure 31). Ainsi, il y avait 5 expressions faciales émotionnelles différentes, 5 points de vue différents, avec ou sans masque, pour 12 acteurs, portant à 600 le nombre d'images utilisées dans cette expérience. Deux acteurs furent utilisés pour l'entraînement, laissant 500 images pour l'expérience proprement dite. Chaque visage mesurait environ 5 cm verticalement et 4 cm horizontalement à l'écran, et était encadrée dans un cadre blanc de 11 x 8,5 cm.

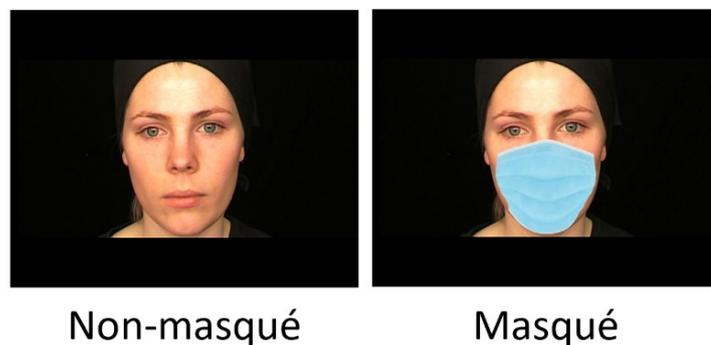


Figure 31 : Exemple de modèle, masqué ou non, stimulus de l'expérience 9.

Les participants menèrent l'expérience sur leur propre ordinateur. Après un consentement électronique à l'utilisation anonyme des données collectées, les participants ont répondu à un court questionnaire d'informations générales. Ils étaient ensuite chargés de calibrer le zoom de leur navigateur pour s'assurer que les tailles des stimulus étaient similaires entre les participants, malgré les variations d'écran inévitables pour une expérience en ligne. Pour rendre ce processus le plus intuitif possible, une ligne apparaissait à l'écran accompagné d'instructions pour ajuster le zoom jusqu'à ce que la longueur de la ligne corresponde parfaitement à la longueur d'une feuille de papier A4 plié. Ensuite, les participants étaient informés que des visages exprimant l'un des cinq états (colère, peur, joie, surprise ou neutre) seraient brièvement présentés et qu'ils devraient indiquer quelle émotion ils pensaient que le visage avait exprimée.

Chaque essai consistait d'une des images présentées pendant 1 seconde au centre d'un écran noir, suivie d'un écran de réponse affichant horizontalement chacune des cinq réponses possibles (figure 32). Les participants devaient cliquer sur la réponse de leur choix. Les emplacements des réponses étaient contrebalancés entre les participants mais sont restés les mêmes tout au long de l'expérience pour un même participant.

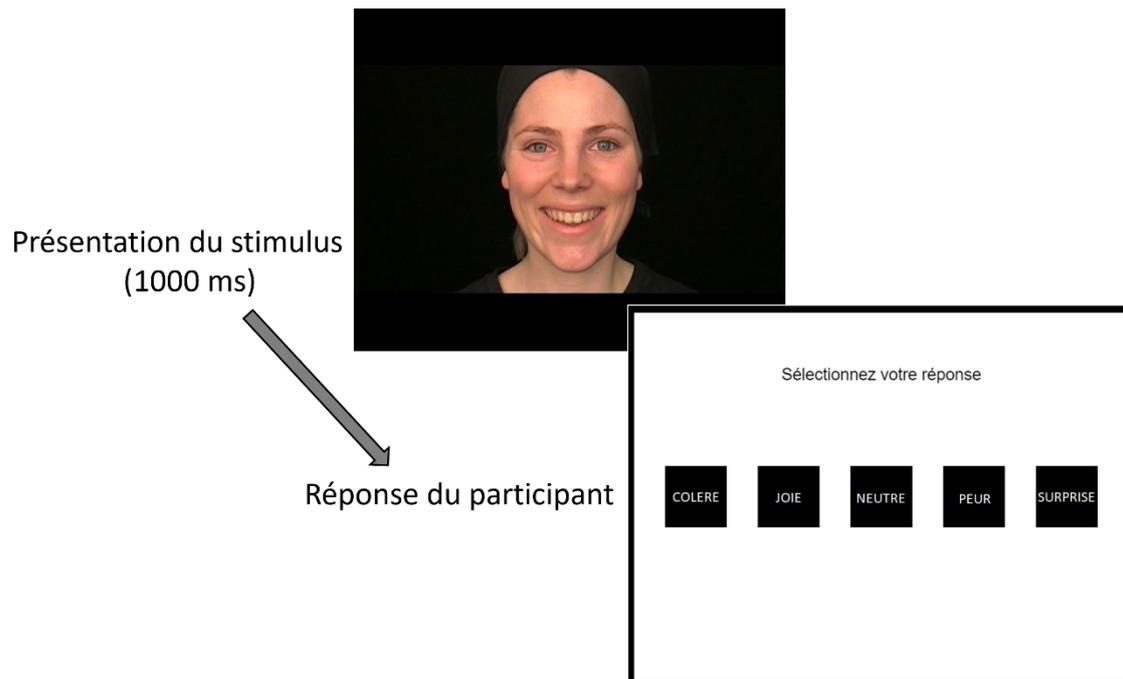


Figure 32 : Dispositifs montrés aux participants de l'expérience 9 : présentation du stimulus, et réponse du participant.

Cinq cents images différentes ont été utilisées pour l'expérience à proprement parler. Mais comme tous les présenter rendrait l'expérience trop longue, cinq différentes listes contrebalancées de 100 images ont été faites. Chaque participant s'est vu attribuer au hasard l'une des listes. Chaque liste était faite de manière à s'assurer que chaque participant voit le même nombre de stimuli masqués (50) et non-masqués (50), le même nombre d'émotions (20 pour chacune des 5 émotions) et le même nombre d'angles de vue (20 pour chacun des 5 angles de vue) avec les différents acteurs. Les participants ont commencé par 10 essais d'entraînement, en utilisant des images différentes de l'expérience. Ils ont ensuite complété les 100 essais randomisés pour lesquels les réponses étaient enregistrées. L'expérience durait environ 10 minutes.

11.3 Résultats

Le nombre de réponses correctes fut enregistré pour chaque participant. Aucun participant n'a signalé de troubles neurologiques ou de troubles visuels non corrigés, donc aucun ne fut exclu des analyses. Notre hypothèse était que le port du masque affecterait les performances, davantage chez les personnes âgées que jeunes, et que les performances seraient inférieures pour les profils. Nous avons utilisé une ANOVA à mesures répétées à quatre facteurs avec Groupe (personnes jeunes, personnes âgées) comme variable inter-sujets, et Masque (visage non-masqué, visage masqué), Emotion (neutre, colère, peur, joie, surprise) et l'Angle de vue (90°G, 45°G, 0°, 45°D, 90°D) comme variables intra-sujets. Nous avons également mené des tests de chi-deux pour comparer la distribution des erreurs entre les personnes jeunes et âgées pour chaque émotion, afin d'évaluer l'effet du vieillissement sur les confusions entre émotions. Les résultats furent analysés avec le logiciel Statistica (version 13.5.0.17). Un niveau alpha de 5% fut utilisé. Les η^2 partiels sont donnés pour chaque test tel qu'encouragé par l'*American Psychological Association* (Wilkinson, 1999). L'ordre de grandeur est donné par Cohen (1988) : petit $\eta^2_p > 0,01$, moyen $\eta^2_p > 0,06$, et grand $\eta^2_p > 0,14$. Les différences de pourcentage sont données en points de différence de pourcentage.

L'effet principal du Groupe était significatif ($F_{(1,98)} = 13,75$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,12$). Les personnes âgées faisaient moins de réponses correctes ($M = 74,7\%$; $ET = 11,4\%$) que les personnes jeunes ($M = 81,1\%$; $ET = 5,9\%$). L'effet principal du Masque était significatif ($F_{(1,98)} = 299,66$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,75$). Il y avait moins de réponses correctes dans la condition visage masqué ($M = 71,8\%$; $ET = 10,7\%$) que dans la condition visage non-masqué ($M = 85,6\%$; $ET = 9,0\%$). Comme prédit il y avait aussi une interaction significative entre Groupe et Masque ($F_{(1,98)} = 10,66$; $p = 0,002$; $\eta^2_p = 0,10$). L'effet délétère du port du masque

était plus important chez les personnes âgées (17,1 points de pourcentage ; ET = 8,9) que chez les personnes jeunes (11,7 points de pourcentage ; ET = 7,5) (Figure 33).

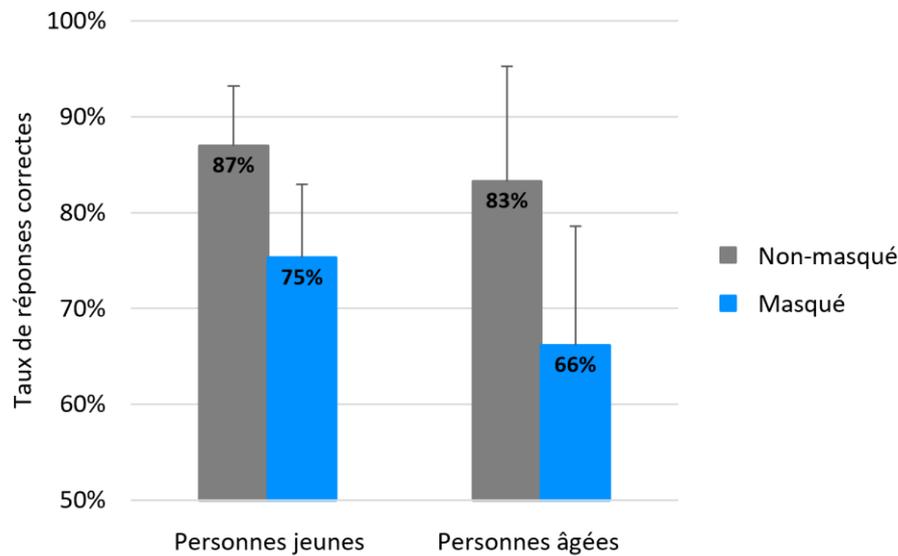


Figure 33 : Taux de réponses correctes des personnes jeunes et âgées pour les visages non-masqués (gris) et masqués (bleu) de l'expérience 9 – les barres d'erreur représentent l'écart-type.

L'effet principal de l'Emotion était aussi significatif ($F_{(4,392)} = 140,92$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,59$). Le taux de réponses correctes était plus élevé pour neutre ($M = 89,8\%$; $ET = 13,1\%$) et joie ($M = 86,7\%$; $ET = 11,1\%$), que pour colère ($M = 80,8\%$; $ET = 13,7\%$) et surprise ($M = 80,3\%$; $ET = 11,2\%$), et était la plus basse pour peur ($M = 56,0\%$; $ET = 17,2\%$) ($p < 0,05$). Il y avait une interaction significative entre Groupe et Emotion ($F_{(4,392)} = 3,08$; $p = 0,016$; $\eta^2_p = 0,03$). Il y avait une baisse significative ($p < 0,001$) des réponses correctes pour les personnes âgées par rapport aux personnes jeunes pour l'identification de la colère (10,5 points de pourcentage ; $ET = 3,0$) et de la peur (10,7 points

de pourcentage ; ET = 3,5), et une baisse non-significative pour neutre (4,7 points de pourcentage ; ET = 3,1), joie (4,7 points de pourcentage ; ET = 2,5) et surprise (1,5 points de pourcentage ; ET = 2,3). Les tests de Chi-deux comparant la distribution des erreurs entre personnes jeunes et âgées pour chaque émotion (tableau 7) montrent que la distribution était significativement différente entre les deux groupes pour la colère ($\chi^2_{(3)} = 14,16$; $p = 0,003$), expliqué par une augmentation de la confusion avec peur chez les personnes âgées (taux d'erreur de 10,1%) plutôt que chez les personnes jeunes (taux d'erreur de 4,4%). La distribution était aussi significativement différente entre les deux groupes pour neutre ($\chi^2_{(3)} = 31,30$; $p < 0,001$), car les personnes jeunes confondaient neutre surtout avec colère (taux d'erreur de 3,9%) alors que les personnes âgées confondaient neutre surtout avec surprise (taux d'erreurs de 5,4%). Les distributions n'étaient pas significativement différentes entre les deux groupes pour la joie ($\chi^2_{(3)} = 1,94$; $p = 0,59$), pour la peur ($\chi^2_{(3)} = 7,59$; $p = 0,06$) et pour la surprise ($\chi^2_{(3)} = 2,63$; $p = 0,45$).

Tableau 7 : Matrice de confusion des cinq réponses possibles (colonne de gauche), entre personnes jeunes et âgées (expérience 9).

	Emotion du stimulus				
	Colère	Joie	Neutre	Peur	Surprise
Personnes jeunes					
Colère	85,3%	1,1%	3,9%	12,3%	1,3%
Joie	6,0%	89,4%	0,4%	6,8%	1,9%
Neutre	2,4%	6,0%	92,2%	5,1%	9,3%
Peur	4,4%	0,4%	2,2%	60,6%	6,1%
Surprise	1,9%	3,1%	1,3%	15,1%	81,4%
Personnes âgées					
Colère	74,3%	1,7%	2,1%	20,2%	1,2%
Joie	6,3%	84,1%	1,9%	7,0%	2,6%
Neutre	3,8%	9,0%	87,3%	5,7%	11,1%
Peur	10,1%	1,2%	3,3%	49,5%	5,3%
Surprise	5,4%	4,0%	5,4%	17,7%	79,8%

Il y avait aussi une interaction significative entre Emotion et Masque ($F_{(4,392)} = 29,86$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,23$) expliqué par un taux de réponses correctes plus bas dans la condition visage masqué que visage non-masqué, pour toutes les émotions sauf neutre. Cette absence de l'effet du port du masque dans la condition neutre ne peut s'expliquer par un effet plafond puisqu'il y avait un effet du port du masque pour la colère et la joie qui, toutes les deux, avaient de meilleures performances que neutre quand les visages étaient non-masqués (voir figure 34). La triple interaction Groupe, Masque et Emotion était significative ($F_{(4,392)} = 5,54$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,05$) (figure 34). Dans la condition visage non-masqué les personnes âgées avaient un taux de réponses correctes significativement plus bas que les jeunes seulement pour la peur. En revanche, dans la condition visage masqué, les personnes âgées avaient un taux de réponses correctes significativement plus bas que les jeunes pour la peur et la colère ($p < 0,05$).

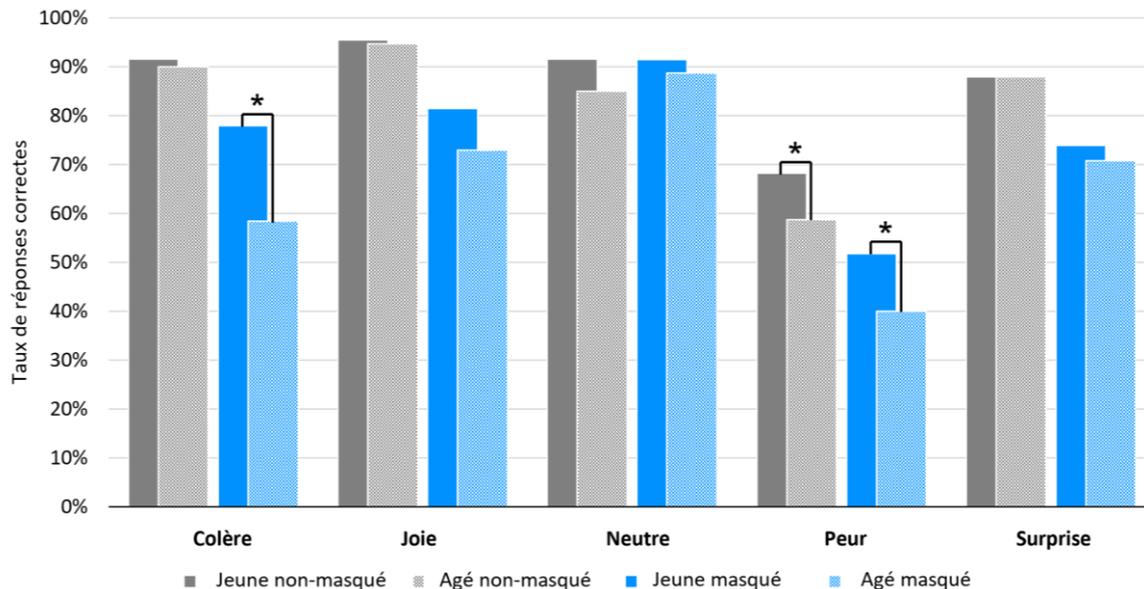


Figure 34 : Taux de réponses correctes des personnes jeunes et âgées pour les visages non-masqués (gris) et masqués (bleu) pour chaque émotion de l'expérience 9 –

* indique une différence significative entre personnes jeunes et âgées.

Enfin, l'effet principal de l'Angle de vue était significatif ($F_{(4,392)} = 19,05$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,16$). Le taux de réponses correctes était plus bas de profil (90°G : $M = 73,6\%$; $ET = 11,1\%$; 90°D : $M = 76,5\%$; $ET = 10,4\%$) que pour les autres angles de vue (45°G : $M = 81,4\%$; $ET = 11,5\%$; 0° : $M = 80,4\%$; $ET = 11,2\%$; 45°D : $M = 81,6\%$; $ET = 11,9\%$) ($p < 0,05$). Il y avait une interaction significative entre Angle de vue et Masque ($F_{(4,392)} = 6,50$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,06$). La baisse des performances pour les visages masqués comparés aux visages non-masqués était significative pour tous les angles de vue (figure 35) mais plus forte de profil (90°G : 17,8 points de pourcentage ; $ET = 15,6$; 90°D : 17,0 points de pourcentage ; $ET = 18,7$) que de trois-quarts (45°G : 12,6 points de pourcentage ; $ET = 17,3$; 45°D : 8,6 points de pourcentage ; $ET = 14,4$) et de face (12,7 points de pourcentage ; $ET = 13,6$).

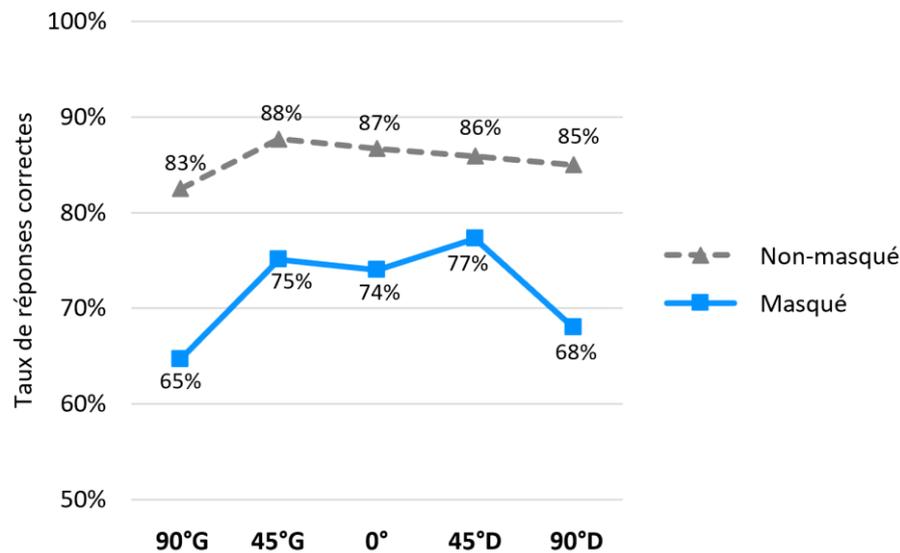


Figure 35 : Taux de réponses correctes de l'expérience 9 pour les visages non-masqués et masqués selon l'angle de vue.

Il y avait une interaction significative entre Angle de vue et Emotion ($F_{(16,1568)} = 6,81$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,06$). Pour la colère, le taux de réponses correctes était plus bas de profil (90°G : $M = 74,8\%$; $ET = 22,6\%$; 90°D : $M = 72,0\%$; $ET = 22,6\%$) que de face ($M = 82,0\%$; $ET = 20,1\%$) que de trois-quarts (45°G : $M = 86,3\%$; $ET = 17,5\%$; 45°D : $M = 88,8\%$; $ET = 20,5\%$) ($p < 0,05$). Pour la peur, le taux de réponses correctes était plus bas de profil et de face (90°G : $M = 50,0\%$; $ET = 28,9\%$; 90°D : $M = 51,3\%$; $ET = 28,7\%$; 0° : $M = 54,8\%$; $ET = 30,5\%$) que de trois-quarts (45°G : $M = 63,8\%$; $ET = 27,8\%$; 45°D : $M = 60,0\%$; $ET = 27,1\%$) ($p < 0,05$). Pour la joie, le taux de réponses correctes était plus élevé de face (0° : $M = 94,5\%$; $ET = 12,6\%$) que de tous les autres angles de vue (90°G : $M = 84,3\%$; $ET = 19,4\%$; 90°D : $M = 81,3\%$; $ET = 17,5\%$; 45°G : $M = 87,0\%$; $ET = 17,6\%$; 45°D : $M = 86,5\%$; $ET = 16,4\%$) ($p < 0,05$). Pour la surprise, le taux de réponses correctes était plus bas de face (0° : $M = 77,8\%$; $ET = 19,4\%$) que de trois-quarts (45°G : $M = 81,8\%$; $ET = 19,4\%$; 45°D : $M = 84,3\%$; $ET = 18,3\%$) et plus bas de 90°G ($M = 69,3\%$; $ET = 25,1\%$) que de 90°D ($M = 88,5\%$; $ET = 17,6\%$) ($p < 0,05$). La triple interaction Masque, Angle de vue et Emotion était significative ($F_{(16,1568)} = 5,89$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,06$) expliquée principalement par une baisse du taux de réponses correctes pour les profils lorsque le masque était présent, pour toutes les émotions sauf neutre. L'interaction entre Groupe et Angle de vue n'était pas significative ($F_{(4,392)} < 1$) ni la triple interaction entre Groupe, Masque et Angle de vue ($F_{(4,392)} < 1$) ou la triple interaction entre Groupe, Emotion et Angle de vue ($F_{(16,1568)} < 1$).

11.4 Discussion

Le but de cette recherche était de déterminer si les personnes âgées étaient disproportionnellement affectées par le port du masque pour l'identification des expressions

faciales émotionnelles. Premièrement, nous avons reproduit les résultats selon lesquelles l'identification de l'expression faciale émotionnelle est plus difficile avec port du masque chez les personnes jeunes (Carbon, 2020 ; Grundmann *et al.*, 2021 ; Ruba & Pollak, 2020 ; Thomas *et al.*, 2022). Deuxièmement, et surtout, nos résultats ont indiqué que les personnes âgées étaient significativement plus affectées que les personnes jeunes par le port du masque pour de l'identification des expressions faciales émotionnelles. Grundmann *et al.* (2021) n'ont rapporté qu'une tendance à une interaction entre l'âge et la présence du masque, mais leur tâche était plus difficile que la nôtre, puisque les participants devaient choisir parmi neuf émotions et porter un jugement social. Ensuite, les performances globalement plus faibles des personnes âgées dans leur étude peuvent avoir minimisé un éventuel effet de port du masque interagissant avec l'âge. Le fait que, dans notre étude, le port du masque affecte plus les personnes âgées que les personnes jeunes, pourrait montrer que les personnes âgées ont des difficultés spécifiques à extraire les traits faciaux pertinents pour l'identification des émotions.

Concernant les différences entre les émotions, nous avons trouvé que les personnes âgées avaient des performances inférieures aux personnes jeunes pour les émotions négatives, la colère et la peur, mais pas pour les autres émotions, la joie et la surprise. En surface, cela correspond à l'effet de positivité lié au vieillissement et s'expliquerait par le changement socio-émotionnel lors du vieillissement (Carstensen, 2019). Cependant, les personnes âgées semblent avoir eu un taux d'erreur accru pour les émotions négatives parce qu'elles les confondaient entre elles (colère confondue avec peur notamment), et non parce qu'elles confondaient les émotions négatives avec les émotions positives comme le prédit l'hypothèse socio-émotionnelle. Cela étant dit, l'effet de positivité a parfois aussi été énoncé comme un désengagement des stimulus négatifs, plutôt qu'un renforcement pour les stimulus positifs (Laulan *et al.*, 2020). Selon l'hypothèse du biais de saillance (Calvo & Numenmaa, 2011 ;

Leppänen & Hietanen, 2004), la joie serait mieux reconnue en raison des propriétés spécifiques des traits physiques du visage. Nos résultats ont montré que le port du masque, qui détériore la visibilité des traits du visage pour la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles, semble affecter davantage les émotions négatives que les émotions positives chez les personnes âgées, ce qui plaide en faveur de l'hypothèse de la saillance. Cette hypothèse, stipulant que les émotions négatives présentent des différences physiques moins distinctives que les émotions positives, pourrait également aider à expliquer pourquoi les personnes âgées font spécifiquement plus de confusions entre la peur et la colère. Enfin concernant les émotions, Carbon (2020) a noté une meilleure précision pour les expressions neutres, et a proposé qu'elle reflète le fait que les participants utilisent neutre comme réponse par défaut, s'ils ne sont pas sûrs de leur choix. Nous notons le même effet, d'autant plus que le taux de réponses correctes pour neutre était plus élevé dans la condition visage masqué, alors que les taux de réponses correctes étaient globalement plus bas dans la condition visage masqué.

Nous avons trouvé un effet de l'angle de vue dans l'identification de l'expression faciale émotionnelle, avec des performances moindres pour les profils, en accord avec l'étude de Skowronski *et al.* (2014). Matsumoto et Hwang (2011) n'ont pas obtenu d'effet du point de vue sur l'identification de l'expression faciale émotionnelle, mais, comme le temps de présentation était illimité dans leur étude, les participants ont pu avoir eu le temps d'extraire des caractéristiques dans n'importe quelle condition d'angle de vue. Nos données ont également montré que le port du masque affectait davantage l'identification des expressions faciales émotionnelles de profil que des autres angles de vue. Cet effet plus important du port du masque pour les profils pourrait expliquer pourquoi Thomas *et al.* (2022), qui n'ont utilisé que des visages de face et de trois quarts, n'ont pas obtenu d'interaction entre port du masque

et angle de vue. Ce résultat suggère que l'utilisation de différents angles de vue dans une expérience mesurant l'identification de l'expression faciale émotionnelle peut aider à obtenir des résultats plus sensibles, en diminuant la probabilité d'un effet de plafond. Cet effet d'angle de vue montre également qu'il y a un net avantage à se présenter de face, ou de trois quarts, pour communiquer avec les autres, notamment lorsque l'on porte un masque.

En conclusion, nous avons constaté que le port du masque affectait davantage la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes. En particulier, le port du masque a augmenté la confusion des émotions négatives chez les personnes âgées. De plus, le port du masque affectait davantage la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles de profil que des vues de trois-quarts ou de face. Dans l'ensemble, bien que le port du masque puisse être un outil utile pour prévenir la propagation des maladies, le port du masque peut causer des difficultés et même de la détresse, en particulier chez les personnes âgées isolées ou chez les personnes malades, comme l'ont discuté Gil et Arroyo-Anllo (2021). Une adoption généralisée du port du masque, quel que soit le contexte, doit donc toujours être soigneusement considérée, non pas comme automatisme, mais comme un équilibre entre l'efficacité du port du masque pour limiter la propagation d'une maladie, et l'impact qu'il pourrait avoir sur le bien-être des personnes. Nos résultats suggèrent que les personnes âgées sont particulièrement à risque de souffrir du port du masque obligatoire. Plusieurs solutions ont été proposées pour atténuer cela, comme les masques transparents (Yi *et al.*, 2021) et, de façon plus importante, mettre l'accent sur une communication plus claire et de face lorsque, portant un masque, on interagit avec des personnes âgées (Schlögl & Jones, 2020).

DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSION

Chapitre 12 : Expressions faciales émotionnelles et angles

de vue, discussion générale

12.1 Effet de profil et effet de trois-quarts

La perception des expressions faciales émotionnelles dépend-elle de l'angle de vue ? La littérature sur l'identification des visages selon l'angle de vue a rapporté à un effet de désavantage de profil (Stephan & Caine, 2007 ; Troje & Bulthoff, 1996 ; Van der Linde & Watson, 2010), et un effet d'avantage de trois-quarts (Krouse, 1981 ; Logie *et al.*, 1987 ; Patterson & Baddeley, 1977 ; Troje & Bülthoff, 1996). Nous avons trouvé les mêmes effets pour l'identification des expressions faciales émotionnelles sous certaines conditions.

Concernant les profils, nous avons trouvé un ralentissement des temps de réponse de profil lorsque les expressions faciales à identifier étaient présentés statiquement, et rapidement (300 ms - expérience 2) et pas lorsque ces expressions étaient présentées dynamiquement (expériences 1, 2, 4, 5, 6 et 8) (figure 36). Les vues de profil semblent donc être particulièrement affectées par des conditions plus difficiles, en accord avec l'idée d'une vue « minimale ». La durée d'information émotionnelle des vidéos utilisées était d'environ 600 ms, donc une première explication de cette différence entre expérience 2 et les autres est tout simplement le temps de présentation. En soutien à cet explication, Skowronski *et al.* ont trouvé un effet de profil sur le taux de bonnes réponses seulement lorsque le temps de présentation était limité (100 ms dans leur cas). Une seconde explication serait un avantage pour les vues dynamiques par rapport aux vues statiques du fait des informations spatio-temporelles (Ambadar *et al.*, 2005 ; Cunningham & Wallraven, 2009). Le fait que cette différence ne soit observable que pour des vues de profil « minimales » répliqueraient les

recherches qui ont montré que l'avantage dynamique n'est observable que pour des stimulus dégradés (Ambadar *et al.*, 2005). D'autres recherches, comparant expressions faciales émotionnelles dynamiques ou statiques en contrôlant précisément le temps de présentation sont nécessaires pour trancher en faveur d'une hypothèse ou l'autre.

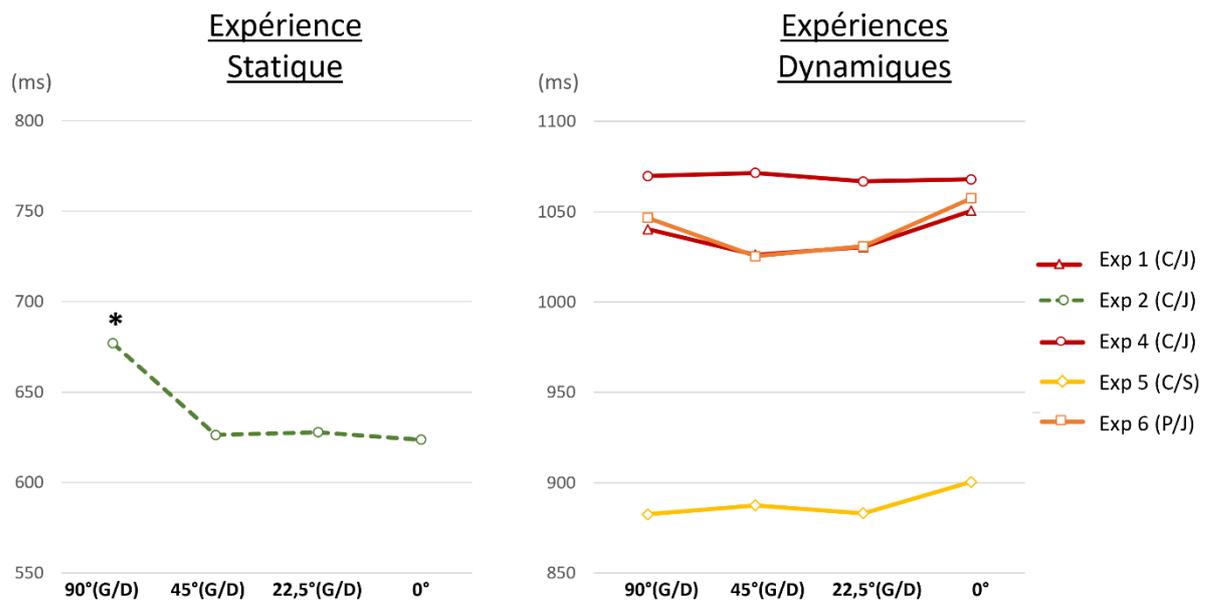


Figure 36 : Temps de réponse (ms) selon l'angle de vue (gauche et droite confondus) pour les expériences 1, 2, 4, 5, et 6. (C : colère, J : joie, S : sourire, P : peur). * indique une différence significative au test de comparaison planifié des profils par rapport aux autres angles de vue.

Certainement, diminuer la durée de présentation n'est pas le seul moyen d'obtenir un désavantage pour les profils. Dans l'expérience 9, qui utilisait aussi des images statiques, nous avons obtenu un désavantage de profil pour le taux de bonnes réponses (voir figure 35), alors que les images étaient présentées pendant 1000 ms. Cet effet de profil était accentué lorsque

les visages étaient masqués. Guo et Shaw (2015) ont trouvé un effet de profil avec des visages statiques à durée libre, à la fois pour les temps de réponse et pour le taux de bonnes réponses. Par rapport aux expériences similaires qui n'ont pas rapporté d'effet de profil (Kleck & Mendolia, 1990 ; Matsumoto & Hwang, 2011) Guo et Shaw ont utilisé plus d'angles de vue, et ils ont demandé à leurs participants de répondre le plus vite possible. Au total, la vue de profil semble être une vue « minimale » pour la perception des expressions faciales émotionnelles, ce qui apparaît surtout si la durée de présentation est limitée, ou si les stimulus sont dégradés. En revanche, l'effet de profil est potentiellement atténué en utilisant des stimulus dynamiques plutôt que statiques.

Concernant les vues de trois-quarts, nous avons parfois trouvé des temps de réponse plus rapides pour cet angle de vue que pour les autres. En particulier, et indépendamment de l'émotion exprimée, nous avons trouvé des temps de réponse plus rapides pour le 45°G (expériences 1, 3 et 5), pour le 22,5°G (expériences 1, 3 et 5) pour le 22,5°D (expériences 4 et 5) et pour le 45°D (expérience 3). Le fait que nous ayons enlevé les profils dans l'expérience 3, et tout de même obtenu un avantage pour les trois-quarts (plus important même que dans l'expérience 1 avec l'apparition d'un avantage pour le 45°D) montre que l'effet de trois-quarts ne peut s'expliquer seulement par un biais attentionnel vers la vue la moyenne des vues testées (Arnold & Siéroff, 2012a) mais plutôt, comme prévu par l'hypothèse de vue canonique, par un avantage inhérent à la vue de trois-quarts (Bruce, *et al.*, 1987 ; Fagan, 1979 ; Logie *et al.*, 1987 ; Palmer *et al.*, 1981 ; Perrett *et al.*, 1991).

12.2 Effet de positivité

L'effet de positivité n'a été retrouvé que pour certains angles : de face (expériences 2, 5, 6 et 8), d'une vue proche de la face – le 22°5 (expériences 3, 5 et 6) ou de 45° droit (expériences 1, 3 et 5). Un effet de négativité n'a été trouvé que pour le 45° gauche (expérience 1) et le profil droit (expériences 2 et 8).

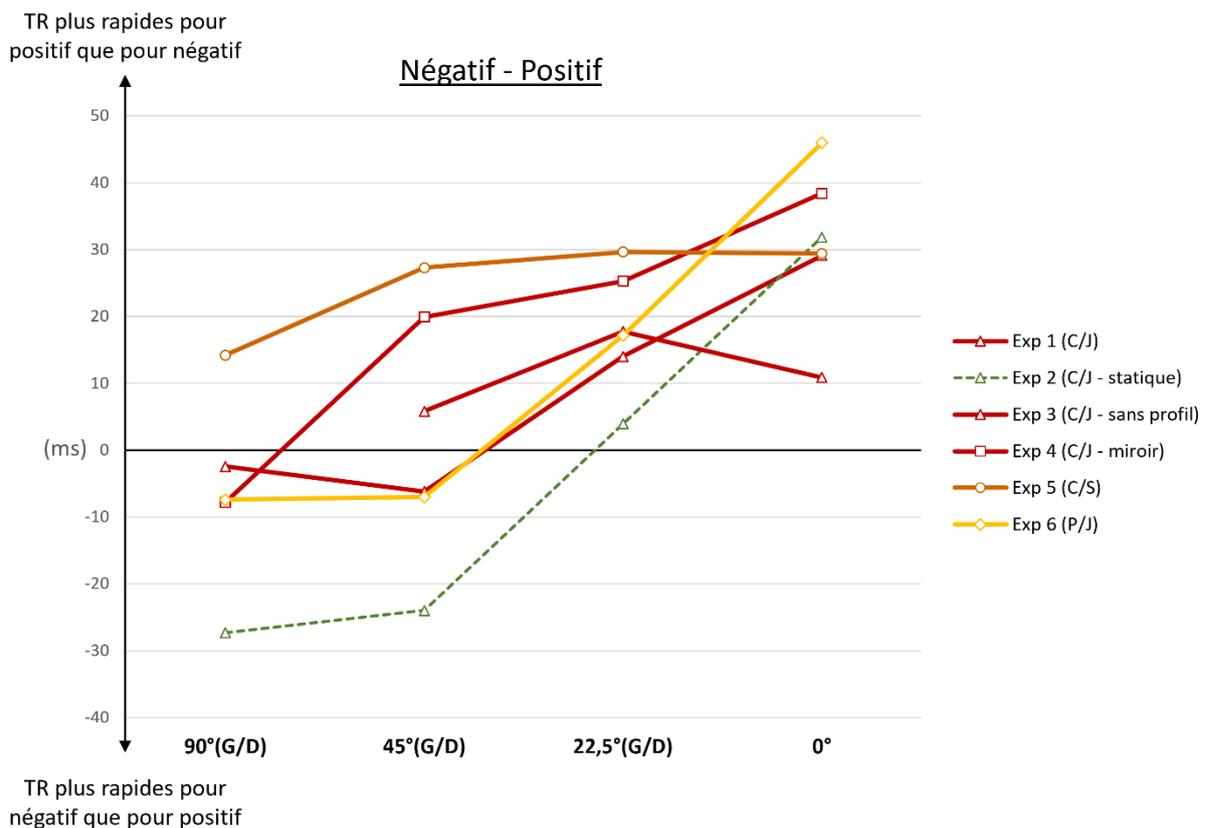


Figure 37 : Effet de positivité ou de négativité (= négatif - positif en ms) selon l'angle de vue (gauche et droite confondus) pour les expériences 1 à 6. (C : colère, J : joie, S : sourire, P : peur).

L'angle de vue influence donc parfois la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles différemment selon le type d'émotion exprimée, et cela fait apparaître des différences d'une part entre les vues de face ou proches de la face et les vues de trois-quarts et de profil (figure 37) et d'autre part de différences entre la gauche et la droite pour les trois-quarts. Puisque l'effet de positivité ou de négativité dépend, quand il existe, de l'angle de vue, cet effet ne semble pas dû à un biais cognitif (Becker & Srinivason, 2014 ; Leppänen & Hietanen, 2004) mais plutôt à des spécificités perceptives ou de saillance (Calvo & Nummenmaa, 2008, 2011, 2016). Certaines expressions seraient plus « visibles » sur certains angles de vue.

Il existe une hypothèse alternative pour expliquer un effet de positivité essentiellement restreint aux vues de face ou proches de la face (22,5°). En effet, lorsque le visage est de face, son regard, et plus généralement son port de tête est orienté vers un observateur de ce visage. Or l'orientation des yeux est suffisant pour rendre une expression faciale plus ou moins intense (Adams & Kleck, 2005 ; Sander *et al.*, 2007). Cela a aussi été observé selon l'angle de vue car les vues de face tendent à être jugées plus intenses (Ensenberg *et al.*, 2017 ; Guo & Shaw, 2015 ; Sato *et al.*, 2004 ; Schrammel *et al.*, 2009). La joie en particulier semble être jugée plus intense de face (Schrammel *et al.*, 2009 ; Main *et al.*, 2010). Cette hypothèse alternative ne semble pas suffisante à expliquer un effet de positivité de face pour les temps de réponse. En effet, nous avons aussi trouvé que la joie était jugée plus intense de face que de côté (expérience 7) mais elle n'était toutefois pas jugée plus intense que la colère de face (voire plutôt l'inverse – voir figure 27). Ce résultat ne discrédite pas entièrement l'importance de l'orientation du regard/de la tête, au contraire même puisque nous avons trouvé un avantage de face pour la joie lors de jugement d'intensité (expérience 7) mais pas lors de tâche d'identification (expérience 1, 3, 4 et 7) ; simplement l'importance de l'orientation du

regard/de la tête ne suffit pas à expliquer un effet de positivité de face pour l'identification des expressions faciales émotionnelles.

Concernant un effet de positivité pour le 45°D et un effet de négativité pour le 45°G, ces deux résultats semblent être expliqués par le modèle de la valence émotionnelle qui postule un traitement préférentiel des émotions positives par l'hémisphère cérébral gauche, et des émotions négatives par l'hémisphère cérébral droit (Jansari *et al.*, 2000 ; Reuter-Lorenz *et al.*, 1983). Toutefois si ce résultat a été retrouvé pour des émotions de joie et de colère (expérience 1) il n'a pas été retrouvé pour des émotions de sourire (expérience 5) ou de peur (expérience 6), ce qui affaiblit l'hypothèse de valence émotionnelle. De plus, les résultats de l'expérience 4, avec des stimulus inversés, contredisent l'idée d'un biais de perception en faveur des émotions positives à droites, et en faveur des émotions négatives à gauche, mais sont plutôt en faveur d'un biais de motricité des modèles puisque les effets de positivité et de négativité semblent s'être inversés (au moins qualitativement - voir figure 38). Au total donc, ces effets de côté semblent plus expliqués par une asymétrie expressive motrice pour chaque émotion séparément que par un avantage perceptif d'un côté ou de l'autre selon la valence émotionnelle de l'expression perçue.

12.3 Asymétries gauche-droite

Nous avons mesuré l'asymétrie gauche/droite des temps de réponses pour chaque émotion et chaque angle de vue séparément dans chacune de nos expériences (figure 38). La colère était identifiée plus rapidement à gauche qu'à droite (expérience 1, 3 et 5), sauf lorsque les stimulus étaient inversés (expérience 4) ou statiques (expérience 2). L'asymétrie en faveur de la gauche pour la colère semble donc s'expliquer principalement par un biais moteur des modèles, et être observable à partir de stimulus dynamiques et non statiques, ce qui indique une asymétrie principalement dans le décours spatio-temporel de l'expression, et non générale (à l'apex).

Nous avons parfois trouvé une asymétrie en faveur de la gauche pour la joie (expériences 2, 3 et 8), mais contrairement à la colère, cette asymétrie était aussi observable avec des stimulus statiques (expérience 2) ce qui indique plutôt une asymétrie générale que seulement du décours spatio-temporel. Enfin, nous n'avons pas trouvé d'asymétrie de côté pour le sourire (expérience 5) ou pour la peur (expérience 6).

Globalement donc, nos résultats semblent soutenir la notion que les expressions faciales émotionnelles sont exprimées plus intensément du côté gauche du visage (Borod *et al.*, 1997 ; Desai, 2009 ; Zhou & Hu, 2006). Cette asymétrie s'explique peut-être par une dominance de l'hémisphère droit pour l'expression des émotions (Blonder *et al.*, 1993, 2005 ; Borod *et al.*, 1988b ; Buck & Duffy, 1980), mais dépend de chaque émotion séparément.

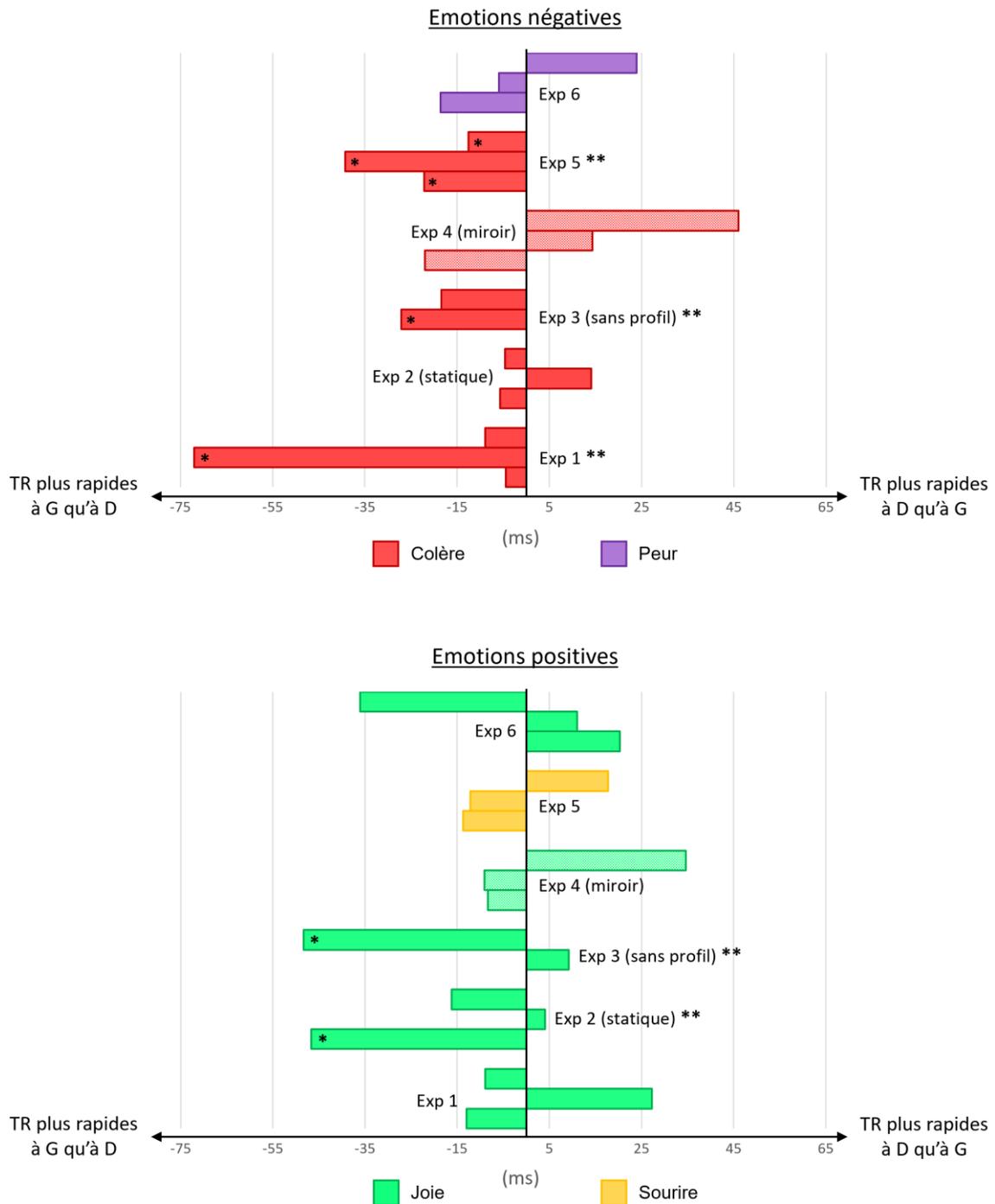


Figure 38 : Asymétrie gauche/droite (= gauche - droite en ms) selon l'angle de vue (gauche et droite confondus) pour les expériences 1 à 6 (de bas en haut, par expérience, 90°, 45° et 22,5°). * indique une différence significative aux tests post-hoc par angle de vue ** indique une différence significative aux tests de comparaison planifiée par expérience.

12.4 Intérêt méthodologique

Les expériences 8 et 9 illustrent bien l'intérêt méthodologique de l'inclusion de différents angles de vue dans une expérience de perception des expressions faciales émotionnelles.

Dans l'expérience 8, en ne regardant que les résultats pour l'angle de vue de face (figure 39a), celle généralement utilisée dans ce type d'expériences (Chaby & Narme, 2009), on pourrait être tenté de conclure à un effet de positivité lors du vieillissement, y compris le vieillissement pathologique (Isaacowitz *et al.*, 2007 ; Ruffman *et al.*, 2008 ; Torres *et al.*, 2019) dû à un changement socio-émotionnel (Carstensen, 2019). Au contraire, en regardant les résultats pour tous les angles de vue (figure 39b), il apparaît que s'il y a un effet de positivité de face, il disparaît de trois-quarts ou de profil. Cet effet de positivité de face ne peut donc pas être expliqué par un avantage de positivité globale comme prédit par la théorie socio-émotionnelle, mais plutôt par un effet spécifique à l'angle de vue de face.

En regardant chaque émotion séparément (voir figure 28), il apparaît que cet effet de positivité de face est dû principalement à un désavantage de la peur seulement de face. Cela peut être dû à un effet de saillance propre à l'expression faciale de peur par l'existence de traits spécifiques à la peur qui seraient potentiellement plus visibles de côté, comme le haussement plus particulièrement de la partie distale des sourcils (Kohler *et al.*, 2004), qui pourrait aider à lever une ambiguïté. Il est également possible qu'il y ait un effet d'orientation de la tête/du regard qui accentuerait une capture attentionnelle par le stimulus émotionnel et activerait le réseau d'« immobilisation ou effroi » (Bracha *et al.*, 2004 ; Donahue, 2020).

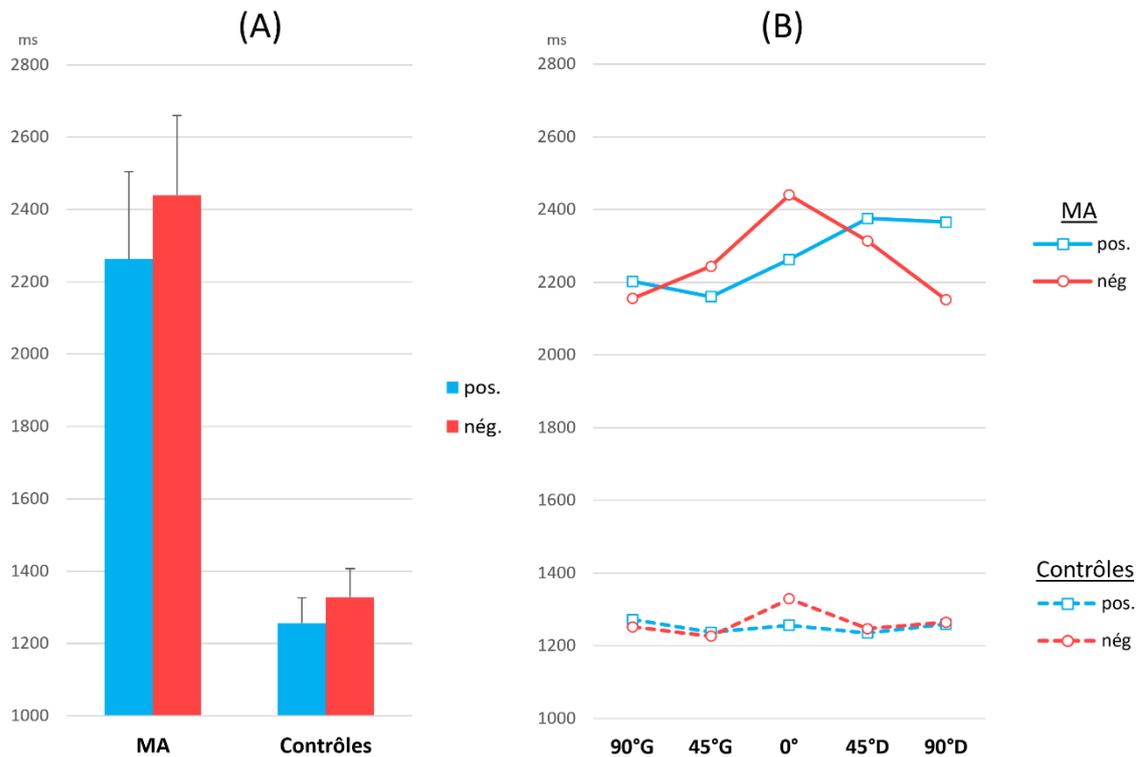


Figure 39 : Temps de réponse (ms) des personnes âgées souffrant de maladie d'Alzheimer (MA) ou contrôles pour les émotions positives (pos. joie et surprise) ou négatives (nég. colère et peur), A) seulement de face - les barres d'erreur représentent l'erreur-type. B) selon l'angle de vue (expérience 8).

Dans l'expérience 9, nous avons montré que le port du masque diminuait le taux de bonnes réponses pour la reconnaissance d'expressions faciales émotionnelles. Cette diminution était significativement plus large de profil que de trois-quarts ou de profil (voir figure 35). Ce résultat illustre le fait qu'en plus d'être plus écologique, l'utilisation de différents angles de vue, en particulier le profil, une vue « minimale », peut rendre certaines tâches plus sensibles à l'obtention d'un effet, comme ici le port du masque.

Conclusion et perspectives

Dans les différentes expériences de cette thèse nous avons montré que le changement d'angle de vue affecte la capacité à reconnaître une expression faciale émotionnelle. En particulier, les vues de profil mènent souvent à des temps de réponse plus lents ou à des taux d'erreurs plus élevés, tandis que les vues de trois-quarts mènent parfois à des temps de réponse plus rapides ou des taux d'erreurs plus bas. Ces effets montrent l'importance d'inclure différents angles de vue lorsque l'on étudie la perception des expressions faciales émotionnelles pour une approche plus écologique.

L'utilisation de différents angles de vue nous a permis d'évaluer les hypothèses de biais cognitif de positivité et de biais de saillance pour expliquer un effet de positivité dans la perception des expressions faciales émotionnelles. Ce faisant, nous avons obtenu des résultats qui soutiennent l'hypothèse de saillance, et contestent l'hypothèse de biais cognitif. L'utilisation de différents angles de vue nous a aussi permis de tester des effets de côté comme ceux prédits par le modèle de l'hémisphère droit ou le modèle de la valence émotionnelle. Les asymétries que nous avons observées semblent être dues principalement à une intensité motrice des modèles plus importante du côté gauche pour la colère et la joie, mais pas pour la peur. Dans une étude avec des personnes âgées, nous avons montré un effet de positivité seulement de face, ce qui soutient l'hypothèse de déclin perceptif et non de l'hypothèse socio-émotionnel pour expliquer l'effet de positivité lors du vieillissement. Tous ces résultats illustrent l'intérêt d'utiliser différents angles de vue pour aborder certaines questions théoriques relatives aux expressions faciales émotionnelles.

Enfin, nous avons utilisé différents angles de vue lorsque nous avons étudié l'impact du port du masque sur les performances de reconnaissance des expressions faciales

émotionnelles. Le port du masque a affecté les performances surtout de profil, montrant que l'utilisation de différents angles de vue, surtout les profils, peut rendre certaines tâches plus sensibles et donc avoir un intérêt méthodologique.

Nos études ont aussi laissé certaines questions ouvertes. Nous avons par exemple suggéré d'examiner de plus près l'influence des informations dynamiques sur l'apparition d'un effet de profil en contrôlant précisément la durée de présentation des stimulus statiques et dynamiques. Nous avons aussi suggéré d'examiner l'interaction entre le type d'émotion exprimée et l'angle de vue dans l'activation des systèmes sympathiques et parasympathiques. Le ralentissement des temps de réponse pour la joie à droite lors du vieillissement, et surtout lors de la maladie d'Alzheimer, pourrait aussi faire l'objet de futures recherches, en particulier en faisant une corrélation entre changement anatomiques asymétriques et performances selon le modèle de la valence émotionnelle. Plus globalement, il serait intéressant d'étudier les effets d'angles de vue pour d'autres émotions, comme le dégoût ou la tristesse, pour voir si les effets d'angles de vue sont spécifiques à chaque émotion, comme l'ont en partie laissé entendre nos résultats d'asymétrie gauche-droite, ou groupables par catégories plus larges comme la valence ou l'intensité des différentes expressions faciales émotionnelles.

Que ce soit pour des raisons écologiques, théoriques ou méthodologiques, nous espérons que cette thèse inspirera ceux qui étudient la perception des expressions faciales émotionnelles à considérer davantage l'utilisation de différents angles de vues.

Références

- Adams Jr, R. B., & Kleck, R. E. (2005). Effects of direct and averted gaze on the perception of facially communicated emotion. *Emotion*, 5(1), 3.
- Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1996). Cortical systems for the recognition of emotion in facial expressions. *Journal of neuroscience*, 16(23), 7678-7687.
- Albers, M. W., Gilmore, G. C., Kaye, J., Murphy, C., Wingfield, A., Bennett, D. A., ... & Zhang, L. I. (2015). At the interface of sensory and motor dysfunctions and Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia*, 11(1), 70-98.
- Allison, A. L., Peres, J. C., Boettger, C., Leonbacher, U., Hastings, P. D., & Shirtcliff, E. A. (2012). Fight, flight, or fall: Autonomic nervous system reactivity during skydiving. *Personality and Individual Differences*, 53(3), 218-223.
- Alves, N. T. (2013). Recognition of static and dynamic facial expressions: a study review. *Estudos de Psicologia (Natal)*, 18, 125-130.
- Ambadar, Z., Schooler, J. W., & Cohn, J. F. (2005). Deciphering the enigmatic face: The importance of facial dynamics in interpreting subtle facial expressions. *Psychological science*, 16(5), 403-410.
- Amodio, D. M., Master, S. L., Yee, C. M., & Taylor, S. E. (2008). Neurocognitive components of the behavioral inhibition and activation systems: Implications for theories of self-regulation. *Psychophysiology*, 45(1), 11-19.
- An, S., Ji, L. J., Marks, M., & Zhang, Z. (2017). Two sides of emotion: Exploring positivity and negativity in six basic emotions across cultures. *Frontiers in psychology*, 8, 610.
- Andersen, P. A., & Guerrero, L. K. (1996). Principles of communication and emotion in social interaction. In P. Andersen & L. Guerrero (Eds.) *Handbook of communication and emotion* (p. 49-96). Cambridge, MA: Academic Press.
- Anscombe, F. J. (1960). Rejection of outliers. *Technometrics*, 2, 123-147.
- Armaghani, S. J., Crucian, G. P., & Heilman, K. M. (2014). The influence of emotional faces on the spatial allocation of attention. *Brain and cognition*, 91, 108-112.
- Arnold, G. (2011). *Reconnaissance des visages dynamiques sous différents angles de vue*. Thèse de doctorat, Université Paris-Cité.
- Arnold, G., & Siéoff, E. (2012a). Temporal integration of face view sequences and recognition of novel views. *Visual cognition*, 20(7), 793-814.
- Arnold, G., & Siéoff, E. (2012b). Timing constraints of temporal view association in face recognition. *Vision research*, 54, 61-67.
- Arnold, G., Bécue, J. C., & Siéoff, E. (2013). Left-view sequences of faces are superior to right-view ones for view generalization. *Visual cognition*, 21(6), 752-765.

- Atkinson, A. P., Vuong, Q. C., & Smithson, H. E. (2012). Modulation of the face-and body-selective visual regions by the motion and emotion of point-light face and body stimuli. *Neuroimage*, *59*(2), 1700-1712.
- Baas, D., Aleman, A., & Kahn, R. S. (2004). Lateralization of amygdala activation: a systematic review of functional neuroimaging studies. *Brain Research Reviews*, *45*(2), 96-103.
- Babinski, J. (1914). Contribution à l'étude des troubles mentaux dans l'hémiplégie organique cérébrale. *Revue neurologique*, *27*, 845-848.
- Baddeley, A., & Woodhead, M. (1983). Improving face recognition ability. In S. M. A. Lloyd-Bostock & B. R. Clifford (Eds.), *Evaluating witness testimony* (pp. 125–136). Chichester: Wiley.
- Baijal, S., & Srinivasan, N. (2011). Emotional and hemispheric asymmetries in shifts of attention: An ERP study. *Cognition and Emotion*, *25*(2), 280-294.
- Balconi, M., & Mazza, G. (2010). Lateralisation effect in comprehension of emotional facial expression: a comparison between EEG alpha band power and behavioural inhibition (BIS) and activation (BAS) systems. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *15*(3), 361-384.
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., & Jolliffe, A. T. (1997). Is there a " language of the eyes"? Evidence from normal adults, and adults with autism or Asperger syndrome. *Visual cognition*, *4*(3), 311-331.
- Bayer, M., & Schacht, A. (2014). Event-related brain responses to emotional words, pictures, and faces—a cross-domain comparison. *Frontiers in psychology*, *5*, 1106.
- Beaudry, O., Roy-Charland, A., Perron, M., Cormier, I., & Tapp, R. (2014). Featural processing in recognition of emotional facial expressions. *Cognition and Emotion*, *28*(3), 416–432.
- Beck, J. (1966). Effect of orientation and of shape similarity on perceptual grouping. *Perception & psychophysics*, *1*(5), 300-302.
- Beck, J. (1967). Perceptual grouping produced by line figures. *Perception & Psychophysics*, *2*(11), 491-495.
- Becker, D. V., & Srinivasan, N. (2014). The vividness of the happy face. *Current Directions in Psychological Science*, *23*(3), 189-194.
- Becker, D. V., Anderson, U. S., Mortensen, C. R., Neufeld, S. L., & Neel, R. (2011). The face in the crowd effect unconfounded: happy faces, not angry faces, are more efficiently detected in single- and multiple-target visual search tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, *140*(4), 637.
- Becker, D. V., Neel, R., Srinivasan, N., Neufeld, S., Kumar, D., & Fouse, S. (2012). The vividness of happiness in dynamic facial displays of emotion. *PLoS ONE*, *7*(1), e26551.
- Bell, C. (1806). *Essays on the anatomy of expression in painting*. London: Longman, Hurst, Rees & Orme.
- Bennett, H. L., Delmonico, R. L., & Bond Jr, C. F. (1987). Expressive and perceptual asymmetries of the resting face. *Neuropsychologia*, *25*(4), 681-687.
- Benson, J. (1967). Emotion and expression. *The Philosophical Review*, 335-357.

Beraha, E., Eggers, J., Hindi Attar, C., Gutwinski, S., Schlagenhaut, F., Stoy, M., ... & BERPohl, F. (2012). Hemispheric asymmetry for affective stimulus processing in healthy subjects—a fMRI study. *Plos ONE*, 7(10): e46931.

Berkowitz, L. (1993). Pain and aggression: Some findings and implications. *Motivation and emotion*, 17, 277-293.

Bidet-Ildei, C., Decatoire, A., & Gil, S. (2020). Recognition of emotions from facial point-light displays. *Frontiers in Psychology*, 11, 1062.

Bindemann, M., Burton, A. M., & Langton, S. R. (2008). How do eye gaze and facial expression interact?. *Visual Cognition*, 16(6), 708-733.

Bindemann, M., Scheepers, C., & Burton, A. M. (2009). Viewpoint and center of gravity affect eye movements to human faces. *Journal of vision*, 9(2), 7-7.

Birdwhistell, R. L. (1963). The kinesic level in the investigation of the emotions. In Knapp, *Expression of the Emotions in Man*. New York: International Universities Press.

Blais, C., Fiset, D., Roy, C., Saumure Régimbald, C., & Gosselin, F. (2017). Eye fixation patterns for categorizing static and dynamic facial expressions. *Emotion*, 17(7), 1107.

Blanz, V., Tarr, M. J., & Bülthoff, H. H. (1999). What object attributes determine canonical views?. *Perception*, 28(5), 575-599.

Blonder, L. X., Burns, A. F., Bowers, D., Moore, R. W., & Heilman, K. M. (1993). Right hemisphere facial expressivity during natural conversation. *Brain and Cognition*, 21(1), 44-56.

Blonder, L. X., Heilman, K. M., Ketterson, T., Rosenbek, J., Raymer, A., Crosson, B., ... & Rothi, L. G. (2005). Affective facial and lexical expression in aprosodic versus aphasic stroke patients. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(6), 677-685.

Bopp, K. L., & Verhaeghen, P. (2005). Aging and verbal memory span: A meta-analysis. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 60(5), P223-P233.

Borod, J. C., Haywood, C. S., & Koff, E. (1997). Neuropsychological aspects of facial asymmetry during emotional expression: A review of the normal adult literature. *Neuropsychology review*, 7, 41-60.

Borod, J. C., Kent, J., Koff, E., Martin, C., & Alpert, M. (1988a). Facial asymmetry while posing positive and negative emotions: Support for the right hemisphere hypothesis. *Neuropsychologia*, 26(5), 759-764.

Borod, J. C., Koff, E., Lorch, M. P., Nicholas, M., & Welkowitz, J. (1988b). Emotional and non-emotional facial behaviour in patients with unilateral brain damage. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 51(6), 826-832.

Borod, J. C., Zgaljardic, D., Tabert, M. H., & Koff, E. (2001). Asymmetries of emotional perception and expression in normal adults. In G. Gainotti (Ed.), *Handbook of neuropsychology* (2nd ed., Vol. 5, 181–205). Amsterdam: Elsevier Science.

- Bracha, H. S., Ralston, T. C., Matsukawa, J. M., Williams, A. E., & Bracha, A. S. (2004). Does “fight or flight” need updating?. *Psychosomatics*, *45*(5), 448-449.
- Brewer, A. A., & Barton, B. (2014). Visual cortex in aging and Alzheimer's disease: changes in visual field maps and population receptive fields. *Frontiers in psychology*, *5*, 74.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British journal of psychology*, *77*(3), 305-327.
- Bruce, V., Valentine, T., & Baddeley, A. (1987). The basis of the 3/4 view advantage in face recognition. *Applied cognitive psychology*, *1*(2), 109-120.
- Buck, R., & Duffy, R. J. (1980). Nonverbal communication of affect in brain-damaged patients. *Cortex*, *16*(3), 351-362.
- Calder, A. J., Young, A. W., Keane, J., & Dean, M. (2000). Configural information in facial expression perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *26*(2), 527–551.
- Calvo, M. G., & Beltrán, D. (2013). Recognition advantage of happy faces: tracing the neurocognitive processes. *Neuropsychologia*, *51*(11), 2051-2061.
- Calvo, M. G., & Nummenmaa, L. (2008). Detection of emotional faces: salient physical features guide effective visual search. *Journal of Experimental Psychology: General*, *137*(3), 471.
- Calvo, M. G., & Nummenmaa, L. (2011). Time course of discrimination between emotional facial expressions: The role of visual saliency. *Vision research*, *51*(15), 1751-1759.
- Calvo, M. G., & Nummenmaa, L. (2016). Perceptual and affective mechanisms in facial expression recognition: An integrative review. *Cognition and Emotion*, *30*(6), 1081–1106.
- Calvo, M. G., Gutiérrez-García, A., Fernández-Martín, A., & Nummenmaa, L. (2014). Recognition of facial expressions of emotion is related to their frequency in everyday life. *Journal of Nonverbal Behavior*, *38*, 549-567.
- Canli, T., Desmond, J. E., Zhao, Z., Glover, G., & Gabrieli, J. D. (1998). Hemispheric asymmetry for emotional stimuli detected with fMRI. *Neuroreport*, *9*(14), 3233-3239.
- Carbon, C. C. (2020). Wearing face masks strongly confuses counterparts in reading emotions. *Frontiers in psychology*, *11*, 566886.
- Carli, G., & Farabollini, F. (2022). Neural circuits of fear and defensive behavior. *Prog Brain Res*, *271*(1), 51-69.
- Carstensen, L. L. (2019). Integrating cognitive and emotion paradigms to address the paradox of aging. *Cognition and Emotion*, *33*(1), 119-125.
- Cattaneo, Z., Lega, C., Boehringer, J., Gallucci, M., Girelli, L., & Carbon, C. C. (2014). Happiness takes you right: The effect of emotional stimuli on line bisection. *Cognition & emotion*, *28*(2), 325-344.
- Ceccarini, F., & Caudek, C. (2013). Anger superiority effect: The importance of dynamic emotional facial expressions. *Visual Cognition*, *21*(4), 498-540.

Chaby, L., & Narme, P. (2009). La reconnaissance des visages et de leurs expressions faciales au cours du vieillissement normal et dans les pathologies neurodégénératives. *Psychologie & Neuropsychiatrie du vieillissement*, 7(1), 31-42.

Chang, L. Y., Lowe, J., Ardiles, A., Lim, J., Grey, A. C., Robertson, K., ... & Acosta, M. L. (2014). Alzheimer's disease in the human eye. Clinical tests that identify ocular and visual information processing deficit as biomarkers. *Alzheimer's & Dementia*, 10(2), 251-261.

Cohen, A. L., Soussand, L., Corrow, S. L., Martinaud, O., Barton, J. J., & Fox, M. D. (2019). Looking beyond the face area: lesion network mapping of prosopagnosia. *Brain*, 142(12), 3975-3990.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale Erlbaum Associates.

Colibazzi, T., Posner, J., Wang, Z., Gorman, D., Gerber, A., Yu, S., ... & Peterson, B. S. (2010). Neural systems subserving valence and arousal during the experience of induced emotions. *Emotion*, 10(3), 377.

Corballis, M. (2012). *Human laterality*. Elsevier.

Cowen, A. S., & Keltner, D. (2017). Self-report captures 27 distinct categories of emotion bridged by continuous gradients. *Proceedings of the national academy of sciences*, 114(38), E7900-E7909.

Craig, B. M., Becker, S. I., & Lipp, O. V. (2014). Different faces in the crowd: a happiness superiority effect for schematic faces in heterogeneous backgrounds. *Emotion*, 14(4), 794.

Crivelli, C., & Fridlund, A. J. (2019). Inside-out: From basic emotions theory to the behavioral ecology view. *Journal of Nonverbal Behavior*, 43(2), 161-194.

Cross, M. P., Hunter, J. F., Smith, J. R., Twidwell, R. E., & Pressman, S. D. (2022). Comparing, differentiating, and applying affective facial coding techniques for the assessment of positive emotion. *The Journal of Positive Psychology*, 1-19.

Cunningham, D. W., & Wallraven, C. (2009). Dynamic information for the recognition of conversational expressions. *Journal of Vision*, 9(13), 7-7.

Curcio, C. A. (2001). Photoreceptor topography in ageing and age-related maculopathy. *Eye*, 15(3), 376-383.

Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. London: Murray.

Davidenko, N. (2007). Silhouetted face profiles: A new methodology for face perception research. *Journal of Vision*, 7(4), 6-6.

Davidson, R. J., & Fox, N. A. (1982). Asymmetrical brain activity discriminates between positive and negative affective stimuli in human infants. *Science*, 218(4578), 1235-1237.

De Souza, W. C., Eifuku, S., Tamura, R., Nishijo, H., & Ono, T. (2005). Differential characteristics of face neuron responses within the anterior superior temporal sulcus of macaques. *Journal of neurophysiology*, 94(2), 1252-1266.

Demaree, H. A., Everhart, D. E., Youngstrom, E. A., & Harrison, D. W. (2005). Brain lateralization of emotional processing: historical roots and a future incorporating “dominance”. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, 4(1), 3-20.

Desai, A. (2009). Digitizing the moving face: asymmetries of emotion and gender. *Neuropsychological Trends*, 5, 35-42.

Devaney, K. O., & Johnson, H. A. (1980). Neuron loss in the aging visual cortex of man. *Journal of Gerontology*, 35(6), 836-841.

Dobs, K., Bülthoff, I., & Schultz, J. (2018). Use and usefulness of dynamic face stimuli for face perception studies—A review of behavioral findings and methodology. *Frontiers in psychology*, 9, 1355.

Donahue, J. J. (2020). Fight-flight-freeze system. *Encyclopedia of personality and individual differences*, 1590-1595.

Donderi, D. C. (2006). Visual complexity: a review. *Psychological bulletin*, 132(1), 73.

Duchenne de Boulogne, G. B. (1862) *Mécanisme de la physiognomie humaine*. Paris : Renouard.

Durán, J. I., & Fernández-Dols, J. M. (2021). Do emotions result in their predicted facial expressions? A meta-analysis of studies on the co-occurrence of expression and emotion. *Emotion*.

Eastwood, J. D., Smilek, D., & Merikle, P. M. (2001). Differential attentional guidance by unattended faces expressing positive and negative emotion. *Perception & psychophysics*, 63(6), 1004-1013.

Efraty, B., Bilgazyev, E., Shah, S., & Kakadiaris, I. A. (2012). Profile-based 3D-aided face recognition. *Pattern recognition*, 45(1), 43-53.

Eisenbarth, H., & Alpers, G. W. (2011). Happy mouth and sad eyes: scanning emotional facial expressions. *Emotion*, 11(4), 860–865.

Ekman, P. (1970). Universal Facial Expressions of Emotion. *California Mental Health Research Digest*, 8(4), 151-158.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of personality and social psychology*, 17(2), 124.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Facial Action Coding System*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1986). A new pan-cultural facial expression of emotion. *Motivation and emotion*, 10(2), 159-168.

Ekman, P., Friesen, W. V., & Hager, J. C. (2002). *Facial Action Coding System* [E-book]. Salt Lake City: Research Nexus.

Ekman, P., Friesen, W. V., & Tomkins, S. S. (1971). Facial affect scoring technique: A first validity study. *Semiotica*, 3(1), 37-58.

Ekman, P., Sorenson, E. R., & Friesen, W. V. (1969). Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science*, *164*(3875), 86-88.

Elsherif, M. M., Saban, M. I., & Rotshtein, P. (2017). The perceptual saliency of fearful eyes and smiles: A signal detection study. *PloS one*, *12*(3), e0173199.

Emery, N. J. (2000). The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze. *Neuroscience & biobehavioral reviews*, *24*(6), 581-604.

Ensenberg, N. S., Perry, A., & Aviezer, H. (2017). Are you looking at me? Mu suppression modulation by facial expression direction. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *17*, 174-184.

Fagan, J. (1979). The origins of facial pattern recognition. In M. H. Bornstein & W. Kessen, *Psychological development from infancy: image to intention* (pp. 83–113). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Fernández-Carriba, S., Loeches, Á., Morcillo, A., & Hopkins, W. D. (2002). Asymmetry in facial expression of emotions by chimpanzees. *Neuropsychologia*, *40*(9), 1523-1533.

Fernández-Dols, J. M., & Crivelli, C. (2013). Emotion and expression: Naturalistic studies. *Emotion Review*, *5*(1), 24-29.

Fiorentini, C., Schmidt, S., & Viviani, P. (2012). The identification of unfolding facial expressions. *Perception*, *41*(5), 532–555.

Flack, T., Young, A., & Andrews, T. (2015). Neural Representations of Expression and Viewpoint Information in the Temporal Cortex. *Journal of Vision*, *15*(12), 433-433.

Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, *12*(3), 189-198.

Fox, E., Lester, V., Russo, R., Bowles, R. J., Pichler, A., & Dutton, K. (2000). Facial expressions of emotion: Are angry faces detected more efficiently?. *Cognition & emotion*, *14*(1), 61-92.

Freud, E., Stajduhar, A., Rosenbaum, R. S., Avidan, G., & Ganel, T. (2020). The COVID-19 pandemic masks the way people perceive faces. *Scientific reports*, *10*(1), 22344.

Friedland, R. P., Koss, E., Haxby, J. V., Grady, C. L., Luxenberg, J., Schapiro, M. B., & Kaye, J. (1988). Alzheimer disease: Clinical and biological heterogeneity. *Annals of internal medicine*, *109*(4), 298-311.

Frohlich, E., Liebig, J., Morawetz, C., Ziegler, J. C., Braun, M., Heekeren, H. R., & Jacobs, A. M. (2018). Same same but different: processing words in the aging brain. *Neuroscience*, *371*, 75-95.

Gainotti, G. (2019). Emotions and the right hemisphere: can new data clarify old models?. *The Neuroscientist*, *25*(3), 258-270.

- Gil, R., & Arroyo-Anlló, E. M. (2021). Alzheimer's disease and face masks in times of COVID-19. *Journal of Alzheimer's Disease*, 79(1), 9-14.
- Gilbert, C., & Bakan, P. (1973). Visual asymmetry in perception of faces. *Neuropsychologia*, 11(3), 355-362.
- Gold, J. M., Barker, J. D., Barr, S., Bittner, J. L., Bromfield, W. D., Chu, N., ... & Srinath, A. (2013). The efficiency of dynamic and static facial expression recognition. *Journal of Vision*, 13(5), 23-23.
- Gray, J. A. (1990). Brain systems that mediate both emotion and cognition. *Cognition & emotion*, 4(3), 269-288.
- Grundmann, F., Epstude, K., & Scheibe, S. (2021). Face masks reduce emotion-recognition accuracy and perceived closeness. *Plos one*, 16(4), e0249792.
- Guest, D., Howard, C. J., Brown, L. A., & Gleeson, H. (2015). Aging and the rate of visual information processing. *Journal of vision*, 15(14), 10-10.
- Güntürkün, O., Ströckens, F., & Ocklenburg, S. (2020). Brain lateralization: a comparative perspective. *Physiological reviews*.
- Guo, K., & Shaw, H. (2015). Face in profile view reduces perceived facial expression intensity: an eye-tracking study. *Acta psychologica*, 155, 19-28.
- Habak, C., Wilkinson, F., & Wilson, H. R. (2008). Aging disrupts the neural transformations that link facial identity across views. *Vision research*, 48(1), 9-15.
- Hagiwara, A., Fujimoto, K., Kamagata, K., Murata, S., Irie, R., Kaga, H., ... & Aoki, S. (2021). Age-related changes in relaxation times, proton density, myelin, and tissue volumes in adult brain analyzed by 2-dimensional quantitative synthetic magnetic resonance imaging. *Investigative radiology*, 56(3), 163.
- Hansen, C. H., & Hansen, R. D. (1988). Finding the face in the crowd: an anger superiority effect. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 917.
- Hargrave, R., Maddock, R. J., & Stone, V. (2002). Impaired recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer's disease. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 14(1), 64-71.
- Harmon-Jones, E., & Allen, J. J. (1997). Behavioral activation sensitivity and resting frontal EEG asymmetry: covariation of putative indicators related to risk for mood disorders. *Journal of abnormal psychology*, 106(1), 159.
- Harmon-Jones, E., & Gable, P. A. (2018). On the role of asymmetric frontal cortical activity in approach and withdrawal motivation: An updated review of the evidence. *Psychophysiology*, 55(1), e12879.
- Harmon-Jones, E., Sigelman, J., Bohlig, A., & Harmon-Jones, C. (2003). Anger, coping, and frontal cortical activity: The effect of coping potential on anger-induced left frontal activity. *Cognition and Emotion*, 17(1), 1-24.

Hayes, G. S., McLennan, S. N., Henry, J. D., Phillips, L. H., Terrett, G., Rendell, P. G., ... & Labuschagne, I. (2020). Task characteristics influence facial emotion recognition age-effects: A meta-analytic review. *Psychology and Aging, 35*(2), 295.

Heisenberg, W., & Northrop, F. S. C. (1999) [1958]. *Physics and Philosophy: The Revolution in Modern Science*. New York: Prometheus Books.

Heller, W., Nitschke, J. B., & Miller, G. A. (1998). Lateralization in emotion and emotional disorders. *Current Directions in Psychological Science, 7*(1), 26-32.

Hess, U., Adams, R. B., & Kleck, R. E. (2007). Looking at you or looking elsewhere: The influence of head orientation on the signal value of emotional facial expressions. *Motivation and Emotion, 31*, 137-144.

Holowka, S., & Petitto, L. A. (2002). Left hemisphere cerebral specialization for babies while babbling. *Science, 297*(5586), 1515-1515.

Horstmann, G., & Ansorge, U. (2009). Visual search for facial expressions of emotions: A comparison of dynamic and static faces. *Emotion, 9*(1), 29.

Horstmann, G., & Bauland, A. (2006). Search asymmetries with real faces: testing the anger-superiority effect. *Emotion, 6*(2), 193.

Humphreys, G. W., Donnelly, N., & Riddoch, M. J. (1993). Expression is computed separately from facial identity, and it is computed separately for moving and static faces: Neuropsychological evidence. *Neuropsychologia, 31*(2), 173-181.

Hyman, B. T., Phelps, C. H., Beach, T. G., Bigio, E. H., Cairns, N. J., Carrillo, M. C., ... & Montine, T. J. (2012). National Institute on Aging–Alzheimer's Association guidelines for the neuropathologic assessment of Alzheimer's disease. *Alzheimer's & dementia, 8*(1), 1-13.

Isaacowitz, D. M., Löckenhoff, C. E., Lane, R. D., Wright, R., Sechrest, L., Riedel, R., & Costa, P. T. (2007). Age differences in recognition of emotion in lexical stimuli and facial expressions. *Psychology and aging, 22*(1), 147.

Itti, L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision research, 40*(10-12), 1489-1506.

Izard, C. E. (1991). *The psychology of emotions*. Springer Science & Business Media.

Izard, C. E. (1997). Emotions and facial expressions: A perspective from Differential Emotions Theory. In Russell & Fernández-Dols, *The psychology of facial expression*. Cambridge: Cambridge University Press.

Jackson, J. H. (1866). Remarks on those cases of diseases of the nervous system, in which defect of expression is the most striking symptom. *Medical Times and Gazette, 1*, 659.

Jacques, P. S., Dolcos, F., & Cabeza, R. (2010). Effects of aging on functional connectivity of the amygdala during negative evaluation: A network analysis of fMRI data. *Neurobiology of aging, 31*(2), 315-327.

- Janke, A. L., Zubicaray, G. D., Rose, S. E., Griffin, M., Chalk, J. B., & Galloway, G. J. (2001). 4D deformation modeling of cortical disease progression in Alzheimer's dementia. *Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine*, 46(4), 661-666.
- Jansari, A., Tranel, D., & Adolphs, R. (2000). A valence-specific lateral bias for discriminating emotional facial expressions in free field. *Cognition & Emotion*, 14(3), 341-353.
- Johnston, P. J., Katsikitis, M., & Carr, V. J. (2001). A generalised deficit can account for problems in facial emotion recognition in schizophrenia. *Biological psychology*, 58(3), 203-227.
- Juth, P., Lundqvist, D., Karlsson, A., & Öhman, A. (2005). Looking for foes and friends: perceptual and emotional factors when finding a face in the crowd. *Emotion*, 5(4), 379.
- Kalafat, M., Hugonot-Diener, L., & Poitrenaud, J. (2003). Standardisation et étalonnage français du "Mini Mental State"(MMS) version GRECO. *Revue de neuropsychologie*, 13(2), 209-236.
- Kaluszynski, M. (2011). Alphonse Bertillon et l'anthropométrie. In Piazza, *Aux origines de la police scientifique : Alphonse Bertillon, précurseur de la science du crime*. Paris : Karthala.
- Kamachi, M., Bruce, V., Mukaida, S., Gyoba, J., Yoshikawa, S., & Akamatsu, S. (2013). Dynamic properties influence the perception of facial expressions. *Perception*, 42(11), 1266-1278.
- Kauschke, C., Bahn, D., Vesker, M., & Schwarzer, G. (2019). The role of emotional valence for the processing of facial and verbal stimuli—positivity or negativity bias?. *Frontiers in psychology*, 10, 1654.
- Kennedy, Q., Mather, M., & Carstensen, L. L. (2004). The role of motivation in the age-related positivity effect in autobiographical memory. *Psychological science*, 15(3), 208-214.
- Kestenbaum, R., & Nelson, C. A. (1992). Neural and behavioral correlates of emotion recognition in children and adults. *Journal of experimental child psychology*, 54(1), 1-18.
- Killgore, W. D., & Yurgelun-Todd, D. A. (2007). The right-hemisphere and valence hypotheses: could they both be right (and sometimes left)?. *Social cognitive and affective neuroscience*, 2(3), 240-250.
- Kilts, C. D., Egan, G., Gideon, D. A., Ely, T. D., & Hoffman, J. M. (2003). Dissociable neural pathways are involved in the recognition of emotion in static and dynamic facial expressions. *Neuroimage*, 156-168.
- Kinchella, J., & Guo, K. (2021). Facial expression ambiguity and face image quality affect differently on expression interpretation bias. *Perception*, 50(4), 328-342.
- Kirby, E., Bandelow, S., & Hogervorst, E. (2010). Visual impairment in Alzheimer's disease: a critical review. *Journal of Alzheimer's Disease*, 21(1), 15-34.
- Kleck, R. E., & Mendolia, M. (1990). Decoding of profile versus full-face expressions of affect. *Journal of Nonverbal Behavior*, 14, 35-49.
- Klineberg, O. (1938). Emotional expression in Chinese literature. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 33(4), 517-520.

Kohler, C. G., Turner, T., Stolar, N. M., Bilker, W. B., Brensinger, C. M., Gur, R. E., & Gur, R. C. (2004). Differences in facial expressions of four universal emotions. *Psychiatry Research, 128*(3), 235–244.

Kowatari, Y., Yamamoto, M., Takahashi, T., Kansaku, K., Kitazawa, S., Ueno, S., & Yamane, S. (2004). Dominance of the left oblique view in activating the cortical network for face recognition. *Neuroscience Research, 50*(4), 475–480.

Krouse, F. L. (1981). Effects of pose, pose change, and delay on face recognition performance. *Journal of Applied Psychology, 66*(5), 651.

Kuperman, V., Estes, Z., Brysbaert, M., & Warriner, A. B. (2014). Emotion and language: valence and arousal affect word recognition. *Journal of Experimental Psychology: General, 143*(3), 1065.

LaBarre, W. (1947). The cultural basis of emotions and gestures. *Journal of Personality, 16*, 49–68.

Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). Motivated attention: Affect, activation, and action. *Attention and orienting: Sensory and motivational processes, 97*, 135.

Laulan, P., Catheline, G., Mayo, W., Robert, C., & Mathey, S. (2020). L'effet de positivité lié à l'âge: oublier le négatif et/ou se rappeler du positif? Une étude inter-tâches. *Gériatrie et Psychologie Neuropsychiatrie du Vieillissement, 18*(4), 437–447.

Lee, T. H., Choi, J. S., & Cho, Y. S. (2012). Context modulation of facial emotion perception differed by individual difference. *PLOS one, 7*(3), e32987.

Leliveld, L. M., Langbein, J., & Puppe, B. (2013). The emergence of emotional lateralization: evidence in non-human vertebrates and implications for farm animals. *Applied Animal Behaviour Science, 145*(1–2), 1–14.

Lenoir, H., & Siérouff, É. (2019). Les troubles de la perception visuelle dans la maladie d'Alzheimer. *Geriatric et Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement, 17*(3) : 307–16.

Leppänen, J. M., & Hietanen, J. K. (2004). Positive facial expressions are recognized faster than negative facial expressions, but why?. *Psychological research, 69*(1–2), 22–29.

Ley, R. G., & Bryden, M. P. (1979). Hemispheric differences in processing emotions and faces. *Brain and language, 7*(1), 127–138.

Lindell, A. (2018). Lateralization of the expression of facial emotion in humans. *Progress in brain research, 238*, 249–270.

Lindell, A. K. (2013). The silent social/emotional signals in left and right cheek poses: A literature review. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition, 18*(5), 612–624.

Lindell, A. K., Tenenbaum, H. R., & Aznar, A. (2017). Left cheek bias for emotion perception, but not expression, is established in children aged 3–7 years. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition, 22*(1), 17–30.

Lindenberger, U., Scherer, H., & Baltes, P. B. (2001). The strong connection between sensory and cognitive performance in old age: not due to sensory acuity reductions operating during cognitive assessment. *Psychology and aging, 16*(2), 196.

Lipp, O. V., Price, S. M., & Tellegen, C. L. (2009a). No effect of inversion on attentional and affective processing of facial expressions. *Emotion, 9*(2), 248.

Lipp, O. V., Price, S. M., & Tellegen, C. L. (2009b). Emotional faces in neutral crowds: Detecting displays of anger, happiness, and sadness on schematic and photographic images of faces. *Motivation and Emotion, 33*, 249-260.

Liu, C. H., & Chaudhuri, A. (2002). Reassessing the 3/4 view effect in face recognition. *Cognition, 83*(1), 31-48.

Logie, R. H., Baddeley, A. D., & Woodhead, M. M. (1987). Face recognition, pose and ecological validity. *Applied Cognitive Psychology, 1*(1), 53-69.

Lubben, N., Ensink, E., Coetzee, G. A., & Labrie, V. (2021). The enigma and implications of brain hemispheric asymmetry in neurodegenerative diseases. *Brain Communications, 3*(3).

Main, J. C., DeBruine, L. M., Little, A. C., & Jones, B. C. (2010). Interactions among the effects of head orientation, emotional expression, and physical attractiveness on face preferences. *Perception, 39*(1), 62-71.

Maki, Y., Yoshida, H., Yamaguchi, T., & Yamaguchi, H. (2013). Relative preservation of the recognition of positive facial expression “happiness” in Alzheimer disease. *International Psychogeriatrics, 25*(1), 105-110.

Malatesta, G., Marzoli, D., & Tommasi, L. (2020). Keep a left profile, baby! The left-cradling bias is associated with a preference for left-facing profiles of human babies. *Symmetry, 12*(6), 911.

Mammarella, N., Di Domenico, A., Palumbo, R., & Fairfield, B. (2016). When green is positive and red is negative: Aging and the influence of color on emotional memories. *Psychology and aging, 31*(8), 914.

Mateus, C., Lemos, R., Silva, M. F., Reis, A., Fonseca, P., Oliveiros, B., & Castelo-Branco, M. (2013). Aging of low and high level vision: from chromatic and achromatic contrast sensitivity to local and 3D object motion perception. *PloS one, 8*(1), e55348.

Matsumoto, D., & Hwang, H. S. (2011). Judgments of facial expressions of emotion in profile. *Emotion, 11*(5), 1223.

Matuschek, C., Moll, F., Fangerau, H., Fischer, J. C., Zänker, K., Van Griensven, M., ... & Haussmann, J. (2020). The history and value of face masks. *European journal of medical research, 25*(1), 1-6.

McLellan, T., Johnston, L., Dalrymple-Alford, J., & Porter, R. (2008). The recognition of facial expressions of emotion in Alzheimer’s disease: a review of findings. *Acta Neuropsychiatrica, 20*(5), 236-250.

McManus, I. C., & Humphrey, N. K. (1973). Turning the left cheek. *Nature, 243*, 271-272.

Mheidly, N., Fares, M. Y., Zalzale, H., & Fares, J. (2020). Effect of face masks on interpersonal communication during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Public Health*, *8*, 582191.

Michiko, H. (1992). Perception of facial expressions: Effect of facial angle on emotion category effect. *Tohoku Psychological Folia*, *52*, 33-36.

Mienaltowski, A., Lemerise, E. A., Greer, K., & Burke, L. (2019). Age-related differences in emotion matching are limited to low intensity expressions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, *26*(3), 348-366.

Mikels, J. A., & Shuster, M. M. (2016). The interpretative lenses of older adults are not rose-colored—just less dark: Aging and the interpretation of ambiguous scenarios. *Emotion*, *16*(1), 94.

Mikels, J. A., Larkin, G. R., Reuter-Lorenz, P. A., & Carstensen, L. L. (2005). Divergent trajectories in the aging mind: changes in working memory for affective versus visual information with age. *Psychology and aging*, *20*(4), 542.

Mill, A., Allik, J., Realo, A., & Valk, R. (2009). Age-related differences in emotion recognition ability: a cross-sectional study. *Emotion*, *9*(5), 619.

Mills, C. K. (1912). The cerebral mechanisms of emotional expression. *Transactions of the College of Physicians of Philadelphia*, *34*, 381-390.

Monge, Z. A., & Madden, D. J. (2016). Linking cognitive and visual perceptual decline in healthy aging: The information degradation hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *69*, 166-173.

Morawetz, C., Riedel, M. C., Salo, T., Berboth, S., Eickhoff, S. B., Laird, A. R., & Kohn, N. (2020). Multiple large-scale neural networks underlying emotion regulation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *116*, 382-395.

Morecraft, R. J., Louie, J. L., Herrick, J. L., & Stilwell-Morecraft, K. S. (2001). Cortical innervation of the facial nucleus in the non-human primate: a new interpretation of the effects of stroke and related subtotal brain trauma on the muscles of facial expression. *Brain*, *124*(1), 176-208.

Moussaïd, M., Helbing, D., Garnier, S., Johansson, A., Combe, M., & Theraulaz, G. (2009). Experimental study of the behavioural mechanisms underlying self-organization in human crowds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *276*(1668), 2755-2762.

Mueller, A. L., McNamara, M. S., & Sinclair, D. A. (2020). Why does COVID-19 disproportionately affect older people?. *Aging (albany NY)*, *12*(10), 9959.

Nagy, E. (2012). From symmetry to asymmetry? The development of smile. *Cortex*, *48*(8), 1064-1067.

Najt, P., Bayer, U., & Hausmann, M. (2013). Models of hemispheric specialization in facial emotion perception—a reevaluation. *Emotion*, *13*(1), 159.

Namba, S., Sato, W., & Yoshikawa, S. (2021). Viewpoint robustness of automated facial action unit detection systems. *Applied Sciences*, *11*(23), 11171.

- Narme, P., Mouras, H., Roussel, M., Devendeville, A., & Godefroy, O. (2013). Assessment of socioemotional processes facilitates the distinction between frontotemporal lobar degeneration and Alzheimer's disease. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *35*(7), 728-744.
- Narumoto, J., Okada, T., Sadato, N., Fukui, K., & Yonekura, Y. (2001). Attention to emotion modulates fMRI activity in human right superior temporal sulcus. *Cognitive Brain Research*, *12*(2), 225-231.
- N'diaye, K., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2009). Self-relevance processing in the human amygdala: gaze direction, facial expression, and emotion intensity. *Emotion*, *9*(6), 798.
- Nelson, N. L., & Russell, J. A. (2013). Universality revisited. *Emotion Review*, *5*(1), 8-15.
- Neta, M., & Tong, T. T. (2016). Don't like what you see? Give it time: Longer reaction times associated with increased positive affect. *Emotion*, *16*(5), 730.
- Nicholls, M. E., Clode, D., Wood, S. J., & Wood, A. G. (1999). Laterality of expression in portraiture: Putting your best cheek forward. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *266*(1428), 1517-1522.
- Nicholls, M. E., Ellis, B. E., Clement, J. G., & Yoshino, M. (2004). Detecting hemifacial asymmetries in emotional expression with three-dimensional computerized image analysis. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *271*(1540), 663-668.
- Nittono, H., Shibata, H., Mizuhara, K., & Lieber-Milo, S. (2020). Which side looks better? Cultural differences in preference for left-or right-facing objects. *Symmetry*, *12*(10), 1658.
- Noordewier, M. K., & Breugelmans, S. M. (2013). On the valence of surprise. *Cognition & Emotion*, *27*(7), 1326-1334.
- Nummenmaa, L., & Calvo, M. G. (2015). Dissociation between recognition and detection advantage for facial expressions: a meta-analysis. *Emotion*, *15*(2), 243.
- Ocklenburg, S., Korte, S. M., Peterburs, J., Wolf, O. T., & Güntürkün, O. (2016). Stress and laterality—The comparative perspective. *Physiology & behavior*, *164*, 321-329.
- Öhman, A., & Mineka, S. (2001). Fears, phobias, and preparedness: toward an evolved module of fear and fear learning. *Psychological review*, *108*(3), 483.
- Öhman, A., Lundqvist, D., & Esteves, F. (2001). The face in the crowd revisited: a threat advantage with schematic stimuli. *Journal of personality and social psychology*, *80*(3), 381.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97-113.
- O'Toole, A. J., Edelman, S., & Bühlhoff, H. H. (1998). Stimulus-specific effects in face recognition over changes in viewpoint. *Vision research*, *38*(15-16), 2351-2363.
- Owsley, C. (2011). Aging and vision. *Vision research*, *51*(13), 1610-1622.
- Palmer, S., Rosch, E., & Chase, P. (1981). Canonical perspective and the perception of objects. In J. Long & A. D. Baddeley, *Attention and performance*, IX (pp. 135-151). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Palomero-Gallagher, N., & Amunts, K. (2022). A short review on emotion processing: A lateralized network of neuronal networks. *Brain Structure and Function*, 227(2), 673-684.

Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. *Annual review of psychology*, 60, 173-196.

Park, J., Spence, C., Ishii, H., & Togawa, T. (2021). Turning the other cheek: Facial orientation influences both model attractiveness and product evaluation. *Psychology & Marketing*, 38(1), 7-20.

Parkinson, B. (2013). Contextualizing facial activity. *Emotion Review*, 5(1), 97-103.

Patterson, K. E., & Baddeley, A. D. (1977). When face recognition fails. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3(4), 406.

Perrett, D. I., Oram, M. W., Harries, M. H., Bevan, R., Hietanen, J. K., Benson, P. J., & Thomas, S. (1991). Viewer-centred and object-centred coding of heads in the macaque temporal cortex. *Experimental brain research*, 86, 159-173.

Perrett, D. I., Smith, P. A. J., Potter, D. D., Mistlin, A. J., Head, A. S., Milner, A. D., & Jeeves, M. A. (1985). Visual cells in the temporal cortex sensitive to face view and gaze direction. *Proceedings of the Royal society of London. Series B. Biological sciences*, 223(1232), 293-317.

Pinkham, A. E., Griffin, M., Baron, R., Sasson, N. J., & Gur, R. C. (2010). The face in the crowd effect: anger superiority when using real faces and multiple identities. *Emotion*, 10(1), 141.

Plutchik, R. (1962). *The emotions: Facts, theories, and a new model*. New York: Random House.

Plutchik, R. (1980). *Emotion: A psychoevolutionary synthesis*. New York: Harper & Row.

Poncet, F., Soussignan, R., Jaffiol, M., Gaudelus, B., Leleu, A., Demily, C., ... & Baudouin, J. Y. (2021). The spatial distribution of eye movements predicts the (false) recognition of emotional facial expressions. *Plos one*, 16(1), e0245777.

Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and psychopathology*, 17(3), 715-734.

Posner, M. I. (1978). *Chronometric explorations of mind*. Lawrence Erlbaum.

Pratto, F., & John, O. P. (1991). Automatic vigilance: the attention-grabbing power of negative social information. *Journal of personality and social psychology*, 61(3), 380.

Prete, G., Laeng, B., Fabri, M., Foschi, N., & Tommasi, L. (2015). Right hemisphere or valence hypothesis, or both? The processing of hybrid faces in the intact and callosotomized brain. *Neuropsychologia*, 68, 94-106.

Prinzmetal, W., McCool, C., & Park, S. (2005). Attention: reaction time and accuracy reveal different mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134(1), 73.

Purcell, D. G., Stewart, A. L., & Skov, R. B. (1996). It takes a confounded face to pop out of a crowd. *Perception*, 25(9), 1091-1108.

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A. S., Mooney, R. D., ... & White, L. E. (2018). Central Visual Pathways. In *Neuroscience* (Sixth Edition). New York: Oxford University Press.

Rab, S., Javaid, M., Haleem, A., & Vaishya, R. (2020). Face masks are new normal after COVID-19 pandemic. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, *14*(6), 1617-1619.

Ratcliff, R., Thapar, A., & McKoon, G. (2006). Aging and individual differences in rapid two-choice decisions. *Psychonomic bulletin & review*, *13*(4), 626-635.

Recio, G., Schacht, A., & Sommer, W. (2014). Recognizing dynamic facial expressions of emotion: Specificity and intensity effects in event-related brain potentials. *Biological psychology*, *96*, 111-125.

Reisenzein, R., Studtmann, M., & Horstmann, G. (2013). Coherence between emotion and facial expression: Evidence from laboratory experiments. *Emotion Review*, *5*(1), 16-23.

Reuter-Lorenz, P. A., Givis, R. P., & Moscovitch, M. (1983). Hemispheric specialization and the perception of emotion: Evidence from right-handers and from inverted and non-inverted left-handers. *Neuropsychologia*, *21*(6), 687-692.

Rhodes, G. (1985). Lateralized processes in face recognition. *British journal of Psychology*, *76*(2), 249-271.

Richardson, C. K., Bowers, D., Bauer, R. M., Heilman, K. M., & Leonard, C. M. (2000). Digitizing the moving face during dynamic displays of emotion. *Neuropsychologia*, *38*(7), 1028-1039.

Roark, D. A., Barrett, S. E., Spence, M. J., Abdi, H., & O'Toole, A. J. (2003). Psychological and neural perspectives on the role of motion in face recognition. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, *2*(1), 15-46.

Roe, J. M., Vidal-Piñeiro, D., Sørensen, Ø., Brandmaier, A. M., Düzel, S., Gonzalez, H. A., ... & Westerhausen, R. (2021). Asymmetric thinning of the cerebral cortex across the adult lifespan is accelerated in Alzheimer's disease. *Nature communications*, *12*(1), 721.

Rosenberg, E. L., & Ekman, P. (1994). Coherence between expressive and experiential systems in emotion. *Cognition & Emotion*, *8*(3), 201-229.

Ross, E. D., Gupta, S. S., Adnan, A. M., Holden, T. L., Havlicek, J., & Radhakrishnan, S. (2019). Neurophysiology of spontaneous facial expressions: II. Motor control of the right and left face is partially independent in adults. *Cortex*, *111*, 164-182.

Rossion, B. (2018). Damasio's error—Prosopagnosia with intact within-category object recognition. *Journal of Neuropsychology*, *12*(3), 357-388.

Rossion, B., & Lochy, A. (2022). Is human face recognition lateralized to the right hemisphere due to neural competition with left-lateralized visual word recognition? A critical review. *Brain Structure and Function*, *227*(2), 599-629.

Ruba, A. L., & Pollak, S. D. (2020). Children's emotion inferences from masked faces: Implications for social interactions during COVID-19. *Plos one*, *15*(12), e0243708.

Ruffman, T., Henry, J. D., Livingstone, V., & Phillips, L. H. (2008). A meta-analytic review of emotion recognition and aging: Implications for neuropsychological models of aging. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(4), 863-881.

Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, 39(6), 1161.

Russell, J. A., & Fernández-Dols, J. M. (1997). What does a facial expression mean? In Russell & Fernández-Dols, *The psychology of facial expression*. Cambridge: Cambridge University Press.

Rymarczyk, K., Biele, C., Grabowska, A., & Majczynski, H. (2011). EMG activity in response to static and dynamic facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 79(2), 330-333.

Salthouse, T. A., Atkinson, T. M., & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of experimental psychology: General*, 132(4), 566.

Sander, D., Grandjean, D., Kaiser, S., Wehrle, T., & Scherer, K. R. (2007). Interaction effects of perceived gaze direction and dynamic facial expression: Evidence for appraisal theories of emotion. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19(3), 470-480.

Sasse, L. K., Gamer, M., Büchel, C., & Brassens, S. (2014). Selective control of attention supports the positivity effect in aging. *PloS one*, 9(8), e104180.

Sato, W., Fujimura, T., & Suzuki, N. (2008). Enhanced facial EMG activity in response to dynamic facial expressions. *International Journal of Psychophysiology*, 70(1), 70-74.

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Yoshikawa, S. (2010). Amygdala integrates emotional expression and gaze direction in response to dynamic facial expressions. *NeuroImage*, 50(4), 1658-1665.

Sato, W., Yoshikawa, S., Kochiyama, T., & Matsumura, M. (2004). The amygdala processes the emotional significance of facial expressions: an fMRI investigation using the interaction between expression and face direction. *Neuroimage*, 22(2), 1006-1013.

Sauter, D. A., & Fischer, A. H. (2018). Can perceivers recognise emotions from spontaneous expressions?. *Cognition and Emotion*, 32(3), 504-515.

Schiff, W., Caviness, J. A., & Gibson, J. J. (1962). Persistent fear responses in rhesus monkeys to the optical stimulus of "looming". *Science*, 136(3520), 982-983.

Schlögl, M., & A Jones, C. (2020). Maintaining our humanity through the mask: mindful communication during COVID-19. *Journal of the American Geriatrics Society*, 68(5), E12-E13.

Schrammel, F., Pannasch, S., Graupner, S. T., Mojzisch, A., & Velichkovsky, B. M. (2009). Virtual friend or threat? The effects of facial expression and gaze interaction on psychophysiological responses and emotional experience. *Psychophysiology*, 46(5), 922-931.

Schurgin, M. W., Nelson, J., Iida, S., Ohira, H., Chiao, J. Y., & Franconeri, S. L. (2014). Eye movements during emotion recognition in faces. *Journal of vision*, 14(13), 14-14.

Schwartz, G. E., Ahern, G. L., & Brown, S. L. (1979). Lateralized facial muscle response to positive and negative emotional stimuli. *Psychophysiology*, *16*(6), 561-571.

Schyns, P. G., & Bülthoff, H. H. (1994). Viewpoint dependence and face recognition. In *Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci 1994)* (pp. 789-793). Lawrence Erlbaum.

Scialfa, C. T. (2002). The role of sensory factors in cognitive aging research. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, *56*(3), 153.

Selkoe, D. J., & Hardy, J. (2016). The amyloid hypothesis of Alzheimer's disease at 25 years. *EMBO molecular medicine*, *8*(6), 595-608.

Shuster, M. M., Mikels, J. A., & Camras, L. A. (2017). Adult age differences in the interpretation of surprised facial expressions. *Emotion*, *17*(2), 191.

Siéroff, E. (2001). Feature processing and superiority of three-quarter views in face recognition. *Brain and Cognition*, *46*(1-2), 272-276.

Silberman, E. K., & Weingartner, H. (1986). Hemispheric lateralization of functions related to emotion. *Brain and cognition*, *5*(3), 322-353.

Sirota, A. D., & Schwartz, G. E. (1982). Facial muscle patterning and lateralization during elation and depression imagery. *Journal of Abnormal Psychology*, *91*(1), 25.

Skowronski, J. J., Milner, J. S., Wagner, M. F., Crouch, J. L., & McCanne, T. R. (2014). Pushing the boundaries of human expertise in face perception: Emotion expression identification and error as a function of presentation angle, presentation time, and emotion. *Journal of Experimental Social Psychology*, *50*, 166-174.

Somerville, L. H., & Whalen, P. J. (2006). Prior experience as a stimulus category confound: an example using facial expressions of emotion. *Social cognitive and affective neuroscience*, *1*(3), 271-274.

Spear, P. D. (1993). Neural bases of visual deficits during aging. *Vision research*, *33*(18), 2589-2609.

Stanković, M. (2021). A conceptual critique of brain lateralization models in emotional face perception: Toward a hemispheric functional-equivalence (HFE) model. *International Journal of Psychophysiology*, *160*, 57-70.

Stanković, M., & Nešić, M. (2020). Functional brain asymmetry for emotions: Psychological stress-induced reversed hemispheric asymmetry in emotional face perception. *Experimental Brain Research*, *238*(11), 2641-2651.

Stephan, B. C., & Caine, D. (2007). What is in a view? The role of featural information in the recognition of unfamiliar faces across viewpoint transformation. *Perception*, *36*(2), 189-198.

Stoet, G. (2010). PsyToolkit: A software package for programming psychological experiments using Linux. *Behavior research methods*, *42*, 1096-1104.

Stoet, G. (2017). PsyToolkit: A novel web-based method for running online questionnaires and reaction-time experiments. *Teaching of Psychology, 44*(1), 24-31.

Suberi, M., & McKeever, W. F. (1977). Differential right hemispheric memory storage of emotional and non-emotional faces. *Neuropsychologia, 15*(6), 757-768.

Sullivan, S., Ruffman, T., & Hutton, S. B. (2007). Age differences in emotion recognition skills and the visual scanning of emotion faces. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences, 62*(1), P53-P60.

Surcinelli, P., Andrei, F., Montebanocci, O., & Grandi, S. (2022). Emotion recognition of facial expressions presented in profile. *Psychological Reports, 125*(5), 2623-2635.

Sutherland, C. A., Young, A. W., & Rhodes, G. (2017). Facial first impressions from another angle: How social judgements are influenced by changeable and invariant facial properties. *British Journal of Psychology, 108*(2), 397-415.

Takeuchi, T. (1997). Visual search of expansion and contraction. *Vision research, 37*(15), 2083-2090.

Taylor, S. E. (1991). Asymmetrical effects of positive and negative events: the mobilization-minimization hypothesis. *Psychological bulletin, 110*(1), 67.

Thomas, L., von Castell, C., & Hecht, H. (2022). How facial masks alter the interaction of gaze direction, head orientation, and emotion recognition. *Frontiers in neuroscience, 16*, 937939.

Thompson, P. M., Hayashi, K. M., De Zubicaray, G., Janke, A. L., Rose, S. E., Semple, J., ... & Toga, A. W. (2003). Dynamics of gray matter loss in Alzheimer's disease. *Journal of neuroscience, 23*(3), 994-1005.

Tippett, L. J., Blackwood, K., & Farah, M. J. (2003). Visual object and face processing in mild-to-moderate Alzheimer's disease: from segmentation to imagination. *Neuropsychologia, 41*(4), 453-468.

Tomkins, S. (1962). *Affect imagery consciousness: Volume I: The positive affects*. Springer publishing company.

Torres Mendonça De Melo Fádel, B., Santos De Carvalho, R. L., Belfort Almeida Dos Santos, T. T., & Dourado, M. C. N. (2019). Facial expression recognition in Alzheimer's disease: A systematic review. *Journal of clinical and experimental neuropsychology, 41*(2), 192-203.

Trautmann-Lengsfeld, S. A., Dominguez-Borras, J., Escera, C., Herrmann, M., & Fehr, T. (2013). The perception of dynamic and static facial expressions of happiness and disgust investigated by ERPs and fMRI constrained source analysis. *PLoS One, 8*(6), e66997.

Troje, N. F., & Bühlhoff, H. H. (1996). Face recognition under varying poses: The role of texture and shape. *Vision research, 36*(12), 1761-1771.

Valentin, D., Abdi, H., & Edelman, B. (1997). What represents a face? A computational approach for the integration of physiological and psychological data. *Perception, 26*(10), 1271-1288.

Van der Linde, I., & Watson, T. (2010). A combinatorial study of pose effects in unfamiliar face recognition. *Vision research*, 50(5), 522-533.

Van Der Schalk, J., Hawk, S. T., Fischer, A. H., & Doosje, B. (2011). Moving faces, looking places: validation of the Amsterdam Dynamic Facial Expression Set (ADFES). *Emotion*, 11(4), 907.

van Ede, F., de Lange, F. P., & Maris, E. (2012). Attentional cues affect accuracy and reaction time via different cognitive and neural processes. *Journal of Neuroscience*, 32(30), 10408-10412.

Vauclair, J., & Donnot, J. (2005). Infant holding biases and their relations to hemispheric specializations for perceiving facial emotions. *Neuropsychologia*, 43(4), 564-571.

Vesker, M., Bahn, D., Degé, F., Kauschke, C., & Schwarzer, G. (2018). Developmental changes in the categorical processing of positive and negative facial expressions. *PLoS One*, 13(8), e0201521.

Vetter, T., Poggio, T., & Bülthoff, H. H. (1994). The importance of symmetry and virtual views in three-dimensional object recognition. *Current Biology*, 4(1), 18-23.

Walhovd, K. B., Fjell, A. M., Reinvang, I., Lundervold, A., Dale, A. M., Eilertsen, D. E., ... & Fischl, B. (2005). Effects of age on volumes of cortex, white matter and subcortical structures. *Neurobiology of aging*, 26(9), 1261-1270.

Ward, L. M., Aitchison, R. T., Tawse, M., Simmers, A. J., & Shahani, U. (2015). Reduced haemodynamic response in the ageing visual cortex measured by absolute fNIRS. *Plos one*, 10(4), e0125012.

Wehrle, T., Kaiser, S., Schmidt, S., & Scherer, K. R. (2000). Studying the dynamics of emotional expression using synthesized facial muscle movements. *Journal of personality and social psychology*, 78(1), 105.

Weymouth, A. E., & McKendrick, A. M. (2012). Shape perception is altered by normal aging. *Investigative ophthalmology & visual science*, 53(6), 3226-3233.

Wilkinson, L. (1999). Statistical methods in psychology journals: Guidelines and explanations. *American Psychologist*, 54(8), 594-604.

Wilkowski, B. M., & Meier, B. P. (2010). Bring it on: angry facial expressions potentiate approach-motivated motor behavior. *Journal of personality and social psychology*, 98(2), 201.

Yamamoto, M., Kowatari, Y., Ueno, S., Yamane, S., & Kitazawa, S. (2005). Accelerated recognition of left oblique views of faces. *Experimental Brain Research*, 161, 27-33.

Yang, C., Zhong, S., Zhou, X., Wei, L., Wang, L., & Nie, S. (2017). The abnormality of topological asymmetry between hemispheric brain white matter networks in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Frontiers in aging neuroscience*, 9, 261.

Yi, H., Pingsterhaus, A., & Song, W. (2021). Effects of wearing face masks while using different speaking styles in noise on speech intelligibility during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Psychology*, 12, 682677.

Zeng, Y., Wang, X., Silveira, S., von Trott zu Solz, J., Simmank, F., Zaytseva, Y., ... & Paolini, M. (2022). Symmetric in the striate but asymmetric in the extrastriate cortex when processing three-quarter faces: Neural underpinnings for aesthetic appreciations. *PsyCh Journal*, *11*(5), 720-728.

Zhou, R., & Hu, S. (2006). Study of posed emotion in facial EMG asymmetry. *Perceptual and motor skills*, *102*(2), 430-434.

Zigmond, A. S., & Snaith, R. P. (1983). The hospital anxiety and depression scale. *Acta psychiatrica scandinavica*, *67*(6), 361-370.

Zsido, A. N., Ihasz, V., Schacht, A., Arato, N., Inhof, O., Budai, T., & Darnai, G. (2018). Finding an emotional face in the kindergarten—Happiness superiority effect for children faces in preschoolers.

LISTE DES ÉLÉMENTS SOUS DROITS

Liste de **tous les éléments retirés** de la version complète de la thèse
faute d'en détenir les droits

Légende de l'image	N° de l'image	Page(s) dans la thèse
Exemples de photographies prises par Duchenne montrant des expressions faciales induites par un courant électrique à travers une sonde. Source, Duchenne (1862).	Fig.1	18
Hommes de Nouvelle Guinée exprimant la joie (1), la tristesse (2), la colère (3) et le dégoût (4).	Fig.2	22
Performance en fonction de l'angle de vue. A) Condition vue identique entre apprentissage et test B) Condition vue différente entre apprentissage et test (ligne solide : vue apprentissage, ligne pointillée : vue test). Source : Van der Linde et Watson (2010).	Fig.4	36
Exemples de visages schématiques (à gauche) et naturels (à droite) exprimant la joie ou la colère utilisés dans des expériences de détection. Source : Horstmann et Bauland (2006).	Fig.7	65

Figures schématiques représentant (de gauche à droite) joie, neutre et tristesse. Source : Leppänen et Hietanen (2004).	Fig.8	71
---	-------	----