



HAL
open science

Production et perception des émotions chez les patients paralysés faciaux : marqueurs respiratoires, phonatoires et expressivité faciale

Diane Picard

► **To cite this version:**

Diane Picard. Production et perception des émotions chez les patients paralysés faciaux : marqueurs respiratoires, phonatoires et expressivité faciale. Médecine humaine et pathologie. Sorbonne Université, 2020. Français. NNT : 2020SORUS359 . tel-04142912

HAL Id: tel-04142912

<https://theses.hal.science/tel-04142912>

Submitted on 27 Jun 2023

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.

Sorbonne Université

Ecole doctorale 394

INSERM, UMRS1158 Neurophysiologie Respiratoire Expérimentale et Clinique

**Production et perception des émotions chez les patients
paralysés faciaux : marqueurs respiratoires, phonatoires et
expressivité faciale**

Par Diane PICARD

Thèse de doctorat de Sciences

Spécialité : Physiologie et Physiopathologie

Dirigée par Pr Peggy Gatignol

Présentée et soutenue publiquement le 11 Décembre 2020

Devant un jury composé de :

- Pr Peggy Gatignol, PU, Sorbonne Université (directeur de thèse)
- Dr Marjolaine Georges, MCU-PH, CHU Dijon
- Pr France Mourey, PU, Université de Bourgogne (rapporteur)
- Pr Martin Hitier, PUPH, Université de Caen Normandie (rapporteur)
- Pr David Grabli, PUPH, Sorbonne Université

Sorbonne Université

Ecole doctorale 394

INSERM, UMRS1158 Neurophysiologie Respiratoire Expérimentale et Clinique

**Production et perception des émotions chez les patients
paralysés faciaux : marqueurs respiratoires, phonatoires et
expressivité faciale**

Par Diane PICARD

Thèse de doctorat de Sciences

Spécialité : Physiologie et Physiopathologie

Dirigée par Pr Peggy Gatignol

Présentée et soutenue publiquement le 11 Décembre 2020

Devant un jury composé de :

- Pr Peggy Gatignol, PU, Sorbonne Université (directeur de thèse)
- Dr Marjolaine Georges, MCU-PH, CHU Dijon
- Pr France Mourey, PU, Université de Bourgogne (rapporteur)
- Pr Martin Hitier, PUPH, Université de Caen Normandie (rapporteur)
- Pr David Grabli, PUPH, Sorbonne Université

Remerciements

Je tiens à remercier les membres du jury, Dr Marjolaine Georges, Pr France Mourey, Pr Martin Hitier et Pr David Grabli, qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.

Je remercie chaleureusement Pr Peggy Gatignol d'avoir dirigé ma thèse. Peggy, je te remercie pour ta confiance et ton amitié. Je suis fière d'être ta première doctorante et suis heureuse de notre collaboration tant en clinique qu'en recherche. Je nous souhaite de poursuivre nos week-ends dans l'Oise à courir et rédiger à 4 mains. Merci pour tout ce que tu m'as transmis.

Je tiens à remercier Pr Thomas Similowski pour son accueil, sa disponibilité et son écoute au sein du laboratoire UMRS-1158, Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique. Je remercie également Pr Lamas et Pr Tankéré pour leur confiance dans l'équipe des orthophonistes de la Pitié-Salpêtrière. Un merci à mes collègues médicaux et paramédicaux du service ORL et du laboratoire, pour la relecture de mes travaux mais surtout pour leur soutien.

Je tiens à remercier l'ensemble des patients, qui ont participé de près ou de loin à l'étude, pour leur enthousiasme et leurs implications.

Je souhaite remercier Elodie Lannadère. Déjà 10ans que nous nous connaissons. Merci pour ton soutien et ta bonne humeur. Merci aussi d'avoir traqué la moindre faute d'orthographe dans mes écrits.

Je remercie tendrement l'équipe LDA : votre amour et vos sourires égayent ma vie. L'année 2018 restera à jamais gravée dans mon coeur. Vous êtes les meilleures.

Je remercie affectueusement ma famille : au G3 et sa politique bienveillante, et à ma grand-mère dont les conversations téléphoniques quotidiennes sont toujours un véritable bonheur. Douces pensées pour mon père et mon grand-père de coeur, vous me manquez.

Finalement je ne remercierais jamais assez mon mari. Jibé, merci pour ton soutien indéfectible tout au long de la thèse, pour ton humour et ton amour. Un bel avenir nous attend, j'ai hâte. Je t'aime.

Table des matières

Résumé	12
Introduction	14
1 Définition de l'émotion	14
2 Pluralité des théories	14
2.1 Sélectivité évolutive	15
2.2 Manifestations physiologiques : causes ou conséquences de l'émotion?	15
2.3 Théorie cognitivo-physiologique	16
2.4 Théorie des marqueurs somatiques	16
2.5 Modèle des processus composants (CPM)	18
3 Émotions discrètes ou continues	19
3.1 Émotions primaires	19
3.2 Approche dimensionnelle	20
Chapitre 1 : Marqueurs émotionnels	22
1 Marqueurs physiologiques	22
1.1 Bio-signaux émotionnels	23
1.1.1 Signaux cardiovasculaires	23
1.1.2 Signaux électrophysiologiques	24
1.1.3 Signaux biochimiques	25
1.2 Marqueurs respiratoires	25
1.2.1 Physiologie respiratoire métabolique	25
1.2.2 Physiologie respiratoire émotionnelle	27
2 Marqueurs cognitivo-comportementaux	28
2.1 Marqueurs phonatoires	28
2.1.1 Physiologie des émotions vocales	28

2.1.2	Acoustique émotionnelle suprasegmentale	31
2.1.3	Acoustique émotionnelle segmentale	32
2.2	Marqueurs faciaux	34
2.2.1	Physiologie de l'expressivité faciale	34
2.2.2	Émotions faciales prototypiques	36
2.2.3	Latéralité émotionnelle	38
2.2.4	Cas particulier de la joie :	
	une émotion complexe aux pluralités des sourires	39
2.3	Sourire sonore	44
Chapitre 2 : Cognition et contagion émotionnelle		45
1	Cognition incarnée	45
1.1	Cognition sensori-motrice	45
1.2	Cognition émergente	46
2	Contagion émotionnelle	47
2.1	Modèle neurocognitif des émotions	48
2.2	Mimétisme automatique	50
2.2.1	De la perception émotionnelle physiologique...	50
2.2.2	...à la production motrice des émotions	51
2.3	Rétroaction	52
2.3.1	Rétroaction faciale	52
2.3.2	Physiologie de la rétroaction faciale	53
2.3.3	Cadre expérimental : la toxine botulique	54
2.4	Simulation sensorimotrice	55
3	Multimodalité de la contagion émotionnelle	57
3.1	Processus intégré	57
3.2	De la modalité auditive à la modalité faciale	57
3.3	Effets multimodaux du sourire	58

Chapitre 3 : Paralysie faciale périphérique	60
1 Paralysie faciale périphérique idiopathique	60
1.1 Définition clinique	60
1.2 Troubles associés	61
1.3 Physiopathologie	62
1.3.1 Étiologies	62
1.3.2 Comorbidités	63
1.3.3 Cas particulier : la paralysie faciale durant la grossesse	63
1.3.4 Histopathologie	64
2 Conséquences motrices	64
2.1 Phase aiguë	65
2.2 Phase séquellaire	65
2.2.1 Spasme hémifacial et syncinésies	65
2.2.2 Toxine botulique	66
2.3 Plasticité cérébrale	67
2.4 Expressivité faciale	67
3 Conséquences respiratoires	68
3.1 Musculature faciale de la respiration	68
3.2 Résistance des voies respiratoires	69
4 Conséquences phonatoires	70
4.1 Altérations articulaires	70
4.2 Prosodie émotionnelle	71
5 Conséquences psycho-affectives	71
5.1 Répercussions psycho-sociales	71
5.1.1 Qualité de vie	72
5.1.2 Anxiété et dépression	72

5.1.3	Interactions sociales	73
5.2	Socio-esthétisme	74
5.3	Perception des émotions	74
5.3.1	Dépression	74
5.3.2	Déficit de rétroaction faciale	75

**Chapitre 4 : Production et Perception des émotions chez les patients paralysés
faciaux 77**

1	Problématique et Objectifs 77
1.1	Problématique générale 77
1.2	Objectifs 78
1.2.1	Objectif principal 78
1.2.2	Objectifs secondaires 78
1.2.3	Modélisation de la contagion émotionnelle 79
2	Méthodes expérimentales 80
2.1	Patients 80
2.1.1	Critères d'inclusion et de non-inclusion 81
2.1.2	Aspects éthiques 81
2.2	Acquisition des données cliniques 82
2.2.1	Données personnelles 83
2.2.2	Questionnaires psychologiques 83
2.2.3	Marqueurs physiologiques respiratoires 84
2.2.4	Marqueurs cognitivo-comportementaux phonatoires et faciaux 85
2.3	Analyse statistique 117
2.3.1	Marqueurs physiologiques respiratoires 117
2.3.2	Marqueurs cognitivo-comportementaux phonatoires et faciaux 118

3 Résultats	119
Étude 1 : Emotional respiratory markers of Bell's Palsy	119
Étude 2 : Auditory smile, expression and perception in patients with Bell's palsy . . .	135
Étude 3 : Effects of smile impairment and anxiety in emotion perception	153
4 Discussion	171
4.1 Discussion générale des résultats	171
4.1.1 Marqueurs respiratoires (Étude 1)	171
4.1.2 Marqueurs phonatoires (Étude 2)	173
4.1.3 Marqueurs faciaux (Étude 3)	176
4.1.4 Limites méthodologiques	179
4.2 Modèle de la contagion émotionnelle appliquée à la PFPI	181
4.2.1 Production émotionnelle des patients PFPI	182
4.2.2 Réponse émotionnelle	186
4.2.3 Perception émotionnelle des patients PFPI	187
Conclusion	189
Références	190
Annexes	212
1 Annexe 1 : Sunnybrook Facial Grading System	212
2 Annexe 2 : Échelle MBLF	213

Table des figures

1	Modélisation des structures anatomiques impliquées dans les émotions	17
2	Modèle des processus composants	18
3	Modèle circumplexe	20
4	Schéma représentant les deux voies du système nerveux autonome	22
5	Spirogramme : les différents volumes respiratoires	26
6	Illustration de l'appareil phonatoire et de ses trois étages	29
7	Coupe sagittale médiane des résonateurs	30
8	Exemple de spectrogramme	31
9	Triangle vocalique des voyelles du français	33
10	Spectrogramme des phonèmes /p/,/t/,/k/,/v/	34
11	Musculature faciale	35
12	Exemples d'unités d'action motrice issus du FACS	37
13	Représentation émotionnelle des différentes unités d'actions	37
14	Émotions faciales catégorielles ou dimensionnelles	38
15	Marqueur de Duchenne	40
16	Classification des sourires de Rubin	41
17	Modélisation de 27 configurations du sourire	42
18	Trois sourires sociaux	43
19	Représentation schématique du modèle Act-In	46
20	Représentation schématique de l'émergence de l'empathie	48
21	Modèle Neurogognitif de la Contagion Émotionnelle	49
22	Illustration de l'étude de Strack, Martin & Stepper (1998)	52
23	Illustration de l'étude de Larsen, Kasimatis & Frey (1992)	53
24	Photographies du signe de l'oméga	54
25	Effets de la toxine botulique sur la contagion émotionnelle	55
26	Modèle de perception bimodale des émotions	58
27	Mécanisme lésionnel de la paralysie faciale périphérique et centrale	60
28	Classification histopathologique de l'atteinte nerveuse	64

29	Représentation acoustique des bursts	70
30	Schéma expérimental	82
31	Photographie du matériel expérimental	84
32	Exemple de mesures du sourire	88
33	Modélisation de la contagion émotionnelle appliquée à la PFPI	181

Liste des tableaux

1	Récapitulatif des différentes théories des émotions	19
2	Ajustements endocriniens liés aux catécholamines et glucocorticoïdes	25
3	Classification de House & Brackmann	61
4	Description de la cohorte	80
5	Tableau récapitulatif des données recueillies	117

Résumé

La paralysie faciale périphérique idiopathique (PFPI) apparaît brutalement sur l'ensemble d'une hémiface, avec une atteinte des motricités volontaire, automatique et émotionnelle. L'altération de la communication verbale et non-verbale, les conséquences motrices, respiratoires et vocales impactent la qualité de vie des patients, tant au niveau fonctionnel que psycho-social. Leur incapacité d'effectuer un sourire symétrique en phase initiale comme séquellaire, met en péril la transmission de leurs émotions, lors des interactions sociales.

L'objectif principal de ce travail de thèse consistait en l'identification d'un ou plusieurs marqueurs de la PFPI lors de la contagion émotionnelle. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux implications respiratoires, vocales et faciales de la contagion de l'émotion.

Nous avons inclus 60 patients présentant une PFPI, dont les grades de sévérité s'échelonnaient du grade III (paralysie faciale séquellaire) au grade V (paralysie faciale sévère). Lors de l'inclusion, nous avons mesuré leur expressivité faciale à l'aide d'outils validés et utilisés en pratique courante, tels que la Classification de House & Brackmann (House, 1985), le Sunnybrook Facial Grading Système (Ross et al., 1996), la mesure de la force bilabiale via le dynamomètre (Gatignol et al., 2011a), les mesures du sourire (Bray et al., 2010) et la Motricité Bucco-Linguo-Faciale (Picard et al., 2020). Nous avons élaboré et validé l'Emotest, une tâche de perception des expressions faciales émotionnelles spécifiquement pour ce travail de thèse (Picard et al., soumis 2020). L'affectivité et l'anxiété des patients étaient contrôlées à l'aide de questionnaires psychologiques (Positive and Negative Affect Schedule, (Caci & Bayle, 2007) ; State-Trait Anxiety Inventory (Spielberger et al., 1983)).

Dans une première étude, nous avons mesuré les temps inspiratoires et expiratoires des patients lors de l'Emotest. L'accélération de la fréquence respiratoire, signe habituel d'un épisode de stress, est observée chez les patients PFPI en cas d'hémispasme séquellaire ($F(57)=6,49$, $p=0,0014$) et de difficultés de perception des émotions faciales ($F(58)=13,10$, $p<0,001$).

Notre seconde étude portait sur la production et la perception de la prosodie émotionnelle chez les patients PFPI, au moyen du protocole Montréal d'Évaluation de la Communication (Joannette et al., 2004) et d'analyses acoustiques. Plus la PFPI est sévère, plus les patients accélèrent leur débit de parole ($F(59)=7,589$, $p=0,008$). Versant perception de la prosodie émotionnelle, les patients n'identifiant pas correctement les expressions vocales de joie (sourire sonore), présentent une PFPI plus sévère ($Z=2,733$, $p=0,006$), une asymétrie faciale plus marquée ($Z=2,371$, $p=0,017$) et une mobilité de la paupière amoindrie ($Z=2,303$, $p=0,021$).

Enfin, nous confirmons les difficultés de perception des émotions des patients PFPI par modification de leur rétroaction faciale au cours de notre troisième étude. En effet, comparativement à la norme, les patients perçoivent de manière plus ambiguë les émotions faciales ($t(23)=4,14$, $p<0,001$). Plus le sourire des patients est asymétrique, plus la perception de l'expression faciale de joie est émoussée ($F(59)=5,502$, $p=0,022$).

À partir de ces résultats, nous avons développé un modèle de contagion émotionnelle chez les patients PFPI, appliqué au nouveau modèle de contagion émotionnelle de Prochazkova & Kret (2017), en expliquant la production et la perception des émotions de ces patients, à travers des mécanismes respiratoires et cognitivo-comportementaux. Nous suggérons alors des perspectives d'optimisation des interactions sociales des patients PFPI et de leurs prises en soins.

Introduction

1 Définition de l'émotion

Il n'existe pas de définition scientifique consensuelle de l'émotion. Elle reste insaisissable (Damasio, 1998) tant elle recouvre de multiples dimensions subjectives, physiologiques, cognitives et comportementales. Indispensable à la survie, elle joue un rôle clé dans la mémoire, le raisonnement et la prise de décision (Damasio, 1998). L'émotion se distingue d'une humeur ou d'un sentiment par son caractère occurrentiel et transitoire, l'objet qu'elle implique et son ressenti, dont l'effet présente une phénoménologie caractéristique.

À partir d'une synthèse de 92 définitions différentes des émotions, Kleinginna & Kleinginna (1981), suggèrent une définition opératoire de l'émotion, impliquant une composante physiologique et cognitivo-comportementale. *"Les émotions sont le résultat de l'interaction de facteurs subjectifs et objectifs, réalisés par des systèmes neuronaux ou endocriniens, qui peuvent : a) induire des sentiments d'éveil, de plaisir ou de déplaisir ; b) générer des processus cognitifs tels que des réorientations pertinentes sur le plan perceptif, des évaluations, des étiquetages ; c) activer des ajustements physiologiques globaux ; d) induire des comportements qui sont le plus souvent expressifs, dirigés vers un but et adaptatifs."* Les facteurs subjectifs comprennent à la fois l'expérience physiologique individuelle mais également l'interprétation personnelle de ces changements et leur traduction comportementale, en termes d'approche et d'évitement. Les facteurs objectifs se réfèrent plus généralement aux stimuli environnementaux.

2 Pluralité des théories

La pensée cartésienne décrit l'émotion comme l'antithèse de la raison. La dualité entre les émotions et les processus cognitifs demeurent au cœur des théories modernes (Damasio, 1998).

2.1 Sélectivité évolutive

D'après le principe de sélectivité naturelle, les émotions perdurent phylogénétiquement puisqu'elles sont utiles à la survie de l'espèce (Darwin, 1872). Elles influencent :

- La préparation à l'action, en activant les réponses automatiques et endocriniennes ;
- La flexibilité des réponses comportementales ;
- La mise en place de conduites d'évitement ou d'approche, en fonction de la motivation ;
- La communication et le lien social (attachement) ;
- L'évaluation des souvenirs et des évènements ;
- Le stockage et la récupération des informations en mémoire à long terme.

2.2 Manifestations physiologiques : causes ou conséquences de l'émotion ?

D'après la théorie de James-Lange (1885), la perception des manifestations somatiques est princeps dans l'expérience émotionnelle. La conscience des modifications corporelles et le feedback proprioceptif contribuent pleinement à la genèse de l'émotion. Cette théorie est qualifiée de périphéraliste puisque ce sont les afférences périphériques qui induisent l'expérience émotionnelle. Le corollaire de cette théorie se décrit ainsi : toute évocation volontaire des manifestations corporelles relatives à une émotion devrait procurer au sujet l'émotion elle-même.

Contrairement à la théorie de James-Lange, Cannon propose une conception centrale des émotions : le déclenchement d'une émotion spécifique est déterminé par des processus cognitifs sous-corticaux (Cannon, 1927). D'une part, les manifestations végétatives seraient trop lentes pour être la source de l'expérience émotionnelle. D'autre part, l'induction de changements périphériques ne suffirait pas à provoquer un état émotionnel authentique et spécifique. De plus, des manifestations viscérales peuvent apparaître aussi bien dans des états émotionnels que non émotionnels (par exemple, la fièvre ou la digestion). À partir d'observations physio-anatomiques, Cannon met en évidence le rôle particulier du thalamus comme centre de coordination des réactions émotionnelles. Dans un premier temps, l'excitation du thalamus déclenche les émotions. Les manifestations physiologiques et l'expérience émotionnelle sont alors traitées secondairement en

parallèle (Cannon, 1927). Dix ans plus tard, Papez confirme l'importance du thalamus et modélise le circuit de Papez comme substrat neuro-anatomique des émotions (Papez, 1937). Ce circuit interconnecté hippocampo-mamillo-thalamo-cingulaire est repris par MacLean en 1952 sous le nom de système limbique (MacLean, 1952). Les informations sensorielles parviennent au thalamus où elles empruntent soit une voie cortico-thalamique, soit une voie hypothalamo-thalamique. Les réponses émotionnelles top-down impliquent a) le cortex cingulaire, crucial pour l'émergence de l'expérience émotionnelle subjective, b) l'hippocampe qui amplifie et maintient le caractère émotionnel du message, et c) l'hypothalamus qui permet l'intégration des informations viscérales.

2.3 Théorie cognitivo-physiologique

En 1962, Schachter & Singer défendent une théorie bifactorielle des émotions. Une primauté des manifestations physiologiques induirait un état d'éveil cérébral aspécifique, nommé *arousal*. Cette activation s'avère nécessaire mais non suffisante. L'évaluation cognitive de la situation est la condition sine qua non pour apprécier une sensation viscérale en sensation subjective émotionnelle. La spécificité des émotions ressenties dépend alors d'une combinaison d'évaluations :

- Le caractère nouveau ou prédictible,
- Le caractère plaisant ou déplaisant,
- L'importance pour les buts,
- Les possibilités de gérer les causes et les conséquences de l'évènement,
- La compatibilité avec les normes sociales ou personnelles.

2.4 Théorie des marqueurs somatiques

Damasio réhabilite la théorie de James-Lange en relevant le rôle essentiel des réactions somatiques et leur perpétuelle interaction avec les processus cognitifs, dans l'analyse d'une situation émotionnelle (Damasio, 1996).

L'expérience émotionnelle résulte non seulement de l'appréciation de l'environnement mais également de la reviviscence perceptive somato-viscérale et motrice des émotions. En effet, les

images mentales nécessaires à la perception des stimuli extérieurs seraient formées par des signaux sensoriels. Une étude de la perception des émotions chez des patients cérébro-lésés droits (n=108) montre que la reconnaissance des émotions est particulièrement compromise, quand les lésions concernent les zones somato-sensorielles primaires et secondaires, l'insula et le gyrus sumpamarginal antérieur (Adolphs et al., 2000). Les cortex somato-sensoriel et moteur participent également à la reconnaissance des émotions par la simulation sensori-motrice (Krolak-Salmon et al., 2006). En ce sens, les données de l'imagerie confirment l'importance des représentations somato-sensorielles dans le ressenti et la reconnaissance des émotions (Kragel & LaBar, 2016). L'ancrage neuro-anatomique des émotions ne se circonscrit pas au système limbique uniquement (Figure 1). Le maintien de l'homéostasie lors des différentes situations émotionnelles implique de nombreuses structures corticales et sous-corticales, traitant les signaux issus des milieux interne, viscéral et musculo-squelettique.

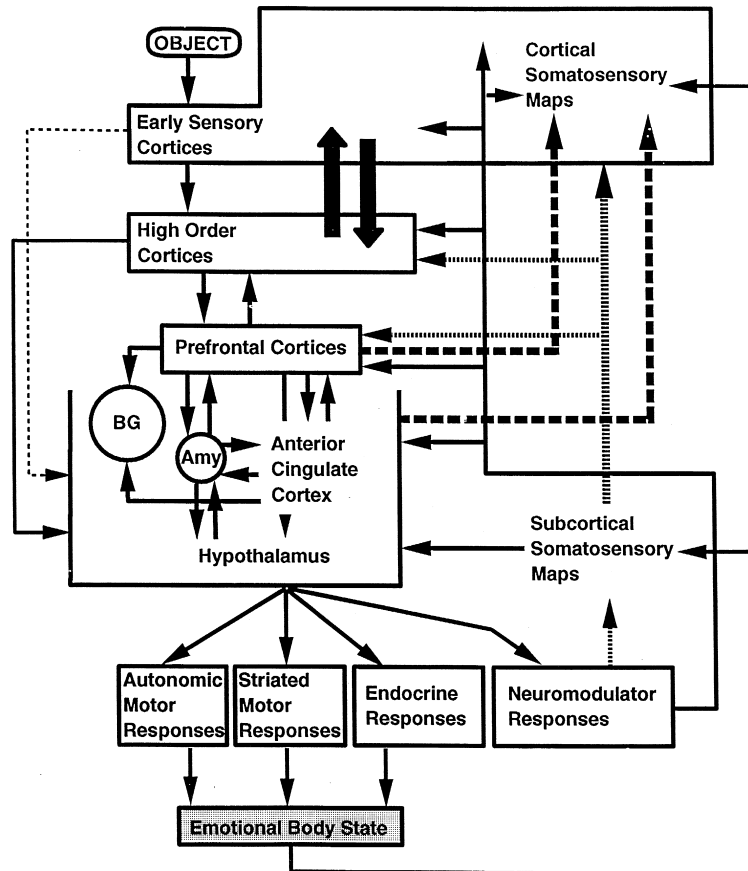


FIGURE 1 – Modélisation des structures anatomiques impliquées dans les émotions (Damasio, 1998)

2.5 Modèle des processus composants (CPM)

Avec l'émergence des analyses computationnelles, Scherer développe un modèle des processus composants, dynamiques et poly-factoriels (Scherer, 2009). Ces processus interviennent de manière interdépendante, en réponse à des événements évalués comme importants par l'organisme. Cinq composantes sont décrites dans ce modèle (Figure 2) :

1. La composante cognitive d'évaluation appelée *appraisal* ;
2. La composante périphérique efférente ;
3. La motivation ;
4. L'expression motrice ;
5. Le sentiment subjectif.

Cette approche met en évidence le rôle des différentes formes de cognition dans l'élaboration de l'expérience émotionnelle. Elle souligne également l'existence de différentes boucles de rétroactions entre l'émotion et la cognition.

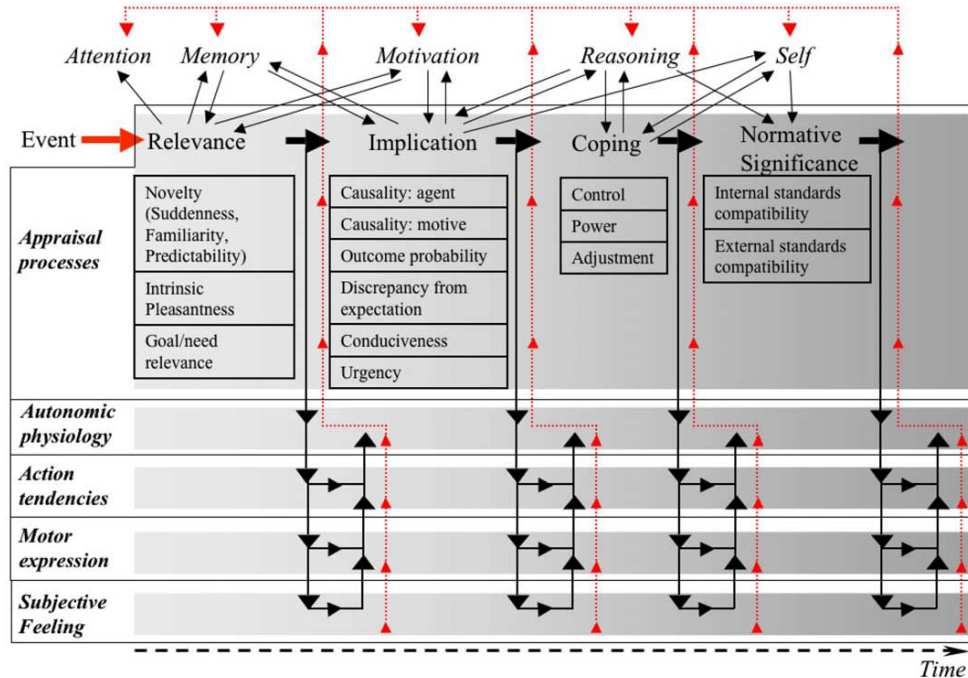


FIGURE 2 – Modèle des processus composants (Scherer, 2009)

Théories	Différentes étapes	Signification
James-Lange (1885)	Stimulus → Arousal → Expérience émotionnelle	<i>J'ai peur parce que je tremble.</i>
Cannon (1927)	Stimulus → Activité sous-corticale → Arousal + Expérience émotionnelle	<i>Le stimulus me fait trembler et me donne peur.</i>
Schachter & Singer (1962)	Stimulus → Arousal → Évaluation cognitive → Expérience émotionnelle	<i>Je décris mon tremblement comme de la peur car j'évalue la situation dangereuse.</i>
Damasio (2000)	Stimulus → Évaluation cognitive + Simulation sensori-motrice → Arousal → Expérience émotionnelle	<i>Je décris le tremblement comme de la peur car je ressens le même tremblement que celui de mes expériences passées de peur.</i>
Scherer (2009)	Stimulus ∘ Boucles de rétroaction (cognition et physiologie) → Expérience émotionnelle	<i>Ma peur est issue d'un ensemble de facteurs dynamiques.</i>

TABLEAU 1 – Récapitulatif des différentes théories des émotions

3 Émotions discrètes ou continues

3.1 Émotions primaires

Dès 1872, Darwin a observé une similitude de manifestations corporelles des émotions, notamment des expressions faciales chez les Hommes et les animaux. Ces ressemblances intra- et inter-espèces ont permis de déterminer empiriquement un nombre limité d'émotions fondamentales (Darwin, 1872).

Ekman et Friesen définissent quant à eux, six émotions primaires (Ekman & Friesen, 1978) : la colère, la peur, la joie, la tristesse, le dégoût et la surprise. D'après les paradigmes expérimentaux d'Ekman, chaque émotion serait universelle et sous-tendue par des mécanismes innés. Elle se caractérise par neuf critères (Ekman, 1999). Son expression faciale prototypique est reconnue **indépendamment de la culture** (1) et son **déclencheur est universel** (2). Par exemple, l'émotion de peur résulte systématiquement d'une anticipation d'un préjudice moral ou physique. L'évaluation de l'émotion est **automatique** (3). Il existe des **homologies inter-espèces** (4), comme en témoignent les recherches de Darwin en 1872. Avec des **patterns autonomes, expressifs et neuronaux spécifiques** (5), les composantes de la réponse émotionnelle sont **cohérentes** (6). De **courte durée** (7), l'émotion se déclenche **rapidement** (8) et **involontairement** (9).

Les émotions dites complexes sont issues d'un mélange d'émotions primaires (Plutchik, 1997). Ces émotions sont alors considérées comme des réactions transitoires, bio-psycho-sociales, conçues pour aider les individus à s'adapter à leur environnement, tant en les produisant qu'en les interprétant.

3.2 Approche dimensionnelle

À l'instar du spectre des couleurs, la description des émotions est subjective : les émotions ne présentent pas de frontières clairement définies (Posner, Russel & Peterson, 2005) et s'agencent dans un espace bidimensionnel. Les axes psychophysiologiques sont représentés par le degré d'activation (*l'arousal*) et le caractère plaisant d'un évènement (*la valence émotionnelle*). Chaque expérience émotionnelle résulte d'une combinaison linéaire de ces deux dimensions. Par exemple, l'expérience subjective de la peur provient de l'interprétation cognitive d'une activation autonome élevée et d'une valence émotionnelle négative (Figure 3).

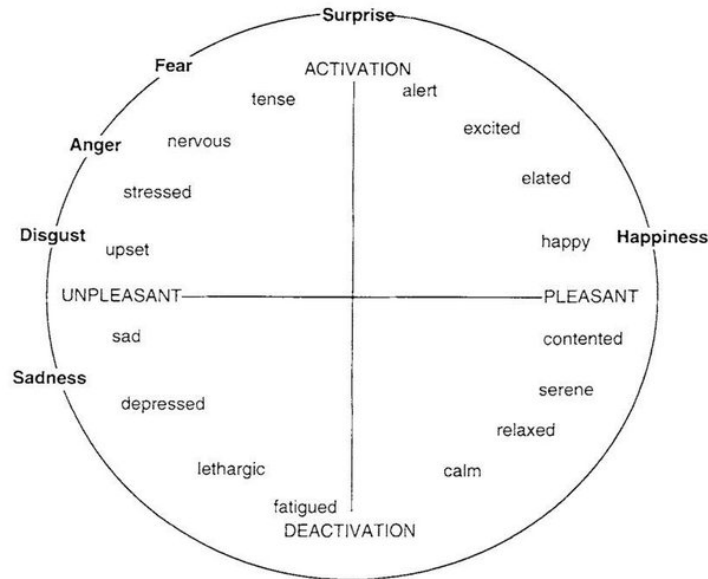


FIGURE 3 – Modèle circumplexe (Barrett & Russell, 1998).
L'axe vertical représente l'*arousal* et l'axe horizontal la *valence émotionnelle*.

La valence émotionnelle se réfère généralement à deux pôles : l'un positif, l'autre négatif. La valence positive se caractérise par des comportements d'approche tandis que la valence négative implique un comportement d'évitement ou de rejet.

Les six émotions primaires décrites par Ekman & Friesen (1978) ne sont pas homogènes en terme de valence. En effet, seule la joie est considérée de valence positive (Barrett & Russel, 1998). En fonction du contexte, la surprise peut traduire une émotion plus ou moins agréable. Sur le modèle circulaire (Figure 3), la surprise est alors située sur une valence neutre.

De nombreuses études explorent le substrat neuro-anatomique des dimensions de valence et d'arousal (Posner, Russel & Peterson, 2005). Les émotions positives seraient davantage traitées dans l'hémisphère gauche et les émotions négatives dans l'hémisphère droit (Alfano & Cimino, 2008). Cependant, cette asymétrie hémisphérique résulterait non pas de la valence mais de la nature des conduites émotionnelles, c'est-à-dire des comportements d'approche et de retrait (Gainotti et al., 1993). D'une part, dans l'hémisphère gauche, les émotions positives facilitent les comportements dirigés vers un but, recrutent un contrôle conscient et régulent l'expression émotionnelle. D'autre part, l'hémisphère droit traite davantage les émotions négatives génératrices de conduites d'évitement. En 2005, Craig complète cette théorie en exposant une asymétrie structurelle du système nerveux autonome sympathique en faveur de l'hémisphère droit (Craig, 2005).

Par ailleurs, la valence émotionnelle est régie par le système dopaminergique mésolimbique, reliant le mésencéphale au système limbique, qui contribue au plaisir et à la récompense. La stimulation du circuit mésolimbique a un effet renforçateur. À travers ses connexions avec le système limbique et le thalamus, la formation réticulée régule quant à elle les niveaux d'arousal du système nerveux autonome (Heilman, 2000). Finalement, le cortex pré-frontal intègre, organise et structure les sensations autonomes de valence et d'arousal en fonction du contexte environnemental. Support de la reconnaissance d'une émotion spécifique, il associe des indices internes et externes (Damasio, 1998).

Chapitre 1 : Marqueurs émotionnels

1 Marqueurs physiologiques

Les mécanismes émotionnels sont asservis par deux sous-systèmes biologiques antagonistes (Figure 4) : le système sympathique et le système parasympathique. En interaction permanente, leurs activités physiologiques sont coordonnées au niveau des centres végétatifs, situés dans la formation réticulée du tronc cérébral. Le système sympathique mobilise les ressources énergétiques et prépare l'organisme à l'action (approche ou évitement). Le système parasympathique intervient dans la restauration des ressources, afin de maintenir l'homéostasie cellulaire et le bon fonctionnement de l'organisme.

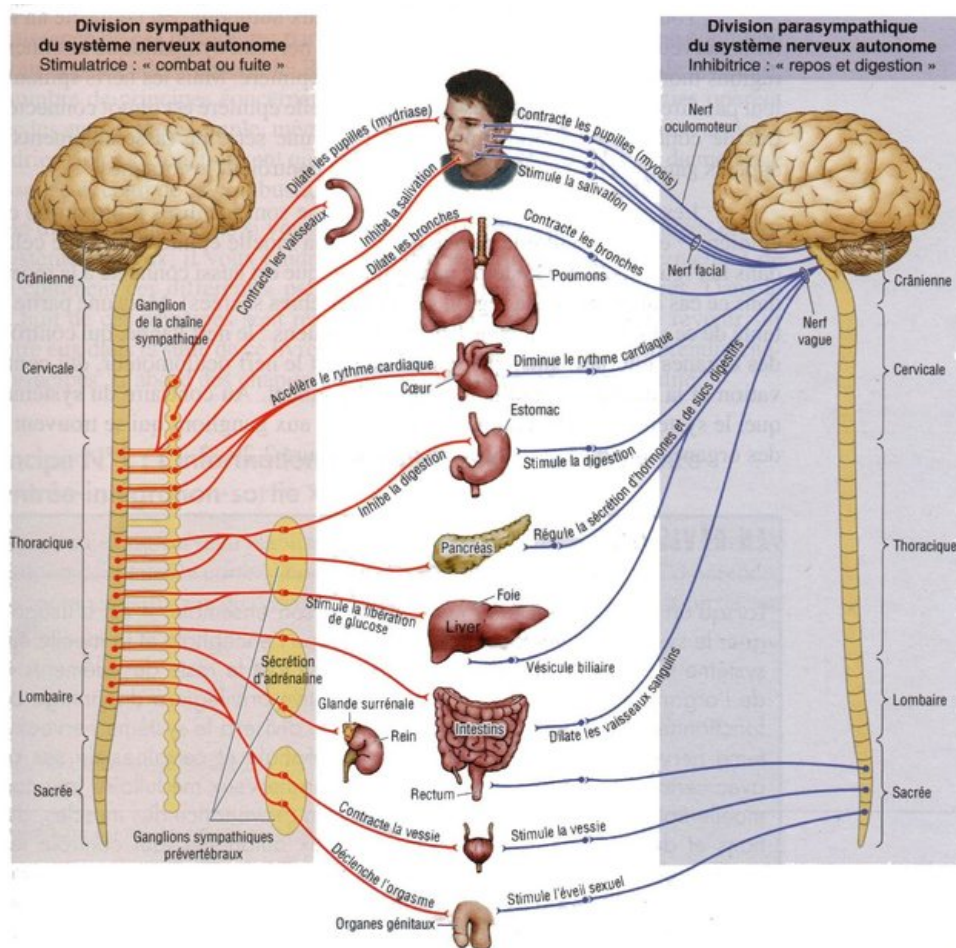


FIGURE 4 – Schéma représentant les deux voies du système nerveux autonome et leurs implications physiologiques (Kolb, 2019).

1.1 Bio-signaux émotionnels

Une réaction émotionnelle implique des modifications des systèmes endocriniens, viscéraux, végétatifs et musculotendineux (comprenant les muscles de la face et du tractus vocal). Il n'existe pas de correspondance univoque entre une émotion et une activation physiologique spécifique. Une grande variabilité des patterns est décrite dans la littérature scientifique (Mauss & Robinson, 2008 ; Siegel et al., 2018). Ces résultats s'expliquent par les différentes méthodologies d'induction des émotions en contexte expérimental et standardisé, et ne peuvent répliquer des réactions émotionnelles naturelles et spontanées. Néanmoins, les bio-signaux demeurent des marqueurs robustes en psychophysiologie puisqu'ils ne sont pas soumis au contrôle intentionnel et social du sujet (Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2007).

À l'heure du développement de l'intelligence artificielle, les bio-signaux sont davantage étudiés, pour simuler des humains virtuels (de Melo et al., 2010) ou pour permettre aux systèmes informatiques de reconnaître les émotions humaines (Oh et al., 2020).

1.1.1 Signaux cardiovasculaires

Le système cardiovasculaire est au centre des recherches en psychophysiologie. En effet, certains de ses paramètres tels que le rythme cardiaque ou la pression artérielle sont aisément quantifiables. De plus, ce système riche et complexe comporte de multiples sous-systèmes de régulation, soumis à des contrôles autonomes, à la fois centraux et périphériques. Il est alors particulièrement sensible aux changements émotionnels (Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2007).

La fréquence cardiaque, c'est-à-dire le nombre de pulsations cardiaques par unité de temps, est modulée par l'arousal d'une émotion. En effet, une fréquence cardiaque basse indique un état de relaxation tandis que son augmentation peut provenir d'un potentiel état de stress. Mentaliser l'émotion de colère peut également induire une augmentation de la fréquence cardiaque (Sinha, Lovallo & Parsons, 1992). La variabilité de la fréquence cardiaque est étudiée pour ses implications dans la gestion du stress et la régulation émotionnelle (Servant et al., 2009). Elle est définie par la variation de temps entre deux battements du cœur sur une période de temps donnée. Elle reflète la capacité du cœur à modifier son rythme, en fonction des sollicitations

externes et internes. Positivement associée à la reconnaissance des émotions, la variabilité de la fréquence cardiaque devient un marqueur pertinent pour mesurer les capacités perceptives émotionnelles des sujets (Quintana et al., 2012). L'influence de la respiration sur les oscillations rythmiques cardiaques est appelée la cohérence cardiaque. Sa pratique, qui tend vers "un état d'équilibre sympathovagal idéal" (Bernadi et al., 2001), est ainsi préconisée dans le traitement des troubles de l'humeur ou des troubles anxieux (Gérard & Dollfus, 2014).

1.1.2 Signaux électrophysiologiques

L'activité électrodermale est très souvent mesurée en psychophysiologie, notamment dans les paradigmes de détection de mensonge (Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2007). La conductivité de la peau y est étudiée à l'aide d'électrodes placées à la surface de la peau. Elle traduit l'activation des glandes eccrines, responsables de la transpiration, qui sont principalement régies par une innervation sympathique cholinergique. Comme le système sympathique prépare l'organisme à l'action, la conductivité électrodermale est particulièrement sensible au caractère nouveau ou surprenant d'un stimulus. Par exemple, des études de conditionnement ont démontré des réponses électrodermales aux stimuli de peur tels que des images de serpents ou d'araignées (Öhman & Soares, 1998). La valence émotionnelle ne semble cependant pas être une variable prédictive de cette activité (Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2007). Au total, ce bio-signal est utile pour investiguer l'état général d'arousal ou d'alerte des individus.

L'activité électrique des nerfs sympathiques périphériques est quant à elle, mesurée à l'aide de l'électromyographie de surface. Une augmentation de l'activité musculaire générale pendant la préparation et l'exécution d'une tâche est observée en fonction de la difficulté de la tâche, de l'effort subjectif nécessaire à sa réalisation ou du stress associé. En ce qui concerne l'étude de la contagion émotionnelle, l'électromyographie faciale met en évidence le mimétisme automatique, c'est-à-dire l'imitation inconsciente des expressions faciales d'autrui (Dimberg, Thunberg, & Elmehed, 2000). Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2007 mettent en exergue un point de vigilance sur ces études psychophysiologiques, puisque les mesures sont sensibles à de nombreux biais, tels que les paradigmes expérimentaux, les interactions examinateur-participant ou la conscience des attentes des expérimentateurs.

1.1.3 Signaux biochimiques

Les signaux biochimiques, quant à eux, échappent au contrôle volontaire du sujet. Par exemple, la neuroendocrinologie du stress active la libération de catécholamines (adrénaline, noradrénaline, norépinephrine,...) en cas de situation de colère ou de peur. En cas de situations d'urgence, les modifications somatiques sont induites par la libération de glucocorticoïdes (cortisone, corticostérone). Le tableau 2 ci-dessous répertorie les effets respectifs de ces ajustements endocriniens.

Libération de catécholamines	Libération de glucocorticoïdes
<ul style="list-style-type: none"> - ↗ fréquence cardiaque ; - ↗ de la coagulabilité du sang ; - ↗ production de lymphocytes ; - contraction de la rate ; - sécrétion de glucose ; - constriction des vaisseaux des viscères, dilatation des vaisseaux du coeur, du cerveau et des muscles squelettiques ; - accélération de la respiration, ↗ de la profondeur respiratoire ; - libération de molécules analgésiques (atténuation de la douleur). 	<ul style="list-style-type: none"> - ↗ de la pression sanguine ; - libération de glucose, hyperglycémie ; - ↘ de l'activité des fonctions reproductives ; - ↘ des fonctions du système immunitaire ; - ↘ de la formation des os.
→ Diminution des fonctions non essentielles et augmentation de l'énergie disponible pour préparation à l'action, éveil accentué	→ Action et régulation lentes

TABLEAU 2 – Ajustements endocriniens relatifs à la libération de catécholamines et glucocorticoïdes

1.2 Marqueurs respiratoires

Outre les signaux cardiovasculaires, électrophysiologiques et biochimiques, la respiration influence également notre activité émotionnelle.

1.2.1 Physiologie respiratoire métabolique

Processus indissociable de l'activité cardiaque, la fonction principale de la respiration consiste non seulement à apporter de l'oxygène O_2 aux cellules de l'organisme mais également à évacuer le gaz carbonique CO_2 en excès. Quels que soient les besoins de l'organisme, les para-

mètres sanguins mesurés à la gazométrie artérielle tels que la pO_2 (pression partielle d'oxygène), la pCO_2 (pression partielle de gaz carbonique) et le pH (acidité du sang) doivent être maintenus à un niveau normal. La variabilité de la fréquence cardiaque est modulée par la respiration : l'inspiration inhibe temporairement l'influence du système parasympathique, en induisant une accélération du rythme cardiaque alors que l'expiration stimule le système parasympathique impliquant un ralentissement du cœur.

Lors de l'exploration fonctionnelle respiratoire, les temps inspiratoires et expiratoires peuvent être recueillis à l'aide de sangles thoraciques et abdominales. La fréquence respiratoire correspond au nombre de cycles respiratoires (inspiration et expiration) par minute. Les volumes respiratoires d'un cycle sont objectivés à l'aide d'un spiromètre. Le volume expiré maximal par seconde (VEMS) et la capacité vitale (CV) révèlent la capacité expiratoire du sujet. L'indice de Tiffeneau correspond au rapport VEMS/CV en pourcentage. Un indice de Tiffeneau en dessous de 70% signe une pathologie pulmonaire obstructive. Sur le spirogramme, sont reportés généralement les volumes suivants (Figure 5) : le volume courant au repos (VC), le volume de réserve inspiratoire (VRI) et le volume de réserve expiratoire (VRE).

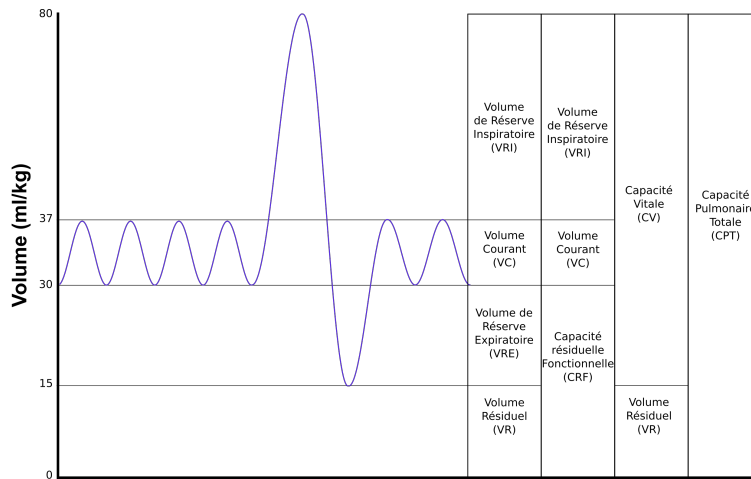


FIGURE 5 – Spirogramme : les différents volumes respiratoires (Cacioppo, Tassinary & Berntson, 2007)

1.2.2 Physiologie respiratoire émotionnelle

Émotions et respiration sont étroitement liées. Naturellement, de nombreuses locutions associent les émotions à l'activité respiratoire. Les sujets expriment être "à bout de souffle" lors d'une peur intense, ont "le souffle coupé" d'étonnement, baillent d'ennui ou poussent des soupirs de soulagement.

Les mesures respiratoires apparaissent comme des bio-sinaux pertinents dans l'interprétation des activités du système nerveux autonome (Kreibig, 2010). Au début du vingtième siècle, dans une démarche catégorielle des émotions, des profils respiratoires spécifiques de chaque émotion ont été mis en évidence (Feleky, 1916) mais les résultats restent empiriques et difficilement duplicables. Bien que la revue de Kreibig en 2010 recense les différents patterns autonomes spécifiques des émotions, des similarités inter-émotions et des variations intra-émotions dans les réponses physiologiques sont également décrites (Kreibig, 2010). En 2018, Siegel et al. plaident en faveur d'une approche globale des émotions : ils caractérisent les réactions émotionnelles en populations d'émotions plutôt qu'en empreintes digitales émotionnelles. L'empreinte digitale est une métaphore de la description catégorielle des émotions, où chaque émotion primaire implique un pattern spécifique d'activité du système nerveux autonome. En revanche, l'hypothèse des populations estime que les changements autonomes sont liés aux fluctuations des demandes métaboliques.

Les profils respiratoires thoraciques et abdomino-diaphragmatiques diffèrent ainsi en fonction de l'arousal d'une situation (intensité de l'activation physiologique). En effet, la respiration dite abdominale présente un effet relaxant sur les activités du système nerveux autonome et sur les fonctions mentales (Ma et al., 2017). À l'opposé, une respiration haute, thoracique, signe un stress voire une anxiété (Lehrer et al., 2013). La valence émotionnelle influence également le comportement respiratoire : les émotions positives sont généralement associées à une respiration abdominale, tandis que les émotions négatives induisent un comportement respiratoire thoracique (Boiten, Frijda & Wientjes, 1994). En réaction à des visualisations de films à valence positive ou négative, la modification des comportements respiratoires est finement observée (Ancoli et al., 1980 ; Gomez et al., 2014).

En accord avec la réponse physiologique d’approche ou d’évitement, la fréquence respiratoire **augmente en cas de stress**, d’anxiété ou de situation à fort *arousal* (Maric et al., 2020). De manière générale, la respiration est décrite en termes d’hypo- ou d’hyperfonction (Wientjes, 1992). Les patterns respiratoires varient selon un continuum d’activation physiologique : de l’inhibition à la préparation à l’action. En ce sens, l’activité respiratoire **décroit au repos** (Kreibig, 2010).

Par ailleurs, la fréquence respiratoire varie en fonction de la difficulté de la tâche engagée. Plus le sujet est impliqué dans une tâche ou éveillé par un stimulus (effort, intérêt, menace...), plus la fréquence respiratoire augmente, afin de couvrir les besoins en oxygène de l’organisme. Des activités cognitivement coûteuses sont alors marquées par une respiration plus rapide. La charge cognitive entraîne une respiration excessive, traduite par une consommation d’ O_2 et d’une libération de CO_2 élevées (Grassmann et al., 2016).

2 Marqueurs cognitivo-comportementaux

Par des actions et mouvements perceptibles par autrui, les expressions émotionnelles se manifestent non seulement de façon inconsciente sur le visage, mais encore dans la voix (De Gelder & Vroomen, 2000).

2.1 Marqueurs phonatoires

2.1.1 Physiologie des émotions vocales

Les émissions vocales reflètent l’activité du système nerveux autonome puisqu’elles mettent en jeu les fonctions respiratoires, phonatoires et articulatoires (Scherer, 1995). La mise en vibration des plis vocaux est induite par un différentiel de pressions sous et sus-glottique, modifiant ainsi le rythme respiratoire (Figure 6). L’onde sonore est émise grâce à la contraction des muscles du tractus vocal. La voix est amplifiée et modulée dans les cavités de résonance, régies par l’activité musculaire faciale et supra-glottique.

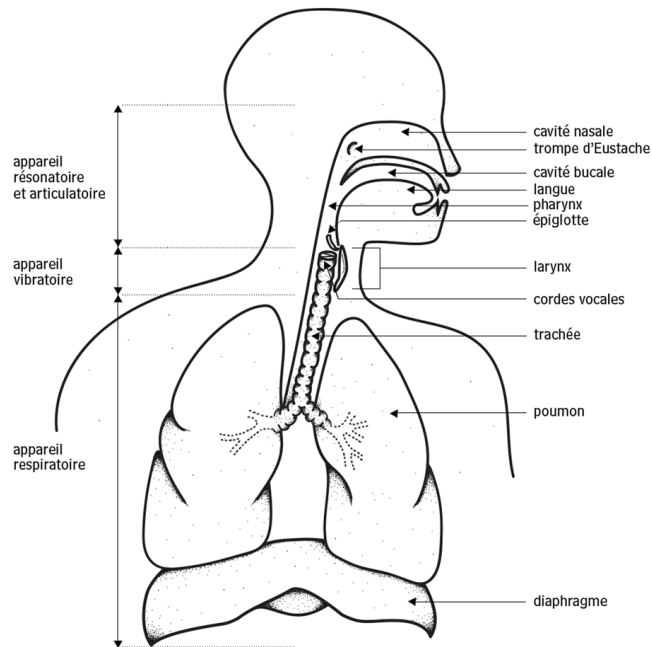


FIGURE 6 – Illustration de l'appareil phonatoire et de ses trois étages : les résonateurs, le vibrateur et la soufflerie (Adapté de Singh & Singh, 2005).

La production de la parole est principalement contrôlée par le néo-cortex. Des commandes motrices spécifiques produisent et coordonnent les mouvements des organes bucco-phonatoires et articulatoires en fonction des paramètres segmentaux (au niveau des phonèmes, plus petites unités sonores distinctives du langage oral) et supra-segmentaux (prosodie) de la parole. Les intentions vocales sont issues de l'activation phasique des muscles phonateurs et résonateurs (Figure 7). Par l'intermédiaire du système limbique, les émissions vocales sont influencées par l'activation tonique des systèmes nerveux somatique et autonome. L'expressivité vocale est biologiquement adaptative. En effet, les interjections humaines sont d'ailleurs relativement proches des vocalisations animales (Darwin, 1872). Le développement du langage articulé repose sur la voix comme support du signal.

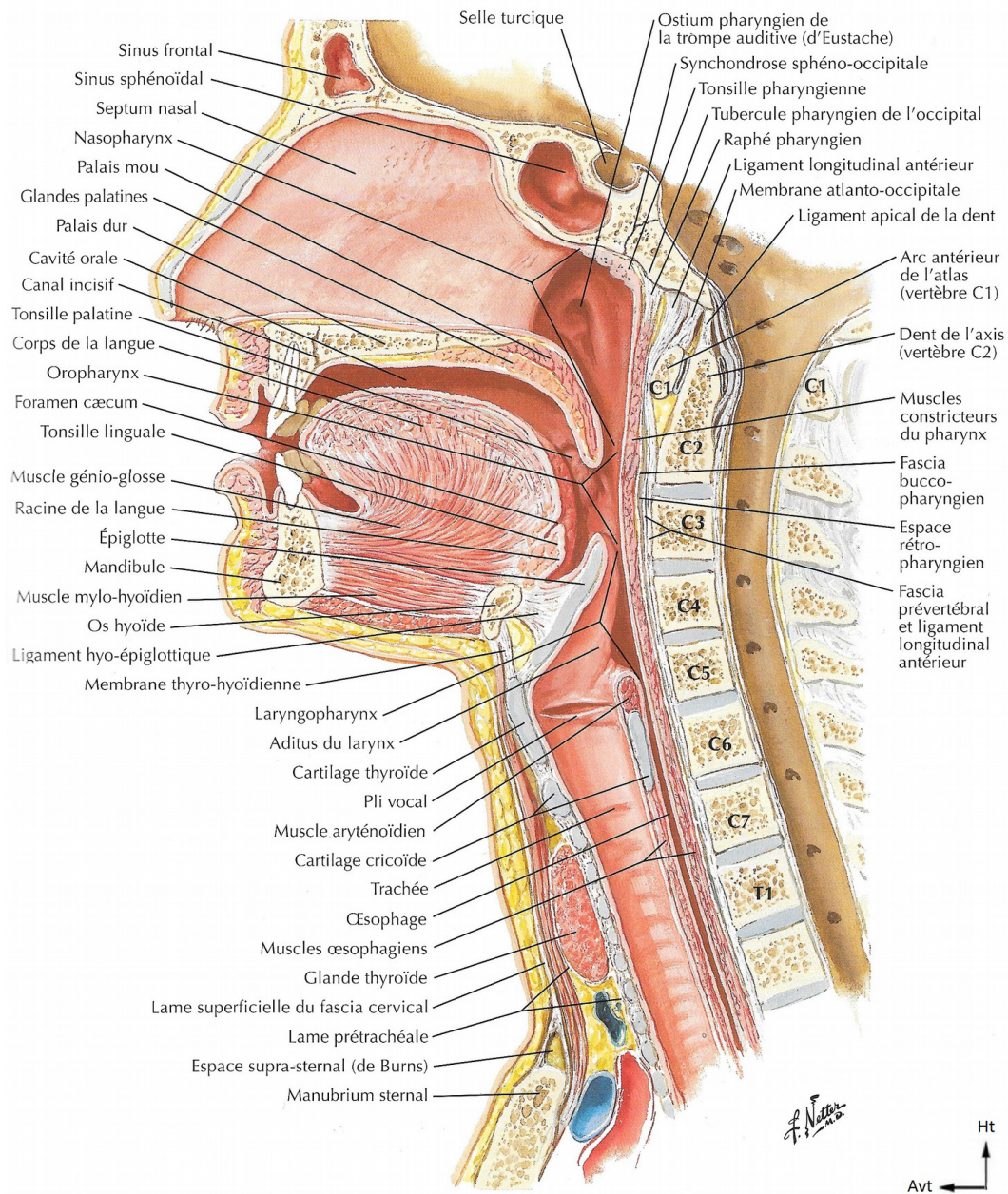


FIGURE 7 – Coupe sagittale médiane des résonateurs : la cavité orale, le pharynx et le larynx (McFarland, 2020)

Pour la Commission Nationale de l'Informatique & des Libertés (CNIL), la voix est une donnée éminemment personnelle. Elle signe de nombreuses caractéristiques du locuteur : identité, âge, sexe, origines géographiques et culturelles, physiologie, état de santé et émotionnel. La voix est alors considérée comme un véritable visage sonore (Belin, Fecteau & Bedard, 2004).

2.1.2 Acoustique émotionnelle suprasegmentale

Véhicule privilégié de nos interactions sociales, la voix est indissociable de la respiration et de nos états émotionnels. L'intonation vocale est alors le paramètre le plus souvent analysé dans l'étude des émotions vocales. En effet, la prosodie du signal de la parole s'organise selon trois critères : la fréquence fondamentale (F_0) également appelée hauteur, la durée de l'émission et l'intensité de celle-ci (Juslin & Scherer, 2005). La fréquence fondamentale (F_0) correspond au nombre de cycles d'oscillations par seconde de l'onde sonore, générée par la vibration des cordes vocales. Plus la fréquence fondamentale est élevée, plus le son de la voix est perçu aigu.

Au niveau de la phrase, la variation de la F_0 compose les contours prosodiques. Ces contours, assujettis à la construction syntaxique et sémantique de la phrase, peuvent être analysés par un spectrogramme. Celui-ci permet l'analyse de la F_0 mais aussi de l'intensité vocale (Figure 8).

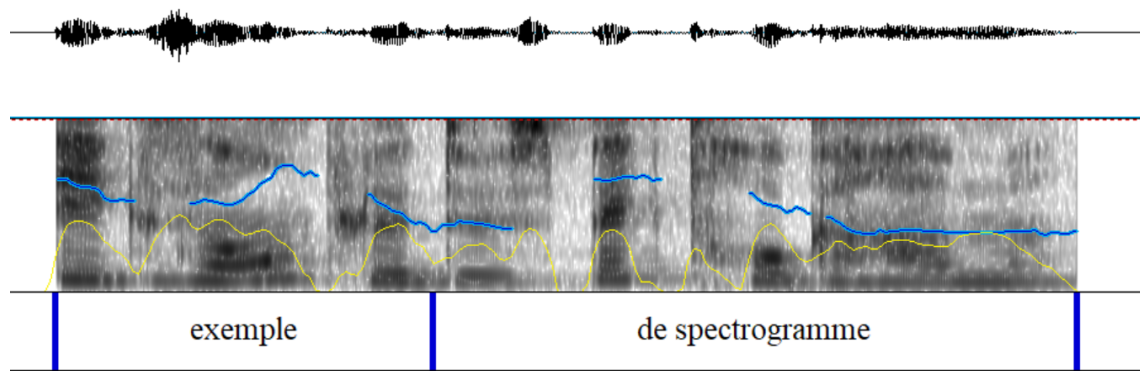


FIGURE 8 – "Exemple de spectrogramme". Enregistrement via le logiciel Praat (Boersma & Weenink, 2010). En jaune, l'intensité vocale ; en bleu la fréquence fondamentale

Les paramètres acoustiques de fréquence, de durée et d'intensité s'avèrent nécessaires pour caractériser l'émotion vocale mais non suffisants pour déterminer une émotion primaire (Scherer et al., 2003). Néanmoins, la littérature converge sur quelques marqueurs acoustiques des émotions primaires (Scherer, 1995). La fréquence fondamentale (F_0) est davantage considérée comme un curseur, situé sur le continuum d'arousal, qu'un marqueur spécifique d'une émotion discrète (Bänziger & Scherer, 2005). L'étendue de la F_0 permet de distinguer la tristesse (étendue restreinte) d'une émotion vive (étendue large). Par ailleurs, les émotions impliquant une forte activation (par exemple la peur, la colère ou la joie intense) présentent un accroissement des valeurs de F_0 , une augmentation de l'intensité et une accélération du débit phonatoire. À l'inverse, les émotions à faible arousal comme la tristesse ou l'ennui, sont de fréquences fondamentales plus graves, d'intensité abaissée et sont caractérisées par un ralentissement du débit phonatoire.

Selon Scherer, la production vocale est régie par des effets d'impulsion (*push effects*) relatifs au niveau d'activation physiologique. Par exemple, une situation à forte activation engendre une tension augmentée dans la musculature laryngée, ce qui produit a fortiori une F_0 plus élevée. Cependant, des règles sociales adaptatives influencent également l'expressivité émotionnelle, indépendamment des processus physiologiques de l'organisme (*pull factors*). Dans certaines situations de communication formelle requérant la politesse, le locuteur adoptera une voix plaisante bien que son état émotionnel interne diffère. Les émotions vocales reflètent un équilibre entre les facteurs internes physiologiques et externes socialement déterminés.

2.1.3 Acoustique émotionnelle segmentale

Par l'analyse formantique du signal de la parole, des informations précises et objectives sur la réalisation articulaire de la parole sont fournies. On désigne par le terme formant acoustique d'un son l'un des maxima d'énergie du spectre sonore du son. Les modulations formantiques résultent des modifications physiques des résonateurs (lèvres, langue, voile du palais...). Les formants caractérisent ainsi des indices sonores de l'anatomie du tractus vocal (Fitch, 1997).

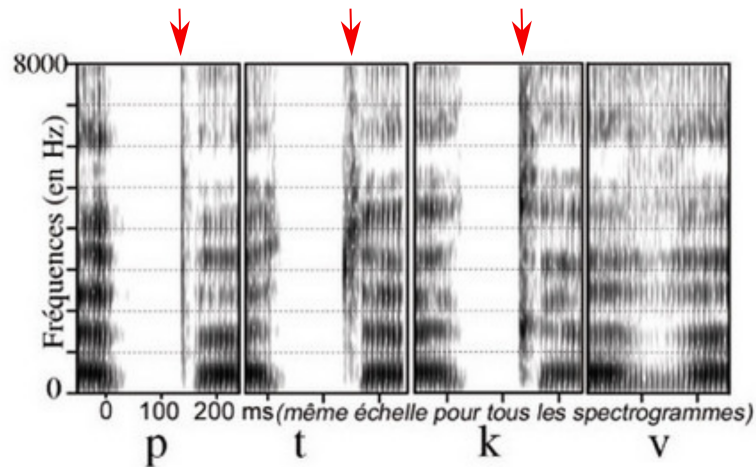


FIGURE 10 – Spectrogramme des phonèmes /p/, /t/, /k/, /v/ du français (Vaissière, J., 2011). Les flèches rouges indiquent la présence du burst.

2.2 Marqueurs faciaux

Au même titre que l'intonation, l'expressivité du visage complète le contenu segmental de l'information verbale. Si la modification du pattern facial, brève et relativement perceptible, ponctue, illustre et régule les informations linguistiques, elle reflète également l'état émotionnel et les processus cognitifs du sujet. La motilité des muscles du visage rend sensible le ressenti subjectif. Cette extériorisation, comme pivot de la communication interpersonnelle, revêt aussi un caractère social.

2.2.1 Physiologie de l'expressivité faciale

Les expressions faciales émotionnelles sont formées par de multiples combinaisons, précises et sensibles, de contractions musculaires. Les muscles de la mimique présentent des attaches cutanées ou fasciales leur octroyant une mobilité optimale. Le nerf facial, VII^{ème} paire crânienne, assure l'innervation de la musculature faciale et du muscle stapédien. Il garantit également les sensations gustatives des deux tiers antérieurs de la langue, la sensibilité cutanée du pavillon de l'oreille et les sécrétions lacrymales et salivaires.

Bilatéral et symétrique, le nerf facial est issu du noyau facial, situé dans la colonne motrice du tronc cérébral. Il décrit un trajet complexe (Figure 11) : émergeant du sillon bulbo-protubérantiel, il traverse l'angle ponto-cérébelleux et s'insère dans le rocher. Son trajet intra-osseux, composé d'une portion labyrinthique, tympanique et mastoïdienne, contribue à sa vulnérabilité. Extra-crânien, il pénètre dans la loge parotidienne, où il se divise en deux branches terminales cervico-faciale et temporo-faciale. Cinq rameaux extra-parotidiens proviennent de cette bifurcation et suivent un gradient de profondeur. Notons que chaque fibre nerveuse innerve 25 fibres musculaires, expliquant ainsi la finesse et le contrôle du mouvement.

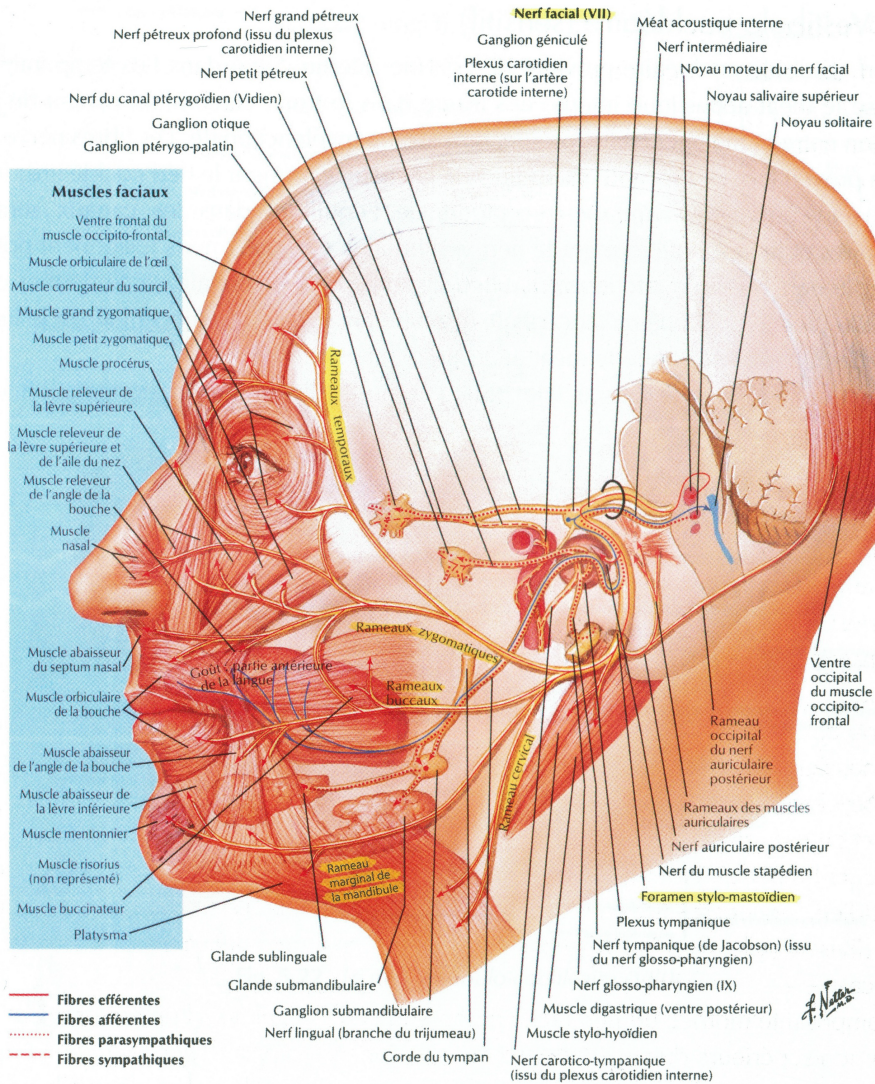


FIGURE 11 – Musculature faciale (McFarland, 2020)

Les afférences motrices du noyau facial sont regroupées en quatre types de fibres. Les fibres cortico-pontiques constituent le faisceau pyramidal et se projettent majoritairement sur le noyau facial controlatéral. Un quart de ces fibres assurent une projection ipsilatérale, afin de maintenir l'innervation du territoire supérieur de la face par les cortex moteurs précentraux bilatéraux. Les fibres cortico-nucléaires indirectes émettent des synapses au niveau de la formation réticulée avant d'atteindre le noyau facial. Les fibres extrapyramidales, qui permettent la motricité automatique et émotionnelle, se projettent non seulement sur le noyau facial mais aussi sur les afférences pyramidales à un étage supra-nucléaire. Il existe finalement des fibres afférentes des réflexes stapédien, de clignement à la menace et de succion.

L'expression faciale se décline sous une production intentionnelle et sociale d'une part et une production émotionnelle spontanée d'autre part. Leur distinction neuro-anatomique est cliniquement mise en évidence par des dissociations comportementales automatico-volontaires (Gatignol & Lamas, 2004). Les patients présentant des lésions corticales ou cortico-bulbaires font preuve d'une expression faciale émotionnelle préservée mais d'une motricité faciale volontaire déficitaire. Le pattern inverse est observé dans les syndromes extra-pyramidaux ou les atteintes des noyaux gris centraux. Par exemple, l'hypomimie émotionnelle est un des signes cardinaux de la maladie de Parkinson.

2.2.2 Émotions faciales prototypiques

Darwin était un pionnier dans le traitement formel des émotions faciales (Darwin, 1872). L'objectif principal de son analyse visait à mettre en évidence une continuité entre les expressions faciales des primates humains et non humains, et d'autres espèces animales. Par ailleurs, il exposa des similarités dans l'expressivité faciale de communautés humaines de cultures différentes. Ces données suggèrent des profils phylogénétiques partagés, confirmant la dimension évolutive du comportement facial.

En 1978, Ekman et Friesen élaborent le Facial Action Coding System (FACS), un système d'analyse des mouvements du visage (Figure 12). Les signaux faciaux sont décrits objectivement et composent 46 unités d'action motrice (AUs).

Upper Face Action Units					
AU 1	AU 2	AU 4	AU 5	AU 6	AU 7
*AU 41	*AU 42	*AU 43	AU 44	AU 45	AU 46
Lower Face Action Units					
AU 9	AU 10	AU 11	AU 12	AU 13	AU 14
AU 15	AU 16	AU 17	AU 18	AU 20	AU 22
AU 23	AU 24	*AU 25	*AU 26	*AU 27	AU 28

FIGURE 12 – Exemples d’unités d’action motrice issus du FACS (Ekman & Friesen, 1978). Illustration de Tian, Y., Kanade, T., & Cohn, J.F. (2005). *Chapter 11. Facial Expression Analysis*.

Les émotions faciales primaires s’expriment en combinant les différentes unités d’actions faciales de manière spécifique (Ekman & Friesen, 1978). Les émotions primaires peuvent ainsi être formulées de la manière suivante :

- Colère = 4 + 5 + 17 + 23 + 24
- Dégoût = 9 + 10 + 17 + 25
- Joie = 6 + 10 + 11 + 12 + 13 + 25
- Surprise = 1 + 2 + 5 + 25
- Tristesse = 1 + 4 + 11 + 15 + 17
- Peur = 1 + 2 + 4 + 5 + 20 + 25

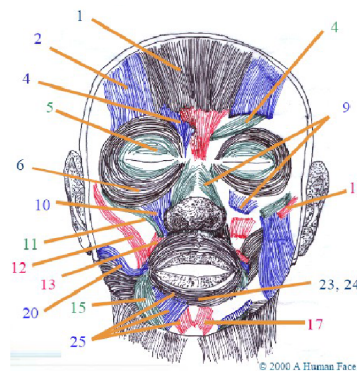


FIGURE 13 – Représentation émotionnelle des différentes unités d’actions (Ekman & Friesen, 1978)

Les émotions faciales du FACS s'inscrivent dans la théorie catégorielle (Ekman & Friesen, 1978) qui suggère l'existence de frontières clairement délimitées entre les six émotions primaires, par la combinaison d'unités d'actions (Figure 14A). Elles peuvent néanmoins être modélisées par l'approche bidimensionnelle d'arousal et de valence (Figure 14B).

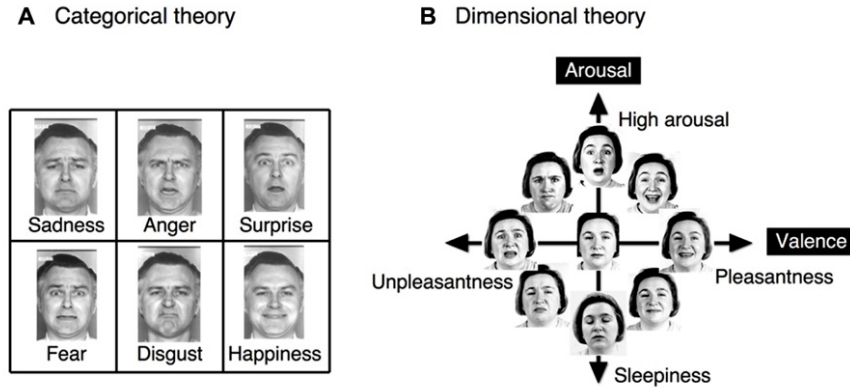


FIGURE 14 – Émotions faciales selon la théorie catégorielle ou dimensionnelle (Matsuda et al., 2013)

2.2.3 Latéralité émotionnelle

De nombreux travaux attestent d'une supériorité de l'expressivité volontaire de l'hémiface gauche par rapport à l'hémiface droite : le mouvement facial émotionnel est plus ample, jugé plus intense (Sackheim, Gur, & Saucy, 1978 ; Borod, Haywood, & Koff, 1997) et présente une activité électromyographique plus importante (Dimberg & Petterson, 2000). De plus, l'expression spontanée apparaît sur l'hémiface gauche 20ms plus précocement que sur l'hémiface droite (Ross & Pulusu, 2013). En 1984, Rinn explique la latéralisation hémisphérique droite des émotions par une inhibition plus intense de l'émotion et de ces mécanismes sous-corticaux dans l'hémisphère gauche (Rinn, 1984). Lors de la commande motrice volontaire, l'hémiface droite est plus inhibée et a fortiori l'hémiface gauche plus expressive. De plus, l'apparente spécialisation hémisphérique droite dans la production des expressions faciales émotionnelles s'explique par la nature de la tâche. Une expression faciale volontaire nécessite de configurer des patrons moteurs, en accord avec des représentations sensorielles et des patterns visuo-spatiaux, majoritairement codés dans l'hémisphère droit.

La littérature soutient la thèse d'une dominance hémisphérique droite dans les mécanismes de perception émotionnels (Adolphs et al., 1996). En effet, les lésions corticales droites, sous-corticales ou de substance blanche comme le faisceau occipito-frontal inférieur, engendrent non seulement des altérations des habiletés visuo-spatiales, mais aussi de la perception des visages et des émotions (Philippi et al., 2009).

2.2.4 Cas particulier de la joie : une émotion complexe aux pluralités des sourires

Qu'il soit volontaire ou spontané, le sourire est un élément fondamental de la communication interpersonnelle. Son imitation, développée précocement, est considérée comme essentielle à la cognition sociale. Celle-ci est définie par la perception, l'interprétation et la génération de réponses aux intentions, dispositions et comportements d'autrui (Green et al., 2008). L'action de sourire renvoie à l'émotion positive de la joie. Aisément reconnaissable, la joie implique de nombreux groupes musculaires, comme nous l'avons vu précédemment. La contraction du muscle zygomatique majeur (AU12) est suffisante pour qualifier un visage de souriant. Bien que la majorité des sourires implique une élévation de la commissure labiale, l'expression de joie à travers un sourire affiche des profils variés, tant dans la dimension dynamique, qu'émotionnelle ou contextuelle. Cependant, la contraction du muscle zygomatique majeur (AU12) peut être observée dans l'expression d'émotions négatives telles que le dégoût, la déception, la tristesse, l'incertitude ou l'inconfort (Ekman, Davidson, & Friesen, 1990).

Sourire émotionnel vs sourire social : Marqueur de Duchenne (Figure 15)

Duchenne de Boulogne donne son nom au sourire dit émotionnel ou authentique. En 1862, il dresse empiriquement un atlas photographique des différentes expressions faciales simulées par des stimulations électriques (Duchenne de Boulogne, 1862). La contraction de l'orbiculaire de l'œil (AU6) permet de distinguer le sourire émotionnel du sourire social volontaire. Ce marqueur dit "de Duchenne" signe le sourire émotionnel, caractérisé par un haussement des pommettes, une diminution de la fente palpébrale et l'apparition de rides autour des yeux.

Il semblerait que ce marqueur ne soit pas un caractère moteur inné mais résulterait d'un apprentissage culturel (Thibault et al., 2012).



FIGURE 15 – Marqueur de Duchenne. À gauche, le sourire émotionnel ; à droite la contraction du zygomatique majeur.

Propriétés du sourire

Un sourire réussi (*successful smile*) est qualifié d'authentique, efficace et plaisant (Helwig et al., 2017). Il peut être exprimé par une multitude de trajectoires spatio-temporelles, équilibrant l'angle de la commissure labiale, l'amplitude du sourire, la symétrie du mouvement et l'apparition des dents. La classification des sourires de Rubin (1974) distingue trois manières de sourires (Figure 16) :

1. Le sourire commissural, dit de "Mona Lisa" : les commissures labiales sont d'abord étirées horizontalement vers l'extérieur, dévoilant ainsi les dents supérieures.
2. Le sourire cuspidé ou "canin" : les muscles releveurs de la lèvre supérieure sont dominants et permettent l'exposition des canines.
3. Le sourire "complexe" : le sourire est induit par une contraction des muscles releveurs de la lèvre supérieure, des muscles zygomatiques mais également des muscles abaisseurs de la lèvre inférieure, dévoilant ainsi les dents inférieures et supérieures simultanément.

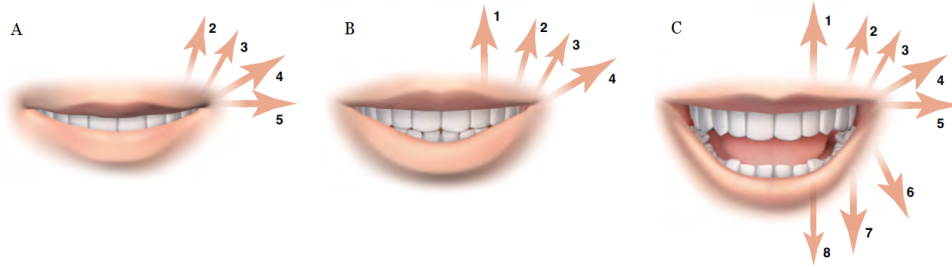


FIGURE 16 – Classification des sourires de Rubin (Lamas et al., (2016). Réhabilitation de la face paralysée. Les monographies Amplifon, 60.)

A : sourire Mona Lisa ; B : sourire canin ; C : sourire complexe. 1 : releveur de la lèvre supérieure ; 2 : canin ; 3 : petit zygomatique ; 4 : grand zygomatique ; 5 : risorius ; 6 : depressor anguli ori ; 7 et 8 : muscles abaisseurs de la lèvre inférieure

En modélisant ces paramètres à l'aide d'un avatar 3D réaliste (Figure 17), a) des paramètres spatiaux (angle, amplitude, apparition des dents) et b) temporels (délai d'asymétrie) relatifs aux sourires dit à succès ont été déterminés.

- a) Les paramètres spatiaux. Un sourire efficace exige un équilibre entre l'angle de la commissure et l'amplitude horizontale du sourire. L'apparition des dents influence de manière significative la perception d'un sourire. Plus précisément, l'augmentation de l'exposition dentaire peut diminuer (pour les sourires de faible amplitude) ou augmenter (pour les sourires de grande amplitude) la qualité du sourire. Les sourires bouche ouverte, dents visibles et de faible amplitude produisent des perceptions non intentionnelles de l'expression, telles que le mépris ou la peur (Helwig et al., 2017).
- b) Les paramètres temporels. En modalité statique, la littérature reporte une préférence pour les visages légèrement asymétriques, dans la mesure où une asymétrie légère garantit l'authenticité de la joie. En modalité dynamique, un sourire est jugé authentique et efficace quand un léger délai gauche/droite est observé. Le sourire est considéré comme réussi tant que le délai d'apparition gauche-droite reste inférieur à 125ms. Au-delà de 125ms, l'asymétrie connote négativement sourire (Helwig et al., 2017).

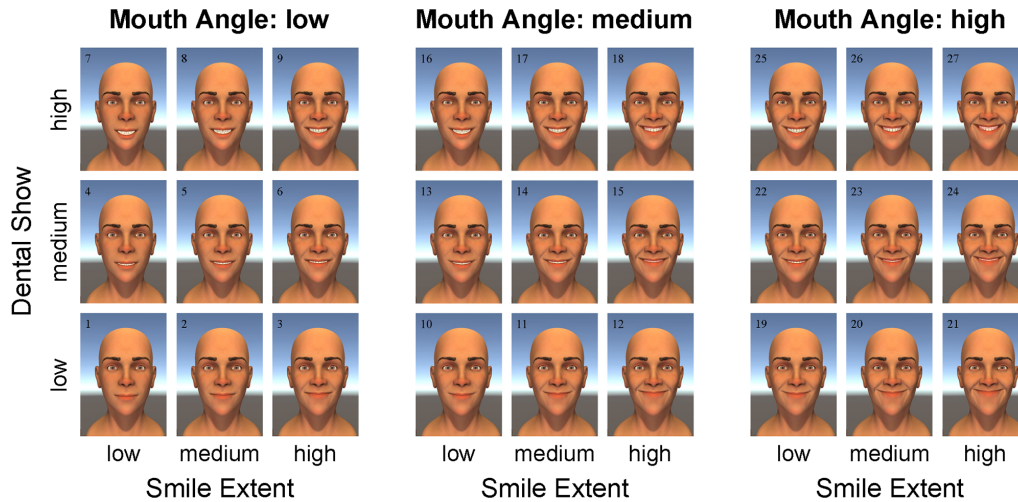


FIGURE 17 – Modélisation de 27 configurations du sourire en fonction des paramètres spatiaux (Helwig et al., 2017)

En résumé, un sourire réussi consiste en :

1. Un équilibre optimal entre l'angle de la commissure labiale et l'amplitude du sourire,
2. L'apparition adéquate des dents en fonction des dimensions d'angle et d'amplitude,
3. Une symétrie dynamique telle que les côtés gauche et droit du sourire soient synchronisés dans un temps inférieur ou égal à 125 ms.

Trois sourires sociaux (Figure 18)

Récemment, le modèle de simulation des sourires (SIMS, Niedenthal et al., 2010) suggère trois types de sourire, aux fonctions sociales spécifiques : renforcer le comportement par un sourire de récompense, maintenir le canal social par le sourire d'affiliation et négocier les hiérarchies sociales par le sourire de dominance.

1. Le sourire de récompense. Ce sourire peut renforcer un comportement en activant les centres du circuit de la récompense (Martin et al., 2017). Par exemple, le sourire des nourrissons active les régions cérébrales dopaminergiques de leur mère, afin de consolider l'attachement mère-enfant. Le sourire influence les prises de décision et l'apprentissage social. Un état plaisant est induit chez l'observateur d'un sourire et conditionne positivement le comportement qui a fait naître ce sourire.

2. Le sourire d'affiliation. Le sourire dit "social" permet d'initier et de garantir positivement le lien social. Le sourire d'affiliation est le signe spontané d'une bienveillance mutuelle sans mise en place d'émotions vive comme la joie ou l'amusement. Par exemple, les sourires des nourissons observés lors de leurs rencontres avec des étrangers sont davantage considérés comme un phatème qu'une expression de joie. Le sourire embarrassé présente également une fonction affiliative au sein d'un groupe.
3. Le sourire de dominance. Les signaux de dominance apparaissent quand un sujet souhaite exprimer un désaccord ou une distance avec un autre sujet. Darwin décrit ce comportement comme de la défiance lors des confrontations interpersonnelles (Darwin, 1872). Les études empiriques ont associé ce sourire à des états de menace, de critique ou des sentiments de fierté. À l'instar des sourires d'affiliation, le sourire de dominance est spontané et ne reflète pas d'émotion positive. Au contraire du sourire d'affiliation, le sourire de dominance communique une intention de déstabiliser ou de maintenir une asymétrie hiérarchique entre l'émetteur et le récepteur. D'un point de vue expressif, le sourire de dominance s'oppose au sourire de récompense. Il implique une moindre activité de l'AU12 (tension bilatérale des commissures labiales) et une augmentation du froncement du nez (AU9).

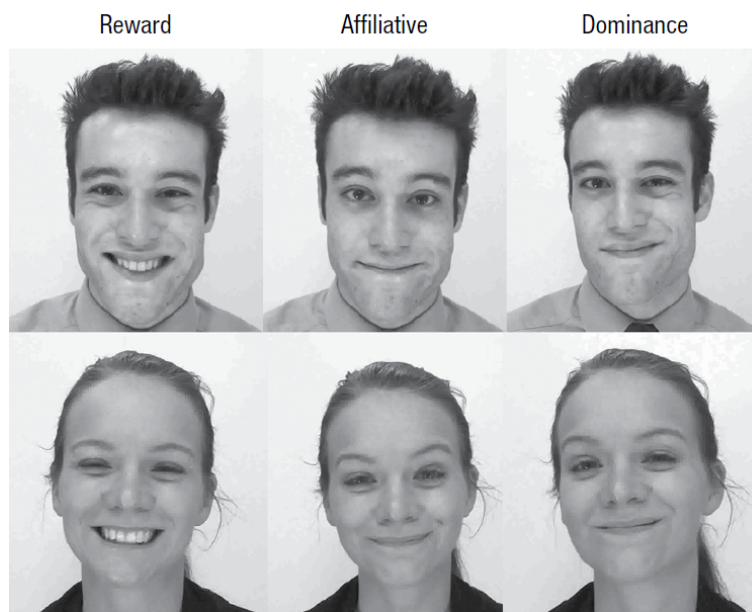


FIGURE 18 – Trois sourires sociaux (Rychlowska et al., 2017)

2.3 Sourire sonore

Le sourire dans la voix est aussi facilement reconnaissable. Tout un chacun a déjà vécu l'expérience d'entendre le sourire de son interlocuteur lors d'une conversation téléphonique (Basso & Oullier, 2010). Il existe ainsi une interdépendance physique entre la musculature faciale et vocale. Les caractéristiques oro-labiales façonnent les expressions vocales en modifiant les cavités de résonance.

Le sourire sonore peut être identifié par les auditeurs sans stimuli visuels, soulignant ainsi la capacité des hommes à inférer le comportement oro-labial à partir de paramètres acoustiques (Arias, Belin & Aucouturier, 2018). Le sourire accroît les valeurs des formants dans le signal de parole (El Haddad et al., 2017). La rétraction des lèvres induit également une augmentation de l'étendue fréquentielle des sons (Ohala, 1980) et sert de signal visuel de gaité, de non-menace ou de peur, dans de nombreuses espèces. D'un point de vue évolutif, le sourire aurait obtenu sa valeur communicationnelle par son effet sur la voix (Ohala, 2010).

Chapitre 2 : Cognition et contagion émotionnelle

1 Cognition incarnée

D'après le courant cognitiviste, le système cognitif extrait les informations d'un monde pré-existant, indépendant du sujet qui le perçoit. Le corps se révèle être un dispositif de sortie pour des commandes issues de symboles mentaux abstraits. L'approche incarnée s'oppose à cette vision de la cognition : les connaissances sont le fruit des interactions entre les composants sensoriels et moteurs des expériences passées et de l'expérience en cours. La cognition ne peut être envisagée indépendamment des situations dans lesquelles elle est ancrée (Versace, Brouillet & Vallet, 2018).

1.1 Cognition sensori-motrice

L'existence de représentations sensori-motrices est attestée non seulement par les études en imageries cérébrales, mais également par des études comportementales en neuropsychologie cognitive (Damasio, 1998 ; Versace, Brouillet & Vallet, 2018). Les activités cognitives émergent de l'activation systématique de réseaux neuronaux perceptivo-moteurs. Par exemple, la lecture ou la dénomination d'un verbe d'action (courir, marcher...) induit l'activation des aires motrices (Boulenger et al., 2006 ; Zhang et al., 2018).

De nombreuses études objectivent l'importance des représentations sensori-motrices dans les processus cognitifs, à l'aide de paradigmes expérimentaux d'amorçage ou d'interférence moteurs (Versace, Brouillet & Vallet, 2018). Les perceptions sensori-motrices influencent les prises de décision mais également les jugements interpersonnels (Niedenthal, 2007). Par exemple, un candidat est jugé comme plus chaleureux si l'évaluateur maintient un café chaud en main plutôt qu'un thé glacé (Williams & Bargh, 2008).

1.2 Cognition émergente

La cognition est structurellement dynamique car issue des interactions (passées et présentes) du corps et de l'environnement. D'après les modèles à traces multiples de la mémoire, les connaissances émergent par un processus d'appariement global (modèle MINERVA 2, Hintzman, 1984; modèle ACT-IN, Versace et al., 2014). En effet, d'après ces modèles, la mémoire se constitue d'une accumulation de *traces*, c'est-à-dire d'enregistrements de patrons d'activations neuronales associés à des expériences sensori-motrices. Les *traces* mnésiques reflètent l'ensemble des composantes des expériences passées, en particulier (a) les propriétés sensorielles captées par les récepteurs sensoriels et (b) les actions effectuées sur les objets de l'environnement. Comme le suggérait le paradigme connexionniste, ces *traces* sont multimodales et distribuées dans de multiples réseaux neuronaux.

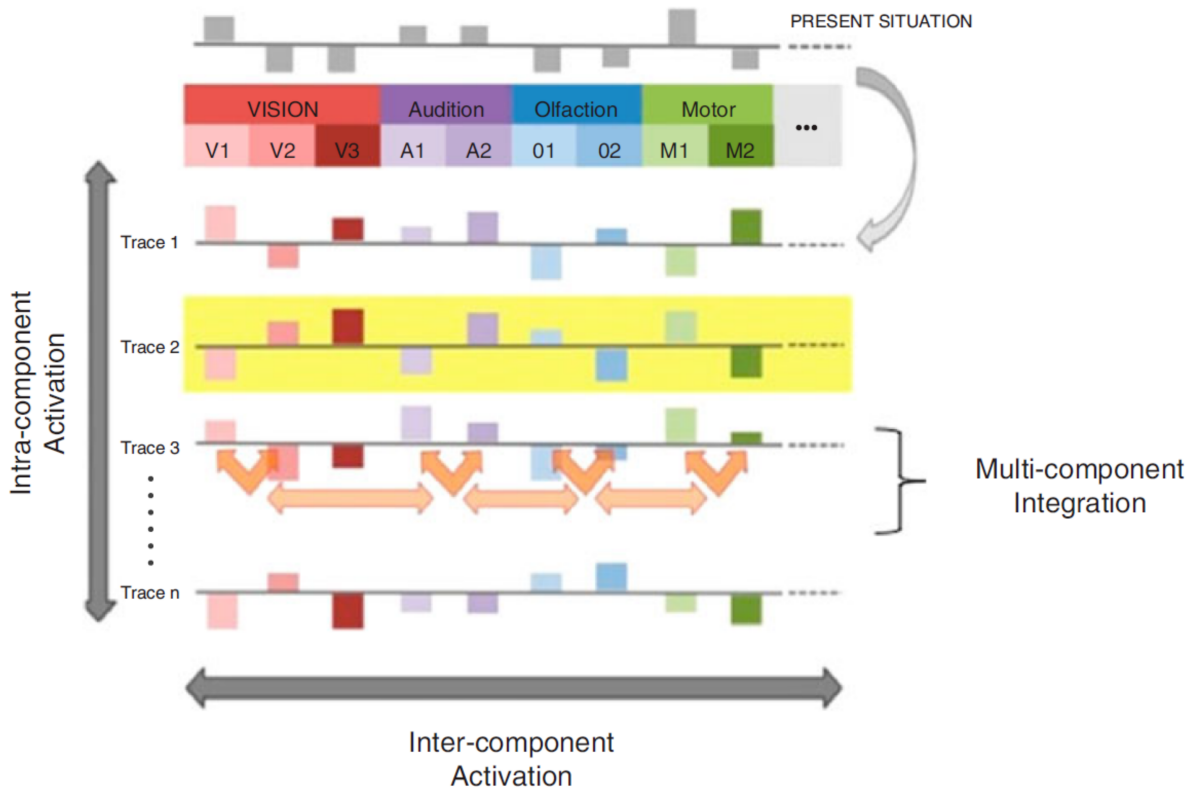


FIGURE 19 – Représentation schématique du modèle Act-In (Versace et al., 2014).

Les éléments perceptifs d'une situation en cours sont codées dans *une sonde*. Cette *sonde* (expérience en cours) est appariée à l'ensemble des *traces* mnésiques (expériences passées). En fonction de leur degré de similarité à la *sonde*, les *traces* sont plus ou moins réactivées en parallèle. Par exemple, plus la situation en cours A ressemble à une situation passée B, plus les *traces* mnésiques relatives à la situation B vont se réactiver. Ce degré de réactivation est appelé un *écho*. L'*écho* contient la connaissance émergente (souvenirs ou connaissances sémantiques) et traduit la similarité globale entre la *sonde* et les *traces* mnésiques. La cognition se définit alors comme une re-crédation de la connaissance, à partir d'activation de traces mnésiques et non d'une récupération de représentations stockées en mémoire (Figure 19).

2 Contagion émotionnelle

En 1993, Hatfield, Cacioppo & Rapson définissent la contagion émotionnelle comme "*une tendance à imiter, automatiquement et en synchronie, les expressions, les vocalisations, les postures et les mouvements d'autrui et par conséquent de converger émotionnellement*". Il a été démontré que l'observation des expressions émotionnelles ne suscite pas uniquement des mimiques motrices et autonomes mais aussi les réponses émotionnelles correspondantes. Les émotions sont ainsi transmises d'une personne émettrice vers une personne réceptrice.

Concernant la rétroaction faciale, les théories de la cognition incarnée postulent généralement trois étapes pour expliquer son influence dans la perception des émotions (Hatfield et al., 2014) :

1. Les observateurs **imitent** subtilement et inconsciemment l'expression faciale d'une cible ;
2. Les contractions musculaires du visage de l'observateur génèrent un signal de **rétroaction** musculaire afférent du visage au cerveau ;
3. L'observateur utilise cette rétroaction pour **simuler** et inférer par la suite la signification émotionnelle de l'expression perçue.

Prochazkova & Kret (2017) complète ce modèle pour expliquer l'émergence de l'**empathie** (Figure 20).

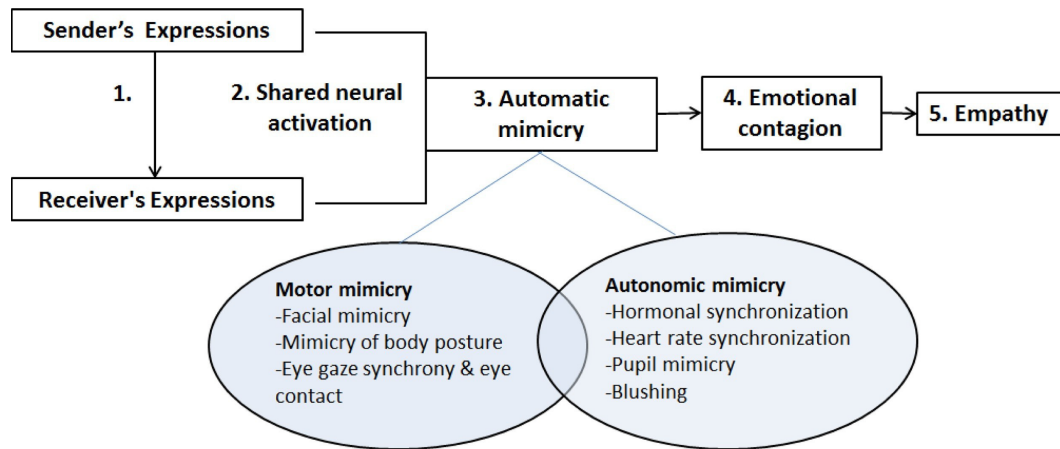


FIGURE 20 – Représentation schématique de l'émergence de l'empathie (Prochazkova & Kret, 2017).

1. L'état émotionnel de l'émetteur se traduit par son comportement moteur non verbal et ses réponses physiologiques.
2. La perception de l'état émotionnel active instantanément chez le récepteur les mêmes réseaux neuronaux émotionnels que l'émetteur.
3. Cette résonance neuronale inter-subjective mobilise un mimétisme moteur et autonome.
4. Ce mimétisme automatique facilite la rétroaction motrice et physiologique permettant au récepteur de ressentir l'émotion : c'est la contagion émotionnelle.
5. Le récepteur accède alors à l'émotion d'autrui par empathie, résultant des mécanismes de mimétisme, de rétroaction et de contagion émotionnelle.

2.1 Modèle neurocognitif des émotions

Ce nouveau modèle neurocognitif de la contagion émotionnelle (NMEC), développé par Prochazkova & Kret (2017) s'appuie sur le rôle du mimétisme automatique, de l'activation neuronale partagée et de la rétroaction faciale dans la contagion émotionnelle et l'empathie (Figure 21).

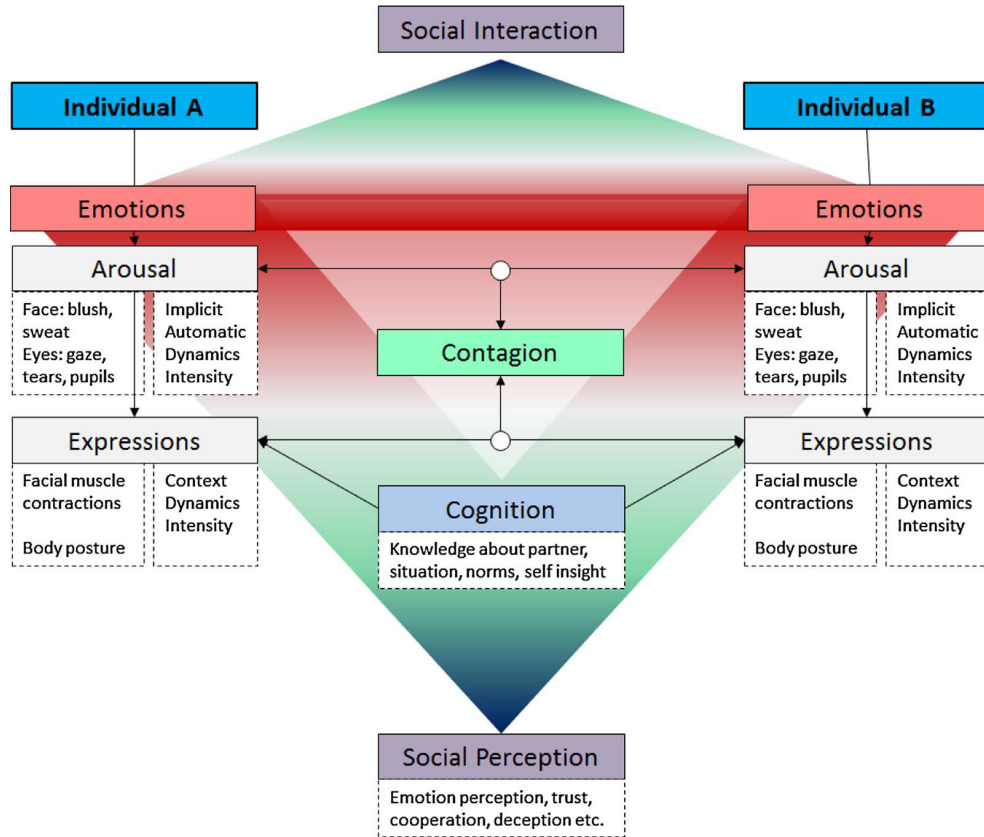


FIGURE 21 – Modèle Neurocognitif de la Contagion Émotionnelle (Prochazkova & Kret, 2017).

Les émotions sont exprimées et ressenties selon trois canaux parallèles de communication : psychologique (sentiments et émotions), physiologique (arousal) et comportemental (expressions). Inconsciemment, les sujets miment les expressions émotionnelles d'autrui en synchronisant leur niveau d'arousal. Ils traitent ainsi l'état mental de l'autre et y répondent de manière socialement adaptée.

L'originalité du modèle NMEC réside dans les expressions autonomes de l'émetteur, qui modulent directement l'activité neuronale émotionnelle du récepteur. Dans ce modèle, le terme de mimétisme autonome inclut aussi bien le mimétisme que la réaction émotionnelle. En effet, le mimétisme autonome repose sur les mêmes substrats et voies anatomiques que ceux impliqués dans la réaction émotionnelle et l'activation du système nerveux autonome.

2.2 Mimétisme automatique

Le mimétisme se réfère à une imitation généralement inconsciente et involontaire d'un comportement perçu chez autrui. La contagion émotionnelle est une co-construction cognitive, sensori-motrice, physiologique et affective, qui n'est pas nécessairement liée à une forme de mimétisme spécifique (Prochazkova & Kret, 2017). En effet, le mimétisme moteur n'est pas suffisant pour occasionner la pleine expérience émotionnelle et le sentiment psychologique qui lui est associé. Par exemple, bien que le mimétisme facial puisse aider un observateur à attribuer correctement la valence émotionnelle d'une expression, une excitation viscérale peut s'avérer nécessaire pour converger pleinement sur le plan émotionnel (Laird, 1974). En combinant la synchronisation motrice et physiologique, la signification d'une émotion peut être transmise d'un individu à un autre.

2.2.1 De la perception émotionnelle physiologique...

Une forme physiologique précoce de contagion émotionnelle se produit très tôt au sein de la dyade mère-enfant (Feldman, 2012). La synchronisation des systèmes autonomes d'une mère et de son nourrisson est un phénomène bien documenté dans la littérature (Palumbo et al., 2017). En contact peau à peau, les nourrissons reproduisent automatiquement le rythme cardiaque et les mouvements respiratoires de leur mère pour atteindre l'homéostasie. La faculté de synchronisation des rythmes cardiaques s'accroît de manière significative lorsque la mère et l'enfant miment le sourire de l'autre et s'imitent vocalement. La communication affective influencerait le mimétisme autonome physiologique (Prochazkova & Kret, 2017).

La synchronisation du diamètre de la pupille a récemment été proposée comme une voie autonome potentielle de contagion émotionnelle (Kret et al., 2013). En effet, la dilatation de la pupille résulte de la réponse sympathique tandis que sa contraction signe l'activité parasympathique. Les observateurs traitent implicitement la taille des pupilles lors des interactions sociales. Un mimétisme pupillaire est d'ailleurs relevé chez les enfants de 6 et 9 mois, suggérant une contagion émotionnelle précoce (Fawcett et al., 2016). Quant aux sujets adultes, ils modifient leur jugement en synchronisant la taille de leurs pupilles avec celles de leur interlocuteur.

En effet, si le récepteur imite l'émetteur en dilatant ses pupilles, le récepteur attribue une plus grande confiance en l'émetteur (Kret et al., 2013).

Comme la taille de la pupille, le rougissement est une réponse autonome difficile à contrôler et participe implicitement à la contagion émotionnelle. La rougeur du visage apparaît généralement lors d'une émotion vive ou de situations impliquant une attention sociale non désirée (Thorstenson et al., 2020). La perception des expressions faciales émotionnelles est alors modulée par la détection de ce bio-signal. En effet, les interprétations d'un sourire apparaissant sur un visage rubescent ou un visage blême seront différentes. Par exemple, en cas de gêne ou d'inconfort, un sourire social peut être associé à une rougeur du visage (Ekman, Davidson, & Friesen, 1990).

2.2.2 ...à la production motrice des émotions

Dès le XVIII^{ème} siècle, les psycho-physiologistes ont collecté des données considérables sur la capacité des sujets à imiter la motricité émotionnelle d'autrui. Le mimétisme moteur apparaît quand deux individus ou plus adoptent le même comportement dans un court laps de temps (généralement entre 3 et 5s). Il se compose du mimétisme facial (Dimberg, Thunberg & Elmehed, 2000), des postures corporelles (Tia et al., 2011), des caractéristiques vocales (Gregory & Webster, 1996), des bâillements contagieux (Helt et al., 2010), des gestes de parole (Goldin-Meadow et Alibali, 2013) et du rire (Estow, Jamieson & Yates, 2007).

Le mimétisme facial est certainement le plus aisément objectivé. À l'aide de l'électromyographie faciale, Dimberg, Thunberg & Elmehed, (2000) observent des réactions musculaires rapides et automatiques au niveau des muscles zygomatiques et du corrugator, lors de la perception d'expressions faciales émotionnelles. Difficilement répressibles, ces réactions musculaires miment en synchronie et de manière congruente, les patrons moteurs émotionnels spécifiques observés chez autrui. Cette faculté d'imitation des expressions faciales émotionnelles est présente peu après la naissance (Simpson et al., 2014). La tendance innée à imiter précéderait alors la compréhension émotionnelle et le développement de l'empathie (Prochazkova & Kret, 2017). Il est communément admis que les différents mimétismes favorisent l'affiliation et contribuent à l'initiation et

au maintien de relations sociales positives (Hess & Fischer, 2013).

2.3 Rétroaction

Les expériences émotionnelles subjectives sont façonnées par les afférences du système nerveux moteur périphérique. Les individus traitent les informations relatives aux expressions émotionnelles de leur partenaire par le biais de leur propre retour physiologique (Wood et al., 2016).

2.3.1 Rétroaction faciale

L'hypothèse de la rétroaction faciale postule que la production d'expressions faciales émotionnelles influence l'expérience émotionnelle de celui qui l'émet (Andreasson, 2010). Lors d'une imitation faciale, les sujets rapportent ressentir les émotions équivalentes aux expressions mimées (Dimberg, 1988 ; Lundqvist & Dimberg, 1995). Une des études les plus célèbres pour illustrer les effets de la rétroaction faciale est celle de Strack, Martin, & Stepper (1998) où des dessins animés sont jugés plus amusants quand les participants naïfs maintiennent un crayon dans la bouche puisqu'ils simulent involontairement un sourire (Figure 22).

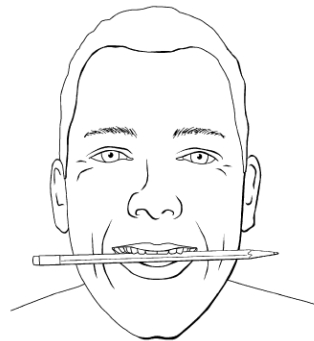


FIGURE 22 – Illustration de l'étude de Strack, Martin & Stepper (1998) par Alam et al., 2008

De la même manière, l'expérience de rapprocher deux tees de golf attachés sur le front en fronçant les sourcils montre que plus les tees de golf sont proches, plus les sujets évaluent des photographies négativement (Larsen, Kasimatis & Frey, 1992 ; Figure 23).



FIGURE 23 – Illustration de l'étude de Larsen, Kasimatis & Frey (1992) par Alam et al., 2008

Lors d'une tâche de perception des émotions, la rétroaction facilite également l'évaluation de la valence émotionnelle du stimulus (Hyniewska & Sato, 2015). En ce qui concerne l'arousal, l'intensité de l'expérience subjective émotionnelle augmente, si les expressions faciales produites expérimentalement sont congruentes aux stimuli perçus (Lobmaier & Fischer, 2015). À l'inverse, l'inhibition d'une expression faciale émousserait l'expérience émotionnelle (Oberman, Winkielman & Ramachandran, 2007). À un niveau intrapersonnel, la rétroaction faciale module l'expérience émotionnelle en cours (Davis, Senghas & Ochsner 2009).

2.3.2 Physiologie de la rétroaction faciale

La proprioception faciale de l'homme est particulièrement précise mais son mécanisme demeure encore relativement méconnu. À l'instar des muscles squelettiques, les muscles peauciers de la face et du cou sont des muscles striés. Repérés dans l'ensemble des muscles striés du corps, les récepteurs proprioceptifs (*muscle spindles*) seraient cependant absents de la musculature faciale (Cobo et al., 2017). La rétroaction faciale est alors assurée par des mécanorécepteurs cutanés, qui renseignent sur la déformation et l'étirement de la peau du visage, issus des mouvements faciaux (Tomkins, 1980). De plus, il existerait de nombreuses anastomoses entre les branches du nerf facial et du nerf trijumeau (V^{ème} paire crânienne). Finalement ce sont des corpuscules capsulaires situés dans les muscles faciaux, similaires aux corpuscules de Ruffini (mécanorécepteurs articulaires) qui participeraient à la proprioception faciale (Cobo et al., 2017).

2.3.3 Cadre expérimental : la toxine botulique

Les études sur les injections de toxine botulique renforcent la théorie de la rétroaction faciale (Hennenlotter, 2009). En 2011, Neal & Chartrand ont étudié si l'impact des injections de toxine botulique sur la rétroaction faciale amplifiait ou inhibait l'expérience émotionnelle. Dans une première expérience, les sujets sains ayant bénéficié de toxine botulique étaient moins efficaces pour reconnaître les émotions que leurs pairs. Lors d'une seconde expérience, les chercheurs ont amplifié les signaux des muscles afférents par rétroaction proprioceptive, en appliquant un gel (alcool polyvinyle) sur le visage des participants. Lorsque le muscle contracté rencontre une résistance accrue, le signal afférent renvoyé au système nerveux central est renforcé. Dans l'étude, les réactions faciales étaient alors implicitement exagérées, ce qui améliorerait significativement la perception des émotions.

La dénervation induite par l'injection de toxine botulique dans le muscle corrugator supercilii, muscle impliqué dans le froncement de sourcil (prototypique de l'expression de la colère), réduirait l'activation neuronale de l'amygdale (Kim et al., 2014). Les injections de toxine botulique au niveau du territoire supérieur du visage peuvent ainsi amoindrir l'expérience émotionnelle de valence négative (Alam et al., 2008 ; Bulnes et al., 2019).

Le signe de l'oméga, également appelé "oméga mélancolique" se rapporte à des rides frontales spécifiques de la dépression (Shorter, 2009) : deux rides verticales entre les sourcils et une ride horizontale au-dessus forment les contours de la lettre grecque (Figure 24). Ces rides proviennent de mouvements excessifs du muscle corrugator et procerus (région de la glabella, siège de l'expression de la tristesse ou de la colère).



FIGURE 24 – Photographies du signe de l'oméga décrit par Darwin, 1872

Dans le cadre de la dépression, les patients peuvent également bénéficier d'injections de toxine botulique dans cette zone afin de prévenir les mouvements faciaux de la tristesse. Par conséquence, ces injections inhibent leurs rétroactions faciales négatives (Lewis & Bowler, 2009). L'étude randomisée et contrôlée de Wollmer et al. (2012) sur 30 patients dépressifs montre qu'une seule séance d'injections de toxine botulique dans la région glabellaire permet rapidement d'obtenir une atténuation importante et durable de la symptomatologie dépressive. Comme l'expression faciale de tristesse est plus difficile à maintenir après des injections de toxine botulique, un état mental plus heureux est induit chez les participants. Ceci suscite une attitude plus positive de l'interlocuteur, consolidant ainsi par feedback social, l'état émotionnel du sujet ayant bénéficié des injections (Figure 25).

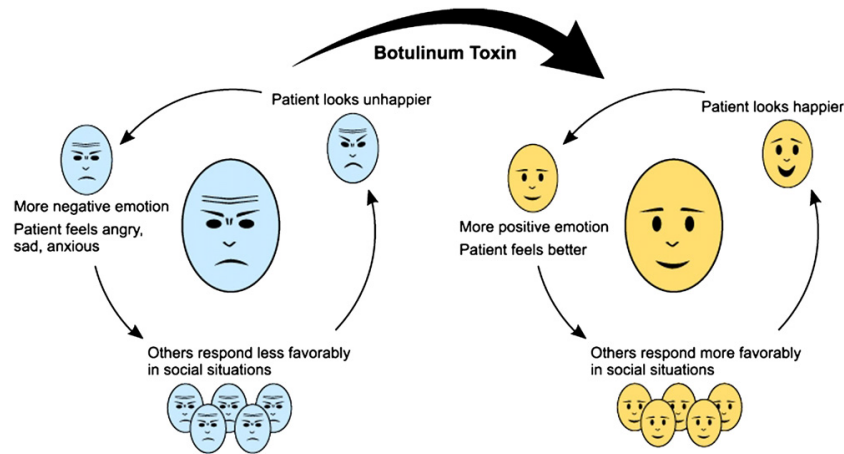


FIGURE 25 – Effets de la toxine botulique sur la contagion émotionnelle (Alam et al., 2008).

2.4 Simulation sensorimotrice

L'observation de l'état émotionnel d'un émetteur active automatiquement chez le récepteur a) la représentation neuronale de cet état affectif et b) les réponses autonomes et somatiques qui y sont associées (Anders et al., 2011 ; Prochazkova & Kret, 2017).

Les recherches en neurosciences suggèrent l'existence d'un réseau de *neurones miroirs* composé du lobe pariétal inférieur, du gyrus frontal inférieur et du sulcus temporal supérieur (Adolphs, 2002 ; Krolak-Salmon et al., 2006). Par exemple, la perception d'une expression faciale produit dans le cortex pré-moteur de l'observateur une représentation somatotopiquement

équivalente à celle qu'il aurait conçue, s'il avait été lui-même acteur de l'expression. L'activation miroir s'avère possible si et seulement si la production motrice respecte les contraintes biomécaniques du corps et les compétences motrices de l'observateur. Le degré de résonance motrice, c'est-à-dire la capacité d'un individu à imiter le comportement moteur d'autrui, varie en fonction de son répertoire moteur personnel.

Le rôle des neurones miroirs a été réaffirmé dans la perception des émotions par l'étude des substrats neuronaux du rire et du sourire. L'aire motrice supplémentaire gauche, s'avère d'une part responsable de processus moteurs et perceptifs et participe d'autre part à la genèse de l'émotion (Krolak-Salmon et al., 2006). La résonance neuronale intersubjective s'applique dans les aires motrices mais également dans les aires sous-corticales engagées dans le ressenti émotionnel (Anders et al., 2011). Le système miroir permet alors la compréhension des émotions d'autrui.

Le mimétisme et la rétroaction fournissent de ce fait, un ensemble d'informations nécessaires pour détecter l'expression émotionnelle, mais demeurent non suffisantes pour une pleine reconnaissance de l'émotion. La simulation sensori-motrice active les réseaux de neurones miroirs, permettant à l'observateur de compléter sa connaissance et d'inférer l'émotion perçue. Le sujet recrée alors la production motrice de l'expression émotionnelle perçue. Comme nous l'avons vu précédemment, dans une approche incarnée, la reconnaissance de l'émotion émerge à partir de la prédiction de l'expérience présente et de la réévocation des expériences subjectives passées (Niedenthal et al., 2010). La modélisation sensorimotrice interviendrait particulièrement dans le processus émotionnel, lorsque l'expression perçue serait ambiguë ou lorsque la perception de l'émotion serait motivée par l'intention volontaire de connaître le ressenti, l'état émotionnel de l'autre (Wood et al., 2016). La résonance intersubjective présente un caractère adaptatif, puisqu'elle participe à l'attachement parents-enfants et à l'analyse des états émotionnels d'autrui, indispensable aux réponses comportementales d'approche ou d'évitement.

3 Multimodalité de la contagion émotionnelle

3.1 Processus intégré

Grâce à la cognition incarnée, les sujets traitent les informations émotionnelles en réactivant les états neuronaux impliqués dans leur propres expériences perceptuelles, expressives et affectives antérieures (Hawk, Fischer & van Kleef, 2012). Les expressions émotionnelles faciales et vocales combinent aussi bien la modalité motrice qu'affective.

Les sons, les odeurs, la vue et les indices tactiles apparaissent de manière concomitante lors d'une expérience vécue. Les entrées perceptives dans une modalité unique (visuelle, auditive, proprioceptive...) peuvent alors s'avérer ambiguës ou incomplètes. La classification des émotions est alors améliorée lorsque les sujets ont accès à des indices bimodaux, par opposition à des indices unimodaux (Kreifelts et al., 2007). Afin de pallier le défaut d'information et de créer une représentation plus robuste, le cerveau génère des prédictions pour compléter la perception initiale, en intégrant des composants d'expériences passées, issus d'autres modalités sensorielles.

3.2 De la modalité auditive à la modalité faciale

Nous avons vu précédemment que l'expression faciale spontanée d'un émetteur et d'un récepteur se synchronisaient lors des interactions sociales (Hess & Bourgeois, 2010). Il ne s'agit cependant pas d'un simple mimétisme, puisque des réactions musculaires faciales apparaissent également en réaction à des vocalisations non verbales (Hawk, Fischer & van Kleef, 2012). Lors de la perception d'une expression faciale, corporelle ou encore vocale, les participants présentent une activité électromyographique faciale spécifique de l'émotion observée (Magnée et al., 2007). En ce sens, l'expression faciale spontanée s'apparente davantage à une réaction émotionnelle globale qu'à une mimique faciale visuelle : le stimulus active une représentation émotionnelle amodale générant un mimétisme facial spécifique.

Les émotions vocales et faciales partagent des caractéristiques fonctionnelles similaires : Belin, Fecteau & Bedard (2004) ont adapté le modèle de reconnaissance des expressions faciales de Bruce & Young, 1986, pour expliquer le parallélisme entre le traitement des émotions vocales et faciales (Figure 26). Les auteurs soulignent des interactions entre la modalité auditive et faciale, ce qui permet d'expliquer les phénomènes d'interférences entre ces deux modalités. En effet, lors d'une tâche de perception d'émotions vocales, l'observation concomittante d'un visage influence la perception auditive (Vroomen, Driver, & De Gelder, 2001). Inversement, les sujets sont dans l'incapacité d'ignorer les stimuli auditifs lors d'une tâche de perception des visages (De Gelder & Vroomen, 2000), confirmant ainsi une intégration perceptive bimodale de l'expérience.

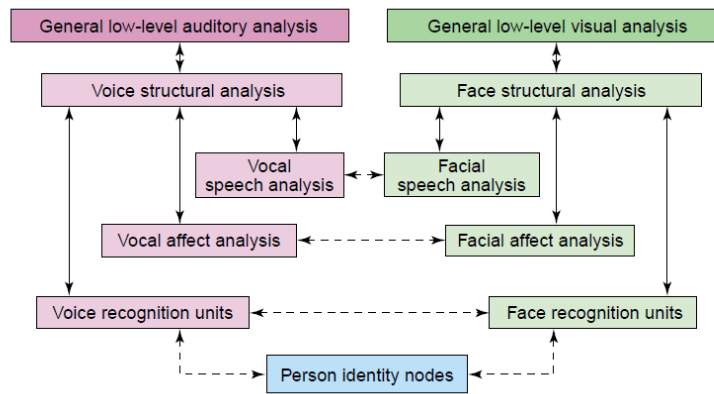


FIGURE 26 – Modèle de perception bimodale des émotions (Belin, Fecteau & Bedard, 2004)

3.3 Effets multimodaux du sourire

Les effets du sourire sur les interactions vocales ont été étudiés lors de conversations téléphoniques, privant ainsi les interlocuteurs de stimuli visuels (Basso et al., 2010). En monitorant l'activité du muscle zygomatique, des réactions faciales inconscientes ont été mises en évidence lors de la perception auditive de phrases prononcées avec le sourire (Arias, Belin & Aucouturier, 2018). Plus qu'un simple mimétisme, ces observations confirment le caractère incarné et amodal de la reconnaissance émotionnelle à travers la simulation sensorimotrice (Kuhn, 2007).

Puisque les expressions faciales d'un émetteur régulent les activités autonomes du récepteur, les chercheurs se sont interrogés sur les effets spécifiques des sourires sociaux sur la réponse physiologique de l'observateur. A l'aide d'analyse salivaire du cortisol, l'activité autonome sympathique a été mesurée chez les récepteurs lors d'observation des sourires de récompense, d'affiliation et de dominance (Martin et al., 2017). Le sourire de récompense et d'affiliation induisent un état de calme (une diminution de l'activité sympathique). À l'opposé, l'observation d'un sourire de dominance engendre un état de vigilance accrue, mobilisé par une augmentation de l'activité sympathique. Les effets du sourire d'affiliation sur l'activité autonome restent complexes puisqu'il s'agit avant tout d'un signal social. Ses effets diffèrent alors significativement en fonction de la sensibilité sociale du récepteur et de son habileté à décoder les expressions faciales.

En résumé :

- La cognition est émergente et incarnée. Structurellement dynamique, la cognition est modulée par les expériences sensori-motrices en cours et passées.
- Le modèle neurocognitif de Prochazkova & Kret (2017) explique la contagion émotionnelle à travers les mimétismes autonomes et moteurs, les boucles de rétroaction et l'activation neuronale partagée. Au sein d'une interaction sociale, ces mécanismes suscitent l'empathie.
- La contagion émotionnelle concerne diverses modalités interdépendantes (faciales, vocales, corporelle,..) ; les mimétismes sont des processus amodaux et peuvent intervenir dans différentes modalités expressives.

Chapitre 3 : Paralysie faciale périphérique

1 Paralysie faciale périphérique idiopathique

1.1 Définition clinique

La paralysie faciale périphérique est un déficit de la motricité oro-myo-faciale consécutive à une atteinte du nerf facial ou du noyau facial. De multiples étiologies sont répertoriées : idiopathique, tumorale, infectieuse, traumatique, otitiques ou issues d'affections neurologiques plus globales. La paralysie faciale périphérique idiopathique (PFPI) ou paralysie faciale de Bell (décrite par Charles Bell en 1821) est l'étiologie la plus fréquente et concerne environ 80% des paralysies faciales périphériques aiguës. En France, la prévalence de la PFPI est d'environ 20 pour 100 000 habitants par an (Gatignol & Lamas, 2004). Le sex-ratio est proche de 1. Il n'y a pas d'effet de latéralité : il existe autant de PFPI gauches que droites.

Contrairement à la paralysie faciale centrale, la paralysie faciale périphérique est complète : elle touche la partie inférieure et supérieure du visage (Figure 27). L'atteinte motrice est homolatérale, elle résulte d'une lésion sur le trajet de la VII^{ème} paire crânienne. La motricité faciale volontaire, automatique et émotionnelle est impactée.

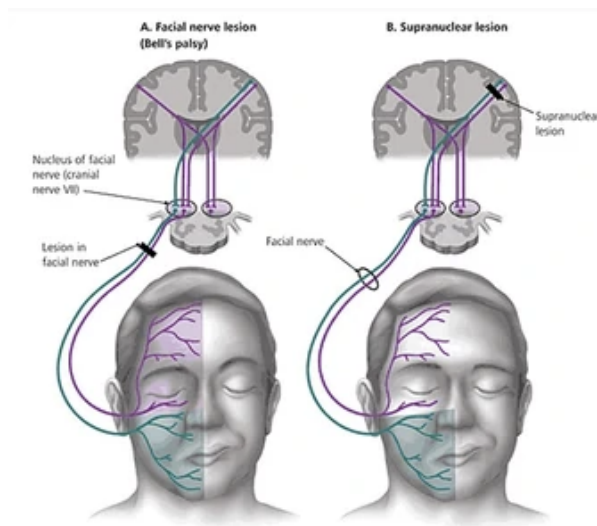


FIGURE 27 – Mécanisme lésionnel de la paralysie faciale périphérique (A) et centrale (B).

La PFPI se caractérise par une apparition brutale, qui peut évoluer pendant 48 heures suivant l’installation des premiers symptômes. L’atteinte motrice est unilatérale et concerne l’ensemble des branches du nerf facial. L’atteinte est isolée ; le reste de l’examen neurologique est normal.

La classification de House et Brackmann permet de grader la sévérité d’une PFPI (House & Brackmann, 1985) entre Grade I, fonction faciale normale, et Grade VI, paralysie faciale complète. Les patients de grade III présentent des séquelles spastiques et syncinétiques (Tableau 3).

	Grade	Définition
I	Fonction faciale normale	Pas de paralysie faciale
II	Dysfonction légère	Asymétrie discrète lors de la mimique ; Fermeture palpébrale complète.
III	Dysfonction modérée	Symétrie au repos Asymétrie évidente ne défigurant pas le patient lors de la mimique ; Faiblesse légère ou modérée labiale, frontale ; Fermeture palpébrale possible avec effort ; Présence de séquelles : spasme et/ou syncinésie.
IV	Dysfonction modérée à sévère	Symétrie au repos ; Asymétrie évidente défigurant le patient lors de la mimique ; Absence de mouvements frontaux, asymétrie labiale ; Fermeture palpébrale incomplète avec effort ; Spasme et/ou syncinésies sévères.
V	Dysfonction sévère	Asymétrie au repos ; Mouvements à peine perceptibles.
VI	Paralysie faciale complète	Contraction impossible

TABLEAU 3 – Classification de House & Brackmann (House, 1985)

1.2 Troubles associés

Des otalgies, des douleurs rétro-auriculaires, des céphalées, des paresthésies faciales voire de la fièvre peuvent accompagner l’apparition de la paralysie faciale. Étant donné les multiples fonctions du nerf facial, des déficits fonctionnels, plus ou moins persistants, peuvent survenir. Il est possible de relever en phase initiale les atteintes suivantes (Gatignol & Lamas, 2004) :

- Un tarissement des sécrétions salivaires et lacrymales.
- Des troubles sensoriels : hyperacousie douloureuse (par abolition du réflexe stapédien) et dysgueusie des deux tiers antérieurs de l’hémi-langue homolatérale.

- Un trouble sensitif : hypoesthésie de la zone de Ramsay-Hunt, à l'entrée du conduit auditif externe, et de la conque.
- Une perturbation de la phase orale la déglutition liée à l'hypotonie jugale, favorisant les stases dans le sillon gingivo-jugal du côté homolatéral.
- Un trouble articulaire, notamment lors de la prononciation des phonèmes bilabiaux ; il n'entrave toutefois pas l'intelligibilité du patient.

La paralysie faciale n'engendre pas de pronostic vital. L'enjeu médical réside véritablement dans le recouvrement d'une fermeture palpébrale complète sans effort. En effet, la sécheresse oculaire, associée à la diminution du clignement palpébral, constitue un risque d'évolution vers une kératite ou une ulcération de la cornée.

1.3 Physiopathologie

1.3.1 Étiologies

La physiopathologie n'est pas encore parfaitement déterminée. Des hypothèses virales et auto-immunes sont avancées (Zhang et al., 2020).

1. Hypothèse virale. Dans la majorité des cas, l'origine virale de la PFPI est fortement suspectée : il s'agirait de la réactivation du virus de l'herpès simplex (HSV) de type 1 (McCormick, 1972). La réactivation virale se situerait dans le ganglion géniculé et provoquerait une névrite faciale. L'HSV infecterait les cellules de Schwann, générant une démyélinisation et une inflammation du nerf. Un œdème du nerf facial au sein de son canal osseux intrapétreux serait induit par l'inflammation et participerait à la compression du nerf. Un engrenage s'établirait puisque l'œdème entraînerait la compression, qui induirait une ischémie. L'ischémie favoriserait en retour la compression.

Il existerait une plus forte prévalence d'anticorps anti-HSV chez les patients PFPI que dans la population générale (Nakamura & Yanagihara, 1988) mais la relation de cause à effet entre l'apparition de la PFPI et le taux d'anticorps reste encore à démontrer (Linder, Bossart & Bodmer, 2005). Lors d'autopsie de sujets contrôles (n=14), 86% des individus présentaient des traces d'HSV-1 dans le ganglion géniculé (Linder, Bossart & Bodmer,

2005). De plus, les biopsies de l'orbiculaire des lèvres ne révèlent pas d'ADN viral HSV-1 au niveau musculaire (Linder, Bossart & Bodmer, 2005). La détection d'ADN HSV n'explique ni la symptomatologie, ni la récupération de la PFPI (Ordonez et al., 2020).

2. Mécanismes auto-immuns. Une diminution des cellules T totales (CD3) et de cellules T auxiliaires/inductrices (CD4) a également été observée dans la phase aiguë de la maladie. Une réduction notable des pourcentages de lymphocytes T du sang périphérique et une augmentation du pourcentage de lymphocytes B ont été constatées dans les 24 premiers jours de l'apparition clinique de la PFPI. Ces résultats indiquent l'implication des mécanismes immunitaires dans la physiopathologie de la PFPI (Zhang et al., 2019).

1.3.2 Comorbidités

Bien que le diagnostic d'une PFPI soit différentiel, de nombreuses comorbidités sont observées en clinique et dans la littérature scientifique. Il est retrouvé une association entre diabète et PFPI, dans la mesure où la prévalence de patients diabétiques est plus élevée chez les patients PFPI que la population générale. Toutefois, le pronostic de la PFPI chez les diabétiques ne semble pas différer de celui des patients non diabétiques (Riga, Kefalidis & Danielides, 2012).

Les récurrences de PFPI peuvent être ipsilatérales ou controlatérales (paralysie faciale dite à bascule). Le risque de récurrence après une première PFPI s'élève à 6,5%. La récupération s'avère de moins bon pronostic pour les PFPI récurrentes (Dong et al., 2019).

1.3.3 Cas particulier : la paralysie faciale durant la grossesse

Les femmes enceintes ont 3,3 fois plus de risque de présenter une PFPI. Les patientes sont principalement touchées lors du 3^{ème} trimestre ou en post-partum. Des mécanismes hormonaux, viraux, immunologiques et surtout tensionnels sont évoqués. Les PFPI au cours de la grossesse sont significativement plus sévères et présentent un moins bon pronostic de récupération (Phillips et al., 2017). La prise en charge pluridisciplinaire est nécessaire, non seulement pour prévenir les séquelles mais aussi pour préserver la communication au sein de la dyade mère-enfant.

1.3.4 Histopathologie

Seddon définit trois types de lésions élémentaires (Figure 28). **La neurapraxie** consiste en une difficulté de la conductibilité axonale. Il n'y a pas de lésion du tube neural. **L'axonotmésis** entraîne une dégénérescence du tube endoneural. Elle est caractérisée par l'arrêt de la continuité axonale avec arrêt de la conduction, jusqu'à ce que la régénération se produise. **La neurotmésis** est une section physiologique du nerf avec arrêt de la conduction, ce qui impose une révision chirurgicale.

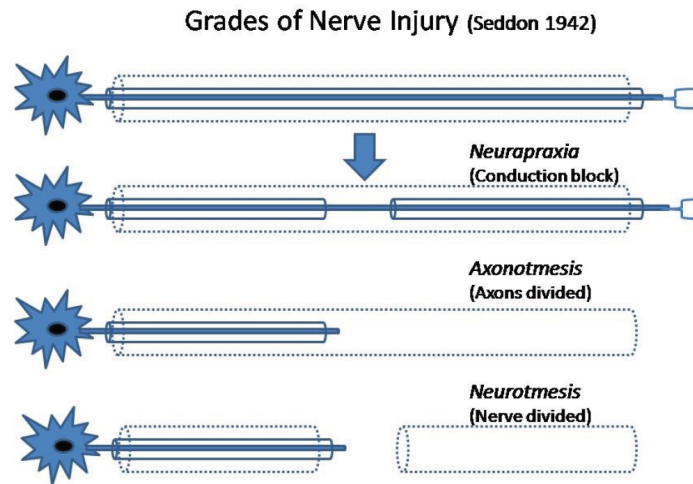


FIGURE 28 – Classification histopathologique de l'atteinte nerveuse (Seddon, 1942)

2 Conséquences motrices

À partir d'une cohorte de 2500 patients, Peitersen (2002) constate que près de 70% des patients récupèrent une fonction faciale normale, dont 85% dans les 3 premières semaines. 30% des patients évoluent cependant vers un spasme hémifacial post-paralytique. Pour la moitié d'entre eux, les séquelles deviennent sévères sur le plan clinique avec des syncinésies invalidantes et définitives.

2.1 Phase aiguë

L'examen clinique relève au repos une asymétrie de la face, marquée par des modifications sévères du côté paralysé :

- Une disparition des rides frontales, un sourcil abaissé,
- Un élargissement de la fente palpébrale pouvant laisser apparaître la sclère,
- Un possible évernement de la paupière inférieure avec ectropion,
- Un effacement du sillon naso-génien
- Une obstruction nasale unilatérale par décompensation d'un syndrome de valve
- Une chute de la commissure labiale.

En mouvement, la joue est flasque du côté paralysé, ce qui augmente considérablement l'asymétrie. Le déficit moteur ne permet pas une expressivité au niveau des sourcils, une fermeture de l'oeil complète, une perméabilité labiale au moment de gonfler les joues et une élévation de la commissure labiale.

On relève le signe de Charles Bell dans 75% des cas. Il s'agit d'une inoclusion palpébrale ispilatérale rendant visible l'évernement naturel du globe oculaire. Ce signe est pathognomonique de la paralysie faciale périphérique.

Au décours de la récupération, deux signes peuvent être observés :

- Le signe de Collet : la paupière du côté paralysé se ferme avec retard lors du clignement.
- Le signe de Souques : les cils apparaissent d'une manière plus marquée lors de l'occlusion palpébrale avec force.

2.2 Phase séquellaire

2.2.1 Spasme hémifacial et syncinésies

En cas d'atteinte initiale sévère, la repousse axonale est lente et favorise l'apparition des séquelles. Entre le 5^{ème} et le 10^{ème} mois suivant l'apparition de la PFPI, apparaissent deux types de séquelles : le spasme hémifacial et les syncinésies (Bylund et al., 2017).

Le spasme hémifacial est une co-contraction permanente et involontaire des fibres musculaires au repos liée à une récupération excessive, dépassant l'influx nerveux initial. L'hémispasme se manifeste progressivement par une contraction involontaire et irrégulière des muscles de l'hémiface paralysée. La force bilabiale, très nettement supérieure à la norme, caractérise la spasticité (Gatignol et al., 2011a). Des contractures musculaires sont repérées lors des massages faciaux spécifiques (Clapham et al., 2011).

Les syncinésies sont des contractions involontaires fortuites d'un groupe musculaire lors d'un mouvement volontaire. On observe fréquemment, une élévation involontaire de la commissure labiale lors de l'occlusion palpébrale (syncinésie oeil-bouche) ou encore une occlusion palpébrale involontaire lors de la protrusion des lèvres (syncinésie bouche-œil). Elles sont issues d'une repousse axonale anarchique, relative à un défaut de transmission éphaptique. Ces mouvements parasites limitent fonctionnellement les patients dans différentes activités telles que manger, boire, sourire ou parler. Elles figurent parmi les séquelles les plus fréquentes touchant 15 à 55% des patients suivant l'étiologie (Pourmomeny et al., 2014). Les syncinésies deviennent handicapantes pour le patient, d'autant plus qu'elles majorent les déformations esthétiques du visage.

2.2.2 Toxine botulique

La toxine botulique agit sur les plaques neuromusculaires et les faisceaux musculaires. Les injections de toxine botulique sont recommandées dans le traitement des paralysies faciales périphériques séquellaires. La visée de ces injections est fonctionnelle : il ne s'agit pas d'effacer des rides mais de redonner une souplesse musculaire et une meilleure mobilité faciale, en inhibant les co-contractions parasites et les contre-résistances musculaires. Ses effets sont bénéfiques dans le contrôle des syncinésies et améliorent la qualité de vie des patients (Neville et al., 2017; Fuzi et al., 2020). D'une durée d'efficacité de 2,6 à 4 mois, elles peuvent être renouvelées en fonction du besoin thérapeutique. Elles sont indiquées dans les 3 situations suivantes (Comité de Transparence Haute Autorité de Santé du 07 Novembre 2012) : a) la protection cornéenne par injection dans le releveur de la paupière supérieure, b) le traitement du spasme et des syncinésies et c) dans une moindre mesure, la symétrisation du visage par injection du côté sain.

2.3 Plasticité cérébrale

La plasticité cérébrale, après une lésion nerveuse se définit comme la capacité du cerveau à se réorganiser en créant de nouveaux réseaux neuronaux pour s'adapter aux changements (Song et al., 2017). Le feedback sensoriel joue un rôle majeur dans la plasticité cérébrale adaptative ou maladaptative, en induisant des réorganisations corticales (Kligner et al., 2016). Comparés aux sujets contrôles, les patients PFPI présentent une connectivité fonctionnelle diminuée des zones cérébrales responsables de l'intégration sensorimotrice telles que l'aire secondaire somatosensorielle, l'insula et le thalamus (Kligner et al., 2014). En 2017, Song et al., ont étudié la plasticité cérébrale fonctionnelle de 25 patients PFPI en phase aigüe (< 15 jours d'apparition de la PFPI) en les comparant à 25 sujets sains appariés en âge et sexe. Des différences significatives d'activités dans les cortex primaires moteur et somatosensoriel, au niveau des aires de représentation de la main et du visage, ont été mises en évidence (Song et al., 2017). Au cours de la récupération de la PFPI, une augmentation de la connectivité fonctionnelle du cortex cingulaire antérieur est également observée (Hu et al., 2015).

2.4 Expressivité faciale

La production et la transmission des émotions à travers la mobilité faciale est physiologiquement entravée. La plainte principale des patients paralysés faciaux concerne l'expression faciale de la joie à travers le sourire ((Pouwels, Luijmes & Ingels, 2016; VanSwearingen, Cohn & Ajaj-Luthra, 1999). La moitié des patients interrogés se jugent inefficaces dans la production d'une des six émotions primaires (Coulson et al., 2004). Le sentiment d'incapacité à exprimer la joie est fortement corrélé à la présence d'importantes syncinésies (Coulson et al., 2004). En effet, le caractère naturel et spontané du sourire est altéré par l'asymétrie spatiale et temporelle des lèvres à l'étirement d'une part, mais également par l'apparition de syncinésies modifiant la fermeture palpébrale (le marqueur de Duchenne), lors d'une récupération avec séquelles.

Lors d'une interaction sociale, le regard du sujet sain se dirige alors instinctivement sur les lèvres asymétriques du patient paralysé, modifiant ainsi le contact oculaire, élément fondamental de la communication (Ishii et al., 2018). Il est fréquent qu'un interlocuteur non averti

juge négativement les patients présentant une paralysie faciale périphérique. En effet, d'après l'étude d'Ishii et al. (2011), 73% des visages paralysés neutres et 69% des visages paralysés souriants étaient caractérisés par les termes suivants : "en colère", "dégoûté", "hostile", "apeuré" ou "fatigué". La contagion émotionnelle apparaît altérée dans la mesure où le récepteur perçoit des émotions négatives quand l'émetteur, qui présente une PFPI, souhaite exprimer une émotion positive de joie (Ishii et al., 2018 ; Dey et al., 2017). On observe alors un déficit de transmission des émotions positives chez ces patients. Un engrenage négatif s'instaure dans la communication (Dobel et al., 2013) : les conséquences deviennent une limitation des interactions, les patients se repliant sur eux-mêmes.

En 2012, Bogart et al., se sont intéressés aux comportements expressifs compensatoires des patients présentant une paralysie faciale périphérique. Ces données confirment le biais négatif ressenti par les récepteurs sur l'expressivité des patients, dont la paralysie faciale est sévère. Cependant, les résultats montrent que ces impressions s'améliorent quand les patients compensent leur défaut de mobilité faciale par une expressivité vocale et corporelle accrue. Ces résultats demeurent seulement indicatifs, puisqu'un des biais de l'étude consiste en la non-homogénéité des patients paralysés faciaux. En effet, Bogart et al., inclut sous le groupe "paralysie faciale périphérique acquise" des patients dont la paralysie faciale est idiopathique, tumorale ou traumatique (Bogart et al., 2012).

3 Conséquences respiratoires

3.1 Musculature faciale de la respiration

Charles Bell décrit le nerf facial comme "le nerf respiratoire du visage" (Bell, 1821). Selon Sasaki & Mann (1976), l'activité du muscle dilatateur des ailes du nez, *alae nasi*, illustre l'intégrité de la septième paire crânienne, quand la mobilité faciale volontaire ne peut être mise en évidence (en contexte de réanimation par exemple). Les interactions physiologiques entre le système respiratoire et la musculature faciale sont décrites à partir de l'activité de ces muscles alaires, qui varie en fonction de la résistance ventilatoire (Strohl, O'Cain & Slutsky, 1982 ; Kiens-tra et al., 2005)

Au moment de l'inspiration, la dépression négative de l'air dans les fosses nasales est appelée le syndrome de la valve nasale ou collapsus de la valve nasale. Physiologiquement, la valve nasale représente 1/3 de la résistance nasale totale. En conséquence, toute déformation de la valve nasale a un retentissement majeur sur la respiration nasale (Papon & Maalouf, 2013). Dans le cas d'une PFPI, la valve nasale peut être modifiée par absence de mobilité des muscles dilatateurs des narines mais aussi par des contractures musculaires séquellaires, entravant ainsi la régulation du flux aérien nasal (Lindsay et al., 2015). Les symptômes sont généralement aggravés par des malformations obstructives externes ou du septum nasal pré-existantes à la PFPI (May, West & Hinderer, 1977). En cas de difficultés respiratoires persistantes induites par le collapsus de la valve nasale, une correction de la base alaire à l'aide de fascia lata peut être préconisée, améliorant ainsi significativement la qualité de vie des patients (Lindsay et al., 2015)

3.2 Résistance des voies respiratoires

Chez des sujets contrôles, la tension du muscle frontal induit une augmentation de la résistance des voies respiratoires (Glaus & Kotses, 1983). Un réflexe neuronal est supposé : les informations sensorielles des muscles faciaux, conduites centralement le long des voies trigéminales, pourraient influencer l'activité vagale efférente. Pavese et al., (1994) ont rapporté deux cas de patients présentant un hémispasme séquellaire post-paralytique : des mouvements synchroniques anormaux entre les muscles faciaux et la respiration ont été observés. Les auteurs expliquent ce phénomène par des connexions fonctionnelles entre la formation réticulée du tronc cérébral, les neurones liés à la respiration et les motoneurones faciaux. Une étude utilisant l'électromyographie faciale sur 33 patients présentant une PFPI séquellaire suggère également une modification de la commande respiratoire induite par une excitabilité altérée du noyau facial, après une récupération nerveuse (Strengge, Benz & Weber, 1994)

4 Conséquences phonatoires

Le tonus pathologique de l'orbiculaire des lèvres (hypotonie aigüe ou hypertonie séquellaire) altère la prononciation des sons bilabiaux et l'arrondissement des phonèmes (Gatignol & Lamas, 2004 ; Robert et al., 2013). La paralysie faciale engendre alors un défaut de mobilité des résonateurs oro-labiaux.

4.1 Altérations articulatoires

Bien que la prononciation soit moins précise, les patients demeurent intelligibles. L'analyse du signal acoustique de la parole des patients PFPI révèle néanmoins leurs difficultés articulatoires. Mauclair et al., 2014 ont étudié la détection acoustique automatique des bursts de patients PFPI de différents grades (Figure 29) : le nombre de bursts détectés est significativement plus faible chez les patients hypotoniques de grade V et VI, comparativement aux sujets spastiques de grade III d'une part, et aux sujets contrôles de grade I d'autre part.

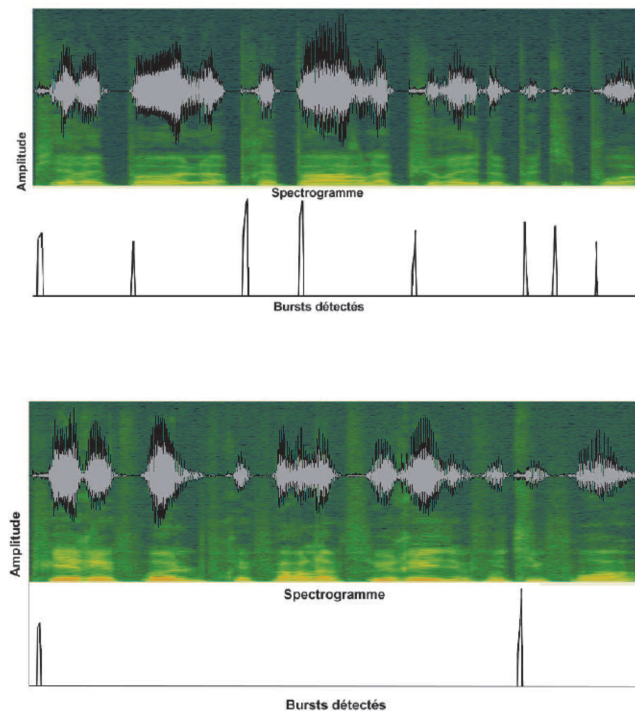


FIGURE 29 – Représentation acoustique des bursts détectés pour un sujet grade I (en haut) et un patient grade VI (en bas) prononçant : "Pierre et Paul préparent la purée de petits pois" (Mauclair et al., 2014)

Par ailleurs, l'étude des formants indique également les possibilités motrices des patients (pour rappel, F_1 : l'aperture buccale, F_2 : l'antériorité-postériorité linguale et F_3 : l'étiement des lèvres). Dans l'étude de caractérisation acoustique de la parole des patients PFPI (Mauclair et al., 2014), les voyelles /i, e, ε et a/ sont déplacées vers des valeurs de F_2 réduites, suggérant une réalisation significativement plus postérieure de ces phonèmes. De plus, une diminution significative des valeurs de F_3 est observée dans la réalisation du phonème /i/ chez les patients PFPI par rapport aux sujets contrôles. Ceci objective les difficultés pour les patients d'étirer leurs commissures labiales.

4.2 Prosodie émotionnelle

Au niveau suprasegmental, le débit de parole est également affecté par la PFPI. En effet, comme les patients présentant une PFPI sévère ne peuvent maintenir une perméabilité labiale, il leur est nécessaire d'effectuer des pauses pour vidanger les stases salivaires, qui s'accumulent dans le sillon gingivo-labial. La structure rythmique des énoncés est alors perturbée, dans la mesure où les patients multiplient les dysfluences, pour faciliter la déglutition volontaire de la salive. Ces difficultés se traduisent par une limitation des interactions et a fortiori par un retrait social (Robert et al., 2013).

5 Conséquences psycho-affectives

5.1 Répercussions psycho-sociales

Cumulant atteinte motrice et esthétique, les patients présentant une PFPI relatent très souvent de nombreuses difficultés psychosociales. Cet impact psychologique de la paralysie faciale est à prendre en compte lors de la prise en charge afin de proposer aux patients un soutien émotionnel et faciliter la résilience (Hamlet et al., 2018).

5.1.1 Qualité de vie

Les répercussions de la paralysie faciale périphérique sont multidimensionnelles et réduisent la qualité de vie des patients (Charters & Coulson, 2020). En effet, les patients ne peuvent mouvoir leur visage aisément de manière volontaire, automatique et émotionnelle. Les déficits sont également fonctionnels : les patients éprouvent des difficultés pour fermer les yeux, pallier les fuites salivaires et parler.

Sur une cohorte de 375 patients PFPI (Tavares-Brito et al., 2019), le facteur prédictif du score de qualité de vie le plus important correspondait au degré de sévérité de la paralysie faciale, mesuré dans cette étude par le E-Face (Banks et al., 2015).

Outre la qualité de vie, il est important de s'intéresser spécifiquement à l'auto-évaluation des séquelles tels que les syncinésies (Dusseldorp et al., 2018). Une faible corrélation entre la sévérité des syncinésies évaluée par l'expert et l'intensité de la syncinésie expérimentée par le patient est mise en évidence, expliquant ainsi qu'un patient avec une paralysie faciale complète ait un meilleur score de qualité de vie au FaCE qu'un patient ayant récupéré avec des syncinésies (Dusseldorp et al., 2018).

5.1.2 Anxiété et dépression

Une forte proportion de patients paralysés faciaux ont signalé des niveaux cliniquement significatifs d'anxiété et de dépression (Hotton et al., 2020). Les difficultés semblent généralement moins importantes chez les hommes que chez les femmes, pour qui l'atteinte esthétique est davantage facteur de dépression sévère. La sévérité objective de la paralysie faciale n'est pas associée à l'anxiété ou à la dépression. D'après la revue systématique d'Hotton et al., 2020, d'autres facteurs tels que les difficultés fonctionnelles, émotionnelles et sociales sont susceptibles d'expliquer le lien entre la sévérité de la paralysie faciale et bien-être psychosocial.

Dans une étude menée par Fu et al. (2011) auprès de patients paralysés faciaux de diverses étiologies, 31% des patients présentent des scores significativement élevés à l'échelle Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS). Cependant, ces résultats sont à nuancer puisque l'anxiété peut être expliquée par d'autres facteurs pour les patients présentant une paralysie faciale

d'origine tumorale. Dans leur étude sur quarante-huit patients présentant une PFPI ou une paralysie faciale tumorale, Van Swearingen et al. rapportent également des symptômes dépressifs chez 65% des paralyés faciaux, soit trois à cinq fois plus que dans la population générale. Si l'explication de ces troubles dépressifs est multifactorielle, l'incapacité d'effectuer un sourire symétrique serait un des facteurs essentiels de la dépression. La rétroaction faciale réduite, l'expérience physiologique et émotionnelle associée seraient restreintes.

Très récemment, les patients présentant une paralysie faciale périphérique ($n = 434$) ont rempli des questionnaires sur leur clarté émotionnelle, leur sécurité d'attachement, leur stigmatisation, leurs symptômes d'anxiété et de dépression (Bogart, 2020). Naturellement, les participants montraient plus d'anxiété, de dépression et de stigmatisation que la norme. Les régressions multiples montraient que la stigmatisation, les problèmes de clarté émotionnelle, le jeune âge, l'attachement insécurisant et l'apparition brutale de la paralysie faciale prédisposaient à l'anxiété et à la dépression. Ces résultats confirment que les patients PFPI sont davantage exposés aux troubles socio-émotionnels (Bogart, 2020).

5.1.3 Interactions sociales

C'est initialement le trouble moteur qui conduit à un trouble émotionnel et communicatif. La contagion de l'émotion, foncièrement mise en péril, suscite un engrenage communicatif négatif. Conscients de leur faculté réduite d'expression (Kim et al., 2018), les patients intègrent un feedback négatif de la part de leur interlocuteur, ce qui peut provoquer un repli sur soi ou une baisse d'estime de soi. Les patients mettent alors en place des stratégies d'évitement pour limiter la gêne sociale provoquée par la présence d'une paralysie faciale (Dobel et al., 2013). Les patients ont tendance à censurer leurs expressions faciales du côté sain afin de favoriser une symétrie du visage. De plus, ils dissimulent parfois leur hémiface paralysée en positionnant leur main devant le visage ou en inclinant la tête. Les modifications de posture et de contact oculaire témoignent également d'une attitude de mise en retrait. Par conséquent, leur appétence à communiquer tend à diminuer. Un sentiment d'isolement peut poindre et retentir sur la vie personnelle et socio-professionnelle (Pavese et al., 2020).

5.2 Socio-esthétisme

L'esthétisme occupe une place importante dans nos sociétés actuelles où l'apparence détermine les rencontres avec des nouvelles personnes et les jugements de personnalité. La socio-esthétique, considérée comme un soin de support, consiste à prodiguer des soins esthétiques à destination de patients présentant une atteinte physique, psychique ou en situation de détresse sociale. La socio-esthétique s'est développée en milieu hospitalier comme une pratique complémentaire aux soins médicamenteux. En oncologie, les soins de socio-esthétique participent à une réelle amélioration de la qualité de vie des patients (Saghatchian et al., 2018). Dans le cadre de la PFPI, des ateliers de socio-esthétique, plus ou moins associés à des injections de toxine botulique ou d'acide hyaluronique, contribueraient au bien-être esthétique des patients et à la reconquête de leur nouveau visage.

Un effet de la latéralité émotionnelle esthétique est étudié chez les patients PFPI. Des premiers résultats, qui restent à confirmer, indiquent que les paralysies faciales périphériques droites seraient jugées moins attractives que les gauches (Pouwels et al., 2014; Tieman et al., 2020). De plus, les répercussions sociales sont majorées chez les patients présentant une paralysie faciale droite (Ryu et al., 2016). L'hémiface gauche est décrite comme étant l'hémiface de prédilection lors de tâches de jugement social ou de classification émotionnelle. En effet, les expressions faciales de joie ou de colère qui commencent avec une légère asymétrie temporelle sur l'hémiface gauche sont jugées plus spontanées et sont mieux reconnues (Carr et al., 2014). D'après les études d'eye-tracking, les fixations oculaires de l'observateur sont également plus importantes sur l'hémiface gauche, même si les photographies sont présentées en effet miroir. Intuitivement, l'observateur aurait conscience que l'hémiface gauche est plus expressive (Borod, Haywood, & Koff, 1997).

5.3 Perception des émotions

5.3.1 Dépression

La littérature scientifique décrit de nombreux liens entre perception des expressions faciales et dépression. Les personnes présentant des symptômes dépressifs auraient tendance à évaluer des

expressions faciales positives, neutres ou ambiguës plus négativement par rapport aux groupes contrôles (Bourke et al., 2010). Un biais perceptif est mis en évidence puisque ces personnes dépressives sont plus attentives aux expressions tristes qu'aux expressions heureuses. Compte tenu d'une majoration des troubles dépressifs chez les patients paralysés faciaux, la dépression pourrait être un facteur favorisant un déficit de la perception des expressions faciales.

5.3.2 Déficit de rétroaction faciale

Selon le modèle de simulation sensori-motrice de la cognition incarnée, les émotions d'autrui sont reconnues en imitant subtilement leurs expressions, ce qui permet de ressentir l'émotion correspondante par le biais d'une rétroaction faciale. Les patients PFPI sont dans l'incapacité d'imiter en symétrie, sur l'ensemble du visage, les expressions faciales d'autrui. La rétroaction faciale est alors biaisée puisqu'une seule hémiface est capable de se mobiliser complètement.

La perception des émotions chez les patients présentant une paralysie faciale périphérique unilatérale a été peu investiguée (Bate et al., 2013; de Stefani et al., 2019). Une étude préliminaire décrit des difficultés de reconnaissance des émotions faciales chez les patients paralysés faciaux, mais les données restent suggestives (Konnerth et al., 2016). Dans une étude contrôlée avec 31 patients PFPI, des différences significatives de temps de réponse lors d'une tâche de reconnaissance des émotions ont été mises en évidence entre les patients et les sujets contrôles (Storbeck et al., 2019). Plus précisément, en phase aiguë (< 16 jours après l'apparition de la paralysie), les patients PFPI ne présentaient pas de difficultés pour reconnaître l'émotion mais leur temps de réponses étaient allongés. De plus, lors d'une seconde évaluation plusieurs semaines après, les temps de réponses des patients diminuaient, au fur et à mesure de leur récupération faciale. Plus récemment, l'étude en magnéto-encéphalographie de Kheirkhah et al., 2020 indique que les patients atteints de paralysie faciale pourraient avoir un traitement émotionnel cérébral anormal mais de fortes limitations méthodologiques subsistent dans l'étude (petite taille de l'échantillon, plusieurs étiologies de paralysie faciale, pas de population témoin correspondant à l'âge).

En 2016, l'équipe de Korb a étudié l'effet de latéralité de la paralysie faciale sur la perception émotionnelle auprès de 57 participants. Il est suggéré que les patients souffrant d'une paralysie faciale gauche pouvaient développer des troubles de la reconnaissance des émotions (Korb et al., 2016). Ces données soutiennent l'hypothèse d'une asymétrie anatomique du mimétisme facial en faveur de l'hémiface gauche. En ce sens, un patient dont l'hémiface gauche est paralysée serait plus à risque de présenter des troubles de perception émotionnelle, dans la mesure où la rétroaction faciale est particulièrement entravée.

Traumatisme visible et immédiat, la paralysie faciale affecte la mobilité faciale volontaire et émotionnelle, tant en phase aigüe qu'en phase séquellaire. La communication verbale et non-verbale est altérée, puisque l'expressivité vocale et faciale des patients PFPI est modifiée. Les répercussions de la PFPI sont multidimensionnelles (fonctionnelles et psychosociales), réduisant ainsi la qualité de vie des patients. Les émotions, versant expressif et perceptif, sont alors des enjeux de rééducation majeurs pour l'optimisation de la contagion émotionnelle. La question d'un déficit de rétroaction faciale dans la perception des émotions chez les patients PFPI reste à investiguer.

Chapitre 4 : Production et Perception des émotions

chez les patients paralysés faciaux

1 Problématique et Objectifs

1.1 Problématique générale

Nous avons vu dans le chapitre 3 les répercussions physiologiques respiratoires et cognitivo-comportementales phonatoires et faciales de la paralysie faciale périphérique idiopathique (PFPI). Impliquant non seulement la motricité volontaire mais également la motricité émotionnelle spontanée, la PFPI impacte la qualité de vie des patients et génère d'importantes difficultés psychosociales (Hotton et al., 2020). En phase aigüe comme séquellaire, la plainte principale des patients atteints de PFPI concerne l'expression de la joie (Pouwels, Luijmes & Ingels, 2016). L'amplification des symptômes dépressifs des patients PFPI s'explique par l'incapacité de produire un sourire symétrique (VanSwearingen, Cohn & Bajaj-Luthra, 1999) et l'altération consécutive de la rétroaction faciale (Wood et al., 2016).

Cliniquement, les patients rapportent des difficultés de communication verbale et non verbale (Kim et al., 2018). Transmettre leurs émotions avec leur visage asymétrique devient délicat, altérant ainsi la qualité de leurs interactions sociales (Coulson et al., 2004 ; Pavese et al., 2020). Dans le cadre de la contagion émotionnelle, nous nous sommes interrogés sur la production et la perception émotionnelle des patients PFPI. Puisqu'il n'existe pas de "gold standard" dans les mesures de l'activité émotionnelle (Mauss & Robinson, 2009), nous avons choisi de nous intéresser plus particulièrement aux **marqueurs physiologiques respiratoires** et aux **marqueurs cognitivo-comportementaux phonatoires et faciaux**. En effet, lors d'une situation de communication, les fonctionnements des appareils respiratoires, phonatoires et articulatoires sont modifiés par les changements cognitifs, autonomes et somatiques, associés à la réaction émotionnelle.

Plus précisément, nous nous sommes demandés si l'altération de l'expressivité faciale émoussait l'activité émotionnelle à travers :

- La modification temporelle des cycles respiratoires (*Étude 1*),
- La production et la perception de la prosodie émotionnelle (*Étude 2*),
- Et la perception des expressions faciales émotionnelles (*Étude 3*).

1.2 Objectifs

1.2.1 Objectif principal

L'objectif principal de ce travail de thèse consistait à identifier un ou plusieurs marqueurs de la PFPI lors de la contagion émotionnelle. Compte tenu des implications respiratoires, phonatoires et faciales intriquées lors de la contagion d'une émotion, nous avons mesuré, chez les patients PFPI, leurs impacts sur l'expressivité faciale par :

- La modification des temps inspiratoires et expiratoires (fréquence respiratoire),
- La fréquence fondamentale, la durée et l'intensité de la phonation émotionnelle,
- La perception des expressions émotionnelles faciales et prosodiques.

1.2.2 Objectifs secondaires

Dans une optique de cognition incarnée, les objectifs secondaires consistaient en la mise en évidence de la supra-modalité du traitement des émotions, en corrélant l'expressivité faciale et la prosodie émotionnelle, versants production et perception. Pour cela, nous avons validé de deux nouveaux outils d'évaluation :

1. Évaluation de la production motrice : Motricité bucco-linguo-faciale (MBLF)
2. Perception des émotions faciales : Emotest-VA et Emotest-VB

1.2.3 Modélisation de la contagion émotionnelle

À partir de l'évaluation physiologique et cognitivo-comportementale des émotions, nous visions l'élaboration d'un modèle de contagion émotionnelle appliqué à la PFPI, selon le modèle de contagion émotionnelle de Prochazkova & Kret (2017). Celui-ci allie aussi bien la production émotionnelle d'un individu (arousal et expressivité multimodale) que la perception des émotions d'autrui. En cas d'altérations de la contagion émotionnelle, différents leviers possibles à mettre en place sont discutés, pour optimiser les interactions sociales des patients PFPI et leurs prises en soins.

Nous décrivons dans la section 2, la méthodologie commune aux trois études. Dans l'analyse clinique de l'expressivité faciale, sont insérés les articles relatifs aux validations des outils MBLF et Emotest, respectivement l'évaluation de la production et de la perception faciale.

Ce travail est organisé autour d'une étude des marqueurs physiologiques respiratoires (Étude 1) et des marqueurs cognitivo-comportementaux phonatoires (Étude 2) et faciaux (Étude 3) :

- Étude 1 : Emotional respiratory markers of Bell's Palsy
- Étude 2 : Auditory smile : expression and perception in patients with Bell's palsy
- Étude 3 : Effects of smile impairment and anxiety in emotion perception

2 Méthodes expérimentales

L'étude était exploratoire, prospective, ouverte et monocentrique. Le protocole expérimental proposé ne modifiait pas la prise en charge médicale et rééducative des patients. Il comprenait :

- La réalisation d'actes, qui dans le cadre de la prise en soins, sont pratiqués de manière habituelle (NGAP, AMO 34 : bilan des fonctions oro-myo-faciales et de l'oralité).
- Des techniques de collecte de données, au moyen de capteurs utilisés en pratique courante.

2.1 Patients

Les patients ont été recrutés dans le service ORL de la Pitié-Salpêtrière où ils bénéficiaient tous d'une prise en charge médicale et paramédicale. Soixante patients présentant une PFPI ont alors été inclus. Ils ont tous participé aux trois études composant ce travail de thèse. La cohorte se constituait de 30 hommes et 30 femmes, âgés de 24 à 70 ans, (moyenne=55, médiane=56). Les grades de sévérité de la PFPI s'échelonnaient du grade V (paralysie faciale sévère) au grade III (paralysie faciale ayant récupéré avec des séquelles). Trois groupes de vingt patients ont été formés avec 10 hommes et 10 femmes dans chaque groupe (Tableau 4). 29 patients présentaient une PFPI droite, 31 patients une PFPI gauche. La durée de la PFPI variait de moins d'un mois à 311mois (moyenne=22, médiane=11).

Dans le chapitre 2, nous avons décrit les influences de la toxine botulique dans les mécanismes de la contagion émotionnelle. Nous avons alors sciemment recruté 40 patients de grade III, dont la moitié avaient bénéficié d'injections de toxine botulique dans le cadre de la prise en charge de leurs séquelles spastiques et syncinétiques.

Grade de sévérité	Toxine Botulique	N	Durée de la PFPI en mois Moyenne (écart-type)
> III	✗	10 hommes, 10 femmes	3,25 (2,88)
III	✗	10 hommes, 10 femmes	13,45 (14,85)
III	✓	10 hommes, 10 femmes	50,85 (69,50)

TABLEAU 4 – Description de la cohorte des patients PFPI

2.1.1 Critères d'inclusion et de non-inclusion

Les patients inclus étaient tous majeurs et affiliés au système de sécurité sociale. Ils présentaient une PFPI unilatérale diagnostiquée Grade III minimum. Le diagnostic de PFPI a été effectué par un médecin ORL du service. Les patients étaient de langue française maternelle, leur permettant de maîtriser les consignes orales et écrites du protocole de recherche.

N'ont pas été inclus les patients présentant un trouble sensoriel non corrigé. En routine clinique, un audiogramme était effectué pour chaque patient PFPI nous permettant ainsi de contrôler la présence d'une surdité de transmission ou de perception. Les patients de la cohorte ne bénéficiaient pas d'appareillages auditifs. S'ils avaient des difficultés visuelles, ils devaient porter leurs corrections (lunettes ou lentilles) pendant le protocole expérimental. Ils ne devaient présenter ni de diplégie faciale, ni de récurrences de paralysie faciale (homolatérale ou à bascule). Les patients ayant bénéficié d'une chirurgie de réhabilitation de la face paralysée ou d'une greffe faciale n'ont pas été inclus dans l'étude. Par ailleurs, tout antécédent de trouble neurologique central, respiratoire, phonatoire ou psychiatrique ne permettait pas l'inclusion. Le dossier médical du patient était vérifié en ce sens avant l'inclusion.

Le protocole débutait par des mesures respiratoires à l'aide d'un spiromètre pour vérifier les capacités respiratoires du patient. Le volume expiratoire maximal en L/s (VEMS), la capacité vitale (CV) en L, l'indice de Tiffeneau (le rapport VEMS/CV) et le débit expiratoire de pointe en L/s (DEP) ont été mesurés. Si les résultats figuraient dans la norme et que les patients ne présentaient pas de syndrome respiratoire obstructif, le protocole d'évaluation pouvait commencer. Tout patient avec des scores pathologiques au spiromètre était exclu. Dans ce travail de thèse, aucun patient n'a été exclu.

2.1.2 Aspects éthiques

Après un délai d'au moins une semaine après avoir lu la notice d'information, les patients ont signé un consentement écrit pour participer à la recherche ainsi qu'un consentement éclairé du droit d'utiliser leurs photos.

Ce travail de thèse a été mené conformément à la déclaration d’Helsinki et a suivi les directives du comité de protection de personnes (CPP n.2018T2-09; ID-RCB : 2018-A01043-52) pour la recherche interventionnelle à risques & contraintes minimales (catégorie 2 Loi Jardé). La recherche a également été enregistrée auprès des Clinical Trials (référence NCT03619720). La participation à la recherche n’engendrait aucun risque. Aucun évènement indésirable n’est survenu.

2.2 Acquisition des données cliniques

L’anamnèse, l’évaluation de la motricité faciale et la prise de photographies font partie intégrante du bilan orthophonique habituel d’un patient présentant une PFPI. L’originalité de l’étude consistait à recueillir des données physiologiques respiratoires, cognitivo-comportementales phonatoires et faciales. La figure 30 indique les différentes étapes du protocole expérimental. Le protocole entier durait environ 1h15. Après les modalités d’inclusion, des questionnaires psychologiques étaient proposés aux patients pour contrôler leur anxiété et leur affectivité. Par la suite, la respiration était enregistrée en parallèle des données phonatoires et faciales.

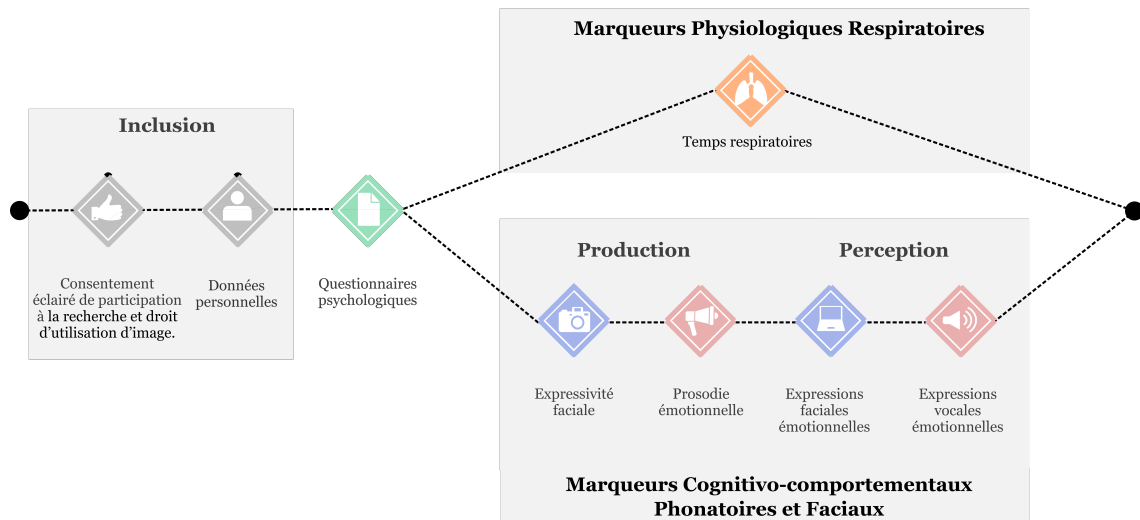


FIGURE 30 – Schéma expérimental de l’étude

2.2.1 Données personnelles

À partir du dossier médical du patient, les données personnelles suivantes ont été recueillies :

- Date d'apparition de la PFPI ;
- Délai entre l'apparition de la PFPI et l'inclusion (en mois) ;
- Latéralité de la paralysie faciale ;
- Âge au moment de l'inclusion ;
- Taille (en mètres), pour pouvoir calibrer le spiromètre ;
- Délai entre la dernière injection de toxine botulique et l'inclusion (en mois).

Le niveau d'étude (\leq Bac., \leq Bac+3, $>$ Bac+3) a également été demandé afin de comparer les patients à la norme, pour les tests de perception émotionnelle vocale (Protocole MEC) et faciale (Emotest-VA).

2.2.2 Questionnaires psychologiques

Les patients débutaient le protocole en remplissant le questionnaire d'auto-évaluation Positive and Negative Affect Schedule (Caci & Bayle, 2007). Ce questionnaire est composé de vingt adjectifs. Pour chaque adjectif, les patients devaient répondre et indiquer leur ressenti à partir d'une échelle de Lickert, dont les réponses étaient : "Très peu ou pas du tout", "Parfois ou un peu", "De temps en temps ou modérément", "Souvent ou beaucoup" ou "Très souvent ou tout à fait". Deux sous-scores sur /50 étaient ainsi obtenus et définissaient leur affectivité positive (PANAS+) et négative (PANAS-).

Les patients ont également rempli un questionnaire d'auto-évaluation intitulé State-Trait Anxiety Inventory (STAI), qui comprenait 20 items pour évaluer l'anxiété d'état (réponse émotionnelle à une situation menaçante sur le plan personnel) et 20 items pour l'anxiété de trait (Spielberger et al., 1983). Le trait anxieux traduit la tendance à répondre par l'anxiété d'état, dans l'anticipation de situations menaçantes. Pour chaque énoncé, ils devaient également indiquer comment ils se sentaient à l'aide d'un choix multiple : "Pas du tout", "Un peu", "Modérément", ou "Beaucoup".

2.2.3 Marqueurs physiologiques respiratoires

Pendant l'ensemble du protocole, les patients étaient confortablement assis. Nous avons enregistré les changements de circonférence abdominale et thoracique pendant la respiration à l'aide de deux ceintures-transducteurs respiratoires (Figure 31. La première ceinture était positionnée en sous-axillaire pour mesurer la circonférence thoracique. La seconde se situait au niveau de l'ombilic, pour apprécier la circonférence abdominale. Nous avons choisi d'utiliser des instruments de mesure non invasifs (Oh et al., 2020) pour permettre une mimique faciale pendant l'Emotest-VA. En début de protocole, une grande inspiration et expiration étaient demandées aux patients pour vérifier le maintien des ceintures et leurs bons fonctionnements.



FIGURE 31 – Photographie du matériel expérimental.

1. Microphone YetiPro USB 2.0 Blue Design, 92kHz/24bit
2. Ceinture thoracique
3. Ceinture abdominale
4. LabChart 7.3.5, AD Instruments
5. Ordinateur centralisant les données

L'activité thoraco-abdominale des patients a été enregistrée durant l'ensemble du protocole. Les données respiratoires extraites concernaient uniquement la respiration au repos pendant 3 minutes (ligne de base) et pendant le test de perception des émotions faciales Emotest-VA, qui durait environ 7 minutes. Les mesures des temps inspiratoires et expiratoires ont été calculées avec la version 7.3.5 de LabChart (AD Instruments, Castle Hill, Australie). La fréquence respiratoire (FR), c'est-à-dire le nombre de cycles respiratoires par minute, a été calculée selon la formule $FR = 1/T_{Tot}$, avec T_{Tot} la durée moyenne d'un cycle respiratoire.

Un microphone YetiPro USB 2.0 Blue Design, 92kHz/24 bit positionné à 20 cm du patient, enregistrait l'ensemble du protocole. Les enregistrements audio avaient un double objectif :

1. Recueillis en parallèle du signal respiratoire, les signaux acoustiques permettaient de repérer sur les extractions de données LabChart les diverses étapes du protocole ;
2. Comme la phonation modifie la respiration (Traser et al., 2017), nous nous sommes ainsi assurés grâce à ces données audio qu'aucune parole n'ait été émise pendant l'enregistrement de la respiration au repos (ligne de base).

Les données respiratoires enregistrées pendant l'Emotest-VA ont également été reportées comme variation de la ligne de base en pourcentage. Par exemple, la fréquence respiratoire relative pendant l'Emotest était alors définie comme un rapport de variation de la fréquence respiratoire de repos.

2.2.4 Marqueurs cognitivo-comportementaux phonatoires et faciaux

Marqueurs phonatoires

Les enregistrements étaient effectués dans une même salle, au calme, pour tous les patients. Afin de calibrer le microphone, placé à 20cm du patient en position cardioïde, nous avons demandé aux patients de prononcer le son /a/ le plus longtemps possible à la hauteur (fréquence fondamentale F_0) qui leur était confortable. Pour pallier les hésitations liées au caractère nouveau de la tâche demandée, trois essais étaient proposés. Nous avons collecté lors du deuxième essai, la fréquence fondamentale F_0 et sa variabilité dans le temps (jitter). L'intensité de la production vocale était également mesurée lors d'une tâche de projection vocale progressive : le patient devait dire l'interjection "hého" (/eo/) à quatre intensités différentes : voix chuchotée, voix basse, voix normale, voix projetée.

a) Production des émotions vocales

La production de prosodie émotionnelle était une tâche issue du protocole Montréal d'Évaluation de la Communication MEC (Joanette et al., 2004). Ce protocole a été validé pour les adultes présentant un trouble acquis de la communication verbale. La tâche consistait à interpréter neuf phrases en fonction d'un contexte induit par l'examineur.

Trois phrases déclaratives ont été proposées aux patients avec trois intonations différentes (joie, tristesse ou colère). Nous nous sommes particulièrement intéressés aux émotions de joie pour les phrases suivantes :

- Phrase A : Mon mari / a brisé / mon vase.
- Phrase B : J'ai vu / mon médecin / aujourd'hui.
- Phrase C : J'ai reçu / une lettre / de mon père.

Chaque phrase est divisée en trois segments intonatifs (séparé par un / ci-dessus), que nous avons respectivement notés S1, S2 et S3. Pour chaque segment, nous avons mesuré les marqueurs acoustiques suivants à l'aide du logiciel Praat version 5.2.01 (Boersma & Weenink, 2010) :

- La fréquence fondamentale moyenne F_0 (en Hz),
- L'intensité moyenne (en dB),
- La durée (en seconde)
- Le coefficient de variation ΔF_0 défini par la formule ci-dessous, avec F_{S1} la fréquence fondamentale moyenne du premier segment prosodique, F_{S2} celle du deuxième segment, F_{S3} celle du troisième segment et F_S celle de la phrase entière. Plus ΔF_0 est élevé, plus la prosodie de la phrase est modulée.

$$\Delta F_0 = \left(\frac{\max(F_{S1}, F_{S2}, F_{S3}) - \min(F_{S1}, F_{S2}, F_{S3})}{F_S} \right)$$

- Le contour mélodique de la phrase : ascendant ou descendant. Le contour mélodique est ascendant lorsque $F_{S1} < F_{S3}$. Le contour mélodique est descendant lorsque $F_{S3} < F_{S1}$.

b) Perception des émotions vocales

La perception de la prosodie émotionnelle était également une tâche issue du protocole Montréal d'Évaluation de la Communication MEC (Joanette et al., 2004). Les patients ont écouté 12 phrases (4 phrases avec une intonation de joie, 4 phrases avec une intonation de colère et 4 phrases avec une intonation de tristesse). Après l'écoute de chaque phrase, ils indiquaient sur une feuille de réponse à choix multiples, s'ils avaient perçu de la joie, de la colère ou de la tristesse. 2 patients n'ont pu effectuer cette tâche en raison de problèmes techniques.

Marqueurs faciaux

a) Production des émotions faciales

La motricité faciale était évaluée en routine clinique à l'aide d'outils validés et standardisés.

Cinq outils ont été utilisés dans le protocole expérimental :

1. *La classification de House et Brackmann* permettait d'obtenir le grade de sévérité de la paralysie faciale entre le grade I et VI.
2. *Le Sunnybrook Facial Grading System (SFGS)*, développé par Ross et al., en 1996, évaluait cinq mouvements faciaux, la symétrie du visage au repos et la présence de syncinésies. Le score total composite évoluait entre 0 et 100. Un score maximal de 100 correspondait à une récupération totale de la motricité faciale sans aucune séquelle. Cette échelle est disponible en tableur informatique afin d'automatiser les calculs (Annexe 1).
3. *La Motricité Bucco-Linguo-Faciale (MBLF)* est un outil d'évaluation des fonctions oro-myo-faciales validé auprès d'une population contrôle et d'un échantillon de patients paralysés faciaux (Picard et al., 2020). L'article expliquant la validation et la standardisation de l'outil pour ce travail de thèse est joint ci-après. L'originalité de l'outil consistait non seulement à évaluer de nombreux mouvements (score total de 111 points) mais aussi de situer les capacités motrices des patients par rapport à une norme. Sur une échelle ordinale de 0 à 3, l'observateur cotait l'amplitude de mouvements spécifiques : trois mouvements du territoire supérieur du visage, neuf mouvements labiaux, dix mouvements manducateurs et jugaux et treize mouvements linguaux (Annexe 2).
4. Les prises de *photographies* et de vidéos sont essentielles dans la prise en charge des patients PFPI. En effet, elles permettent non seulement de mesurer objectivement les mouvements du visage lors du bilan mais également de fournir un feedback visuel sur les progrès du patients. A l'aide du programme informatisé MEEI FACE-gram (Bray et al., 2010), l'axe de Cupidon (symétrie du visage) a été modélisé. Nous avons déterminé en millimètres l'étirement horizontal des commissures labiales ainsi que l'élévation verticale et diagonale du sourire. L'angle d'élévation du sourire a également été calculé.

En soustrayant les mesures du côté paralysé à celles du côté sain, un degré d'asymétrie verticale ΔV , horizontale ΔH , diagonale ΔD et d'angle $\Delta \hat{A}$ ont alors été obtenus.

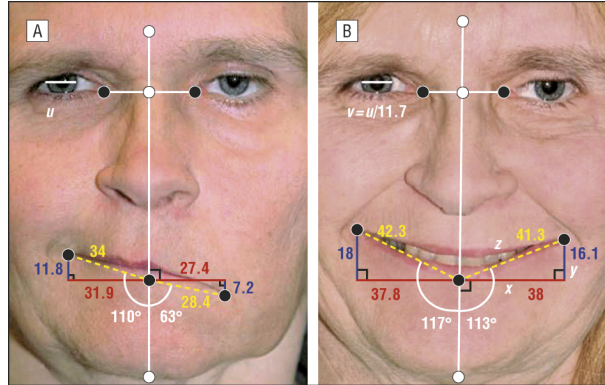


FIGURE 32 – Exemple de mesures du sourire (Bray et al., 2010). En bleu, l'élévation verticale; en rouge, l'étirement horizontal; en jaune l'élévation diagonale et en blanc, l'angle d'élévation du sourire

5. *La force bilabiale* mesurée à l'aide d'un dynamomètre et d'un bouton maintenu centré verticalement derrière les lèvres, permettait de caractériser le tonus global du patient. En effet, les scores du dynamomètre sont fortement corrélés aux données de l'électromyographie faciale (Gatignol et al., 2011a). Un score inférieur à 150g indiquait une paralysie faciale flasque tandis qu'un score supérieur à 350g traduisait un hémispasme post-paralytique. 19 patients présentaient une paralysie faciale flasque, 20 patients avaient un tonus normal, et 21 patients avaient développé un hémispasme séquellaire.



Oro-facial motor assessment: validation of the MBLF protocol in facial palsy

Diane Picard^{1,2} · Elodie Lannadere¹ · Estelle Robin³ · Rémi Hervochon¹ · Georges Lamas¹ · Frédéric Tankere¹ · Peggy Gatignol^{1,2}

Received: 23 March 2020 / Accepted: 17 June 2020
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

Abstract

Background Oro-facial myofunctional praxis assesses the muscular coordination and the degree of motor impairment of the lingual, mandibular and facial muscles necessary for articulation, mimicry and swallowing.

Purpose The objective of this study was to create and validate the MBLF protocol, a French oro-facial myofunctional assessment in order to quantify patient's impairment and to specify the motor and functional deficit for an adapted management.

Methods The MBLF was validated against the Sunnybrook Facial Grading System (criterion validity). The construct validity was tested by comparing healthy subjects ($n = 102$) from patients with facial palsy ($n = 60$). Internal and external consistency of face symmetry were reported. Normative data was provided.

Results There was a statistically significant correlation between the MBLF protocol and the Sunnybrook Facial Grading System [$F(59) = 310.51$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.843$]. Significant differences were observed in Student's t test between healthy volunteers and patients with facial palsy [$t(74.13) = 14,704$, $p < 0.001$, $r = 0.863$]. A significant effect of the severity grades of facial palsy on the MBLF_TOTAL scores was found [$F(158) = 268.469$, $p < 0.001$]. The more severe the facial palsy, the lower the motor scores were.

Conclusion This MBLF French validation provides a baseline for comparing and quantifying the performance of subjects. The MBLF protocol is valid for assessing facial symmetry in peripheral facial palsy. A prospective study is needed to validate its role in dynamic evaluation of facial palsy.

Keywords Oro-facial assessment · Validity · Facial palsy · Facial motor skills · Oro-facial myofunctional

Introduction

Oro-facial myofunctional disorder includes dysfunctions of the posture or the mobility of the face, lips, cheeks and jaws, and the tongue. It may involve isolated or combined disorders of facial motor skills, articulation and/or swallowing. The protocol of oro-facial myofunctional evaluation with scores (OMES) is validated in young and adult subjects. It is composed of an observation of the appearance and posture of the lips, mandible, cheek, tongue and palate [1]. Labial, lingual and mandibular mobility is rated on a 3-point scale, between 1 (severe inability) and 3 (normal and precise movement). The OMES protocol contributes to an overall evaluation of the motility and tone of the oro-facial muscles. However, assessment of facial action units with specific oral praxis is not provided by this protocol.

Oro-facial myofunctional assessment should be conducted in case of central and/or peripheral motor impairment.

Electronic supplementary material The online version of this article (<https://doi.org/10.1007/s00405-020-06150-0>) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Diane Picard
diane.picard@aphp.fr

¹ Service d'ORL, ENT Dpt Pr Tankéré, Hôpital Universitaire Pitié-Salpêtrière, AP-HP, 47-83 Bd de l'Hôpital, 75651 Paris Cedex 13, France

² Sorbonne Université, INSERM, UMRS1158 Neurophysiologie Respiratoire Expérimentale et Clinique, Paris, France

³ Service de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent, Hôpital Universitaire Pitié-Salpêtrière, AP-HP, Paris, France

Evaluation tools dedicated to the face, the tongue or combining both exist with their own scoring process. The House and Brackmann grading scale is considered as a gold standard in the United States and Europe. It provides a 6-grade scale of severity of facial palsy evaluating global facial movements and face symmetry at rest. Grade I corresponds to normal facial motility whereas grade VI corresponds to complete facial palsy [2]. In Japan, the Yanagihara-System scale is more widely used and analyzes 10 specific movements [3]. In order to assess more precisely the facial motor skills of patients with peripheral facial palsy, the Freyss muscle test is a French test which estimates the contraction of the facial muscles [4]. It does not take into account the symmetry of the face in movement or at rest. The Sunnybrook Facial Grading System evaluate 5 facial movements, symmetry at rest and the presence of synkinesis [5]. The final composite score is between 0 and 100, where 100 corresponds to full recovery of facial function. It is calculated by subtracting the symmetry and synkinesis scores from the dynamic score [6]. Using electromyography, the frontal muscle would be an indicator of poor recovery if its percentage of degenerated fibers is greater than 50%, 3–7 days after the onset of facial palsy [7]. Subjective scale should therefore evaluate the entire face. Recently, the eFACE, an American clinical tool, assesses the same items and graphically represents the results using 15 visual scales [8].

Taking photographs and videos remains essential during the follow-up of patients with peripheral facial palsy. Objective measurement of smile range provides chronological feedback on the patient's progress. The MEEI FACE-gram is a computerized program that can measure in millimeters the elevation of mouth corners, the philtrum deviation during smiling or the reduction of the lid opening during labial protrusion [9].

Facial symmetry is commonly a criterion of beauty. However, hemispheric dominance is reflected in the more prominent emotional expressiveness of the left hemi-face in right-handed subjects [10]. Furthermore, slight facial asymmetry is appreciated. Using photographic distortions in which a face is reconstructed from two identical hemifaces (left or right), the perfectly symmetrical face has a disconcerting and unattractive effect [10]. The aesthetic and dynamic properties of the smile are well-documented [11]. Duchenne de Boulogne separates the social smile from the voluntary smile in electrophysiological studies [12]. The contractions of the orbicularis oculi sign the social and emotional aspect of the smile. Recently, Niedenthal and her team describe three different smiles with their own physiological properties: the reward smile, the affiliation smile and the dominance smile. At the opposite of the symmetric reward smile, the dominance smile is asymmetric and requires a unilateral elevation of the upper lip [13]. In patients with facial palsy (FP), the inability to smile symmetrically affect

their quality of life and implies depressive symptoms [14]. According to Ishii et al. 73% of paralyzed faces at rest and 69% of smiling paralyzed faces are judged negatively. This feedback increases defensive and avoidance reactions in patients with FP [15].

Subjective measurement tools are essential to assess oro-facial functions in facial palsy. A relevant tool should assess the entire face at rest and in movement, be sensitive to change for follow-up, and be suitable for clinical assessment of the patient's quality of life [16]. To our knowledge, there is no validated and standardized French tool that determine a degree of facial symmetry and precisely assess facial, lingual and manducatory motor skills. We created the MBLF protocol (*Motricité Bucco-Linguo-Faciale* in French), an evaluation tool of oro-facial functions. The examiner express numerically on an ordinal scale his observations, so that subject comparison and follow-up monitoring could be conducted. The computerization of this protocol provides a simple and efficient scoring procedure: its duration is estimated at 10–15 min. It represents a low energy and attention cost for the patients.

In view of the need for a French valid instrument of oro-facial myofunctional assessment in adults with facial palsy, the objectives of this study were to standardize the MBLF protocol and to estimate its validity, sensitivity, specificity and consistency.

Methods

Subjects

Healthy volunteers

The normative study was conducted on 102 healthy subjects (53 women and 49 men). Recruitment was based on a voluntary basis and oral consent to participate in the research was given prior to the start of the protocol. The inclusion criteria were the following:

- Adult with a good understanding of the instructions in French,
- No facial deficit,
- Absence of botulinum toxin or hyaluronic acid using on the face.

Patients with facial palsy (FP)

The retrospective study involves the analysis of 60 medical files of patients with idiopathic peripheral FP (30 women and 30 men). The patients included in the study were treated in our ENT department. Patients with FP gave oral consent

of non-opposition to the processing of their medical data. The inclusion criteria were the following:

- Adults affiliated to the French social security system,
- Patients with idiopathic peripheral facial palsy of at least grade III with or without botulinum toxin,
- As part of their clinical routine, patients who have signed an informed consent to use their image.

The exclusion criteria for both groups were uncorrected sensory disturbances, central neurological history, facial transplant or facial surgery.

Material

For healthy volunteers as well as patients with FP, the MBLF protocol was carried out by two speech therapists, specialized in oro-facial myofunctional evaluation.

As a clinical routine procedure for patients with FP, the House and Brackmann grading scale, the Sunnybrook Facial Grading System and the MBLF protocol were completed in the same session by one of the speech therapist. Data was taken from their medical files.

The MBLF protocol

The MBLF protocol is used systematically in the ENT department to assess precisely facial motor skills (see Appendix). It is based on the studies from the CRENOPOS (Cellule de Recherche et d'Etudes Neurologiques, Orthophoniques, Psychologiques et Sociales) [17]. It is composed of an observation of facial symmetry at rest and during a smile. Then, comprehensive evaluation of facial motility from four areas (eye, cheeks and mandibles, lips and tongue) is conducted. For each of these areas, the subjects were asked to perform several praxis (between 3 and 13 items) in order to assess muscle tone in different contexts and to test separate muscle groups. A computerized version is published by Adeprio Edition [18]. This software tool provides a graphical interface to visualize clinical data collected. Through recovery, follow-up profile can be made by showing longitudinal scores from precise face territories. Oral or visual instructions with photographs can be set up for patients with difficulties of sensory integration. At the end of the test, a profile is printed displaying scores and standard deviations (see Appendix).

Scoring procedure

Scores are attributed using a 4-point scale: 0 = no contraction, impossibility to perform the requested movement, 1 = initiated movement, 2 = large but not sustained contraction, 3 = normal contraction. MBLF_Face sub-score is the

degree of asymmetry at rest and when smiling. The scoring is carried out as follows: 0 = complete asymmetry; 1 = moderate asymmetry; 2 = mild asymmetry; 3 = complete symmetry of the face. Five sub-scores and one total score are thus obtained by adding all items: MBLF_Face (out of 6 points), MBLF_Eye (out of 9 points), MBLF_Lips (out of 27 points), MBLF_Cheeks (out of 30 points), MBLF_Tongue (out of 39 points) and MBLF_TOTAL (out of 111 points).

Medical file of patients with FP

Assessment of oro-facial motor skills includes the following tests:

- The House and Brackmann grading scale [2], which is an assessment of the severity of peripheral FP. Grade I is a normal motility whereas grade VI corresponds to complete FP.
- The Sunnybrook Facial Grading System [5], an evaluation of facial movements, facial symmetry at rest and synkinesis.
- Smile measurements using the MEEI FACEgram software [8], which provides measures of range smile in vertical, diagonal and horizontal dimensions.

Patients who underwent botulinum toxin injection, were assessed before their injections. All three scales were registered in a single session by one of the speech therapist in the ENT department.

Analysis

Analysis of criterion validity of the MBLF protocol

To determine whether the MBLF protocol really measured the parameters for which it was designed for, concurrent validity is calculated. The Sunnybrook Facial Grading System is considered as the reference test. All patients with FP were evaluated with both tests in clinical routine.

Analysis of construct validity of the MBLF protocol

The construct validity of the MBLF protocol is tested (a) by comparing patients with FP ($n = 60$) to healthy volunteers ($n = 102$) with a statistical Student's t test; (b) by analyzing the ability of the MBLF protocol to distinguish several severity grades of the House and Brackmann grading scale with an ANOVA test. Z scores were calculated according to normative data by gender and age. Raw scores and Z scores were taken into account in this analysis. The pathological threshold for Z scores was set at -1.65 SD.

Analysis of sensitivity and specificity

Grades of House and Brackmann grading scale and the total score of the MBLF protocol (MBLF_TOTAL) are considered for the calculation of sensitivity and specificity through ROC curves (Receiver Operating Characteristic). We report area under the curve (AUC) scores. An excellent model has an AUC near to the 1 which means it has good measure of separability.

Internal and external reliability

To provide internal consistency, we asked the same speech therapists to rate the symmetry of the face (MBLF_Face) again using patient photos. To measure external consistency, a third speech therapist also blind-assessed the MBLF_FACE with patients photos. Cronbach's α was provided for both consistencies.

Statistical analyses

Statistical analyses were conducted with open source R software and JMP.10 [19]. Regression analyses between MBLF_TOTAL scores, Sunnybrook Facial Grading System composite scores (SFGS_TOTAL) and smile measurements were also carried out. More specifically, regression analyses were conducted between MBLF_Face and SFGS_Rest which is the score of symmetry at rest. We have combined the scores of the first two movement items of the SFGS into a total score SFGS_Eye. The last three movement items were aggregated into a total score SFGS_Lips. Then, scores of MBLF_Eye were compared to SFGS_Eye and scores of MBLF_Lips were compared to SFGS_Lips.

Pearson's correlations were estimated. One-factor ANOVAs were carried out to determine potential effect of age or severity grade of FP on MBLF scores. Student t-tests were performed to determine differences between men and women.

Results

Subjects

Healthy volunteers

Normative population was composed of healthy volunteers: 53 women and 49 men. The population was divided into six age groups:

- 20–29 (9 women and 7 men),
- 30–39 (10 women and 8 men),
- 40–49 (9 women and 9 men),

- 50–59 (9 women and 9 men),
- 60–69 (8 women and 8 men),
- Over 70 years old (8 women and 8 men).

Patients with FP

Sixty patients with FP were included in the study: 30 women and 30 men with House and Brackmann grades between III and V:

- *Grade III* 10 men and 10 women who did not receive botulinum toxin and 10 men and 10 women who received botulinum toxin as part of the treatment of the sequelae of FP.
- *Grade IV and V* 10 men and 10 women.

No grade II nor grade VI were included because of recruitment bias.

Normative study of the MBLF protocol

Gender effect

In the normative population, labial motility was significantly higher in women. Indeed, lip motility reached 99.37% in women and 97.58% in men [$t(63,72) = 2.439$, $p = 0.018$, $r = 0.292$].

Age effect

An age effect was found on the MBLF_TOTAL scores [$F(96) = 2.867$, $p = 0.019$]. Scores of subjects over 60 years old were significantly lower than scores of subjects between 30 and 59 years old.

Normative data

Normative data were reported according to the age and gender of healthy subjects (Table 1). Mean and standard deviations were provided not only for each sub-score but also for the MBLF_TOTAL score.

Criterion validity of the MBLF protocol

To test the internal validity of the tool, we found a positive correlation between the MBLF_TOTAL scores and the composite score of the Sunnybrook Facial Grading System (SFGS_TOTAL). The total scores of the two scales followed the same trajectory as shown in Fig. 1 [$F(59) = 310.51$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.843$]. More specifically, MBLF_Face and SFGS_Rest were negatively correlated [$F(59) = 23.78$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.291$]. Positive correlation were found between MBLF_Eye and SFGS_Eye

Table 1 Normative data of each sub-scores of the MBLF protocol and MBLF_TOTAL scores (mean and standard deviation SD)

Gender	Women						Men					
	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70+	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70+
Age	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
MBLF_Face	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.71 (0.76)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
MBLF_Eye	8.89 (0.33)	9.00	9.00	9.00	8.88 (0.35)	9.00	8.71 (0.76)	9.00	8.89 (0.33)	8.89 (0.33)	8.89 (0.33)	9.00
MBLF_Lips	27.00	26.90 (0.32)	26.89 (0.33)	26.67 (1.00)	27.00	26.50 (0.76)	26.14 (1.46)	26.75 (0.71)	26.44 (0.88)	26.78 (0.44)	25.75 (2.38)	26.13 (1.13)
MBLF_Cheeks	29.78 (0.67)	28.50 (2.12)	30.00	28.22 (3.96)	25.75 (5.28)	24.50 (5.10)	24.43 (7.02)	30.00	29.00 (2.00)	29.56 (0.88)	27.00 (4.66)	28.00 (2.88)
MBLF_Tongue	38.22 (0.44)	38.80 (0.63)	38.78 (0.44)	38.78 (0.67)	38.87 (0.35)	38.38 (1.77)	38.00 (0.58)	39.00	38.11 (2.32)	38.56 (1.01)	38.25 (1.16)	37.75 (2.76)
MBLF_TOTAL (%)	98.99 (0.54)	98.38 (2.20)	99.70 (0.45)	97.90 (3.71)	95.95 (4.67)	94.03 (5.34)	92.79 (7.36)	99.77 (0.64)	97.70 (4.42)	98.90 (1.33)	95.50 (5.64)	96.28 (4.85)

[$F(58) = 171.06, p < 0.001, R^2 = 0.750$] and between MBLF_Lips and SFGS_Lips [$F(58) = 237.94, p < 0.001, R^2 = 0.807$].

Furthermore, regression analyses indicated a positive correlation between the subjective rating of the MBLF_TOTAL score and the objective measures of smile. As the MBLF_TOTAL scores increases, paralyzed corner of the mouth rises vertically [$F(59) = 36.628, p < 0.001, R^2 = 0.387$], diagonally [$F(59) = 51.632, p < 0.001, R^2 = 0.471$] and horizontally [$F(59) = 34.763, p < 0.001, R^2 = 0.375$].

Construct validity of the MBLF protocol

The ability of the MBLF protocol to reflect normal and FP oro-facial functions was demonstrated by the significant differences observed in Student's *t* test between healthy volunteers and patients with FP [$t(74.13) = 14,704, p < 0.001, r = 0.863$]. Z scores ranged from -0.50 to -49.33 . According to the pathological threshold, 93% of patients had pathological scores in relation to their gender and age groups.

The MBLF protocol separated severity grades of FP. Indeed, significant effect between House and Brackmann grades and the MBLF_TOTAL scores were reported [$F(158) = 268.469, p < 0.001$] (Fig. 2). Using Z scores, severity grade effect was also observed on MBLF_TOTAL scores ($\chi^2 = 11.91, df = 2; p = 0.0026$).

For each sub-score, except for MBLF_Tongue sub-score, there is a significant effect of House and Brackmann grade on motor skills (Fig. 3). The more severe the facial palsy, the lower the scores are:

- MBLF_Face: $F(158) = 378.648, p < 0.001, R^2 = 0.878$;
- MBLF_Eye: $F(158) = 334.832, p < 0.001, R^2 = 0.864$;
- MBLF_Lips: $F(158) = 629.616, p < 0.001, R^2 = 0.923$;
- MBLF_Cheeks: $F(158) = 10.838, p < 0.001, R^2 = 0.283$;
- MBLF_Tongue: not significant.

Sensitivity, specificity and ROC curves

By analyzing the ROC curve of the MBLF_TOTAL score with severity grades of House and Brackmann grading scale (Fig. 4), areas under the curve confirmed the high sensitivity of the MBLF protocol: AUC (grade III) = 0.972; AUC (grade IV) = 0.990; AUC (grade V) = 0.996.

Internal and external validation

Intra-rater assessments of MBLF_Face using photos were highly reliable (Cronbach's $\alpha = 0.914$). Inter-rater reliability was also strong (Cronbach's $\alpha = 0.938$).

Fig. 1 Criterion validity of the MBLF protocol against Sunnybrook Facial Grading System (SFGS). Regression analysis of MBLF_TOTAL by SFGS_TOTAL (a), MBLF_Face by SFGS-Rest (b), MBLF-Eye by SFGS-Eye (c) and MBLF-Lips by SFGS-Lips (d)

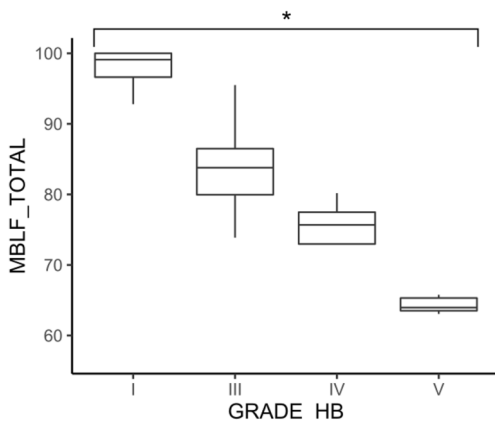
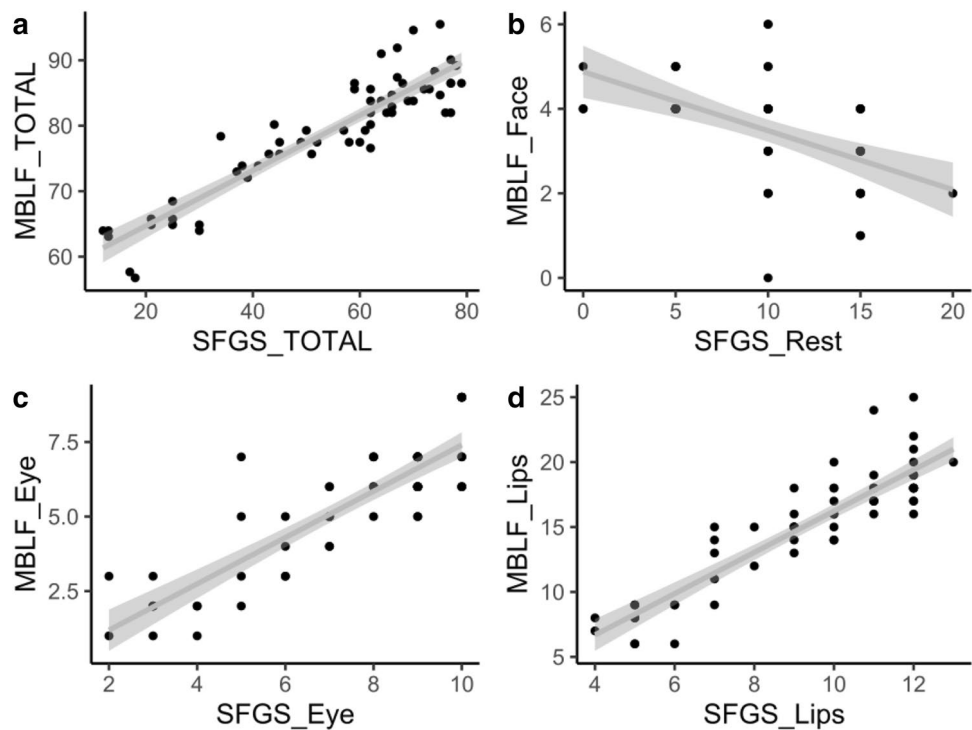


Fig. 2 Effect of severity House and Brackmann grade on MBLF_TOTAL scores. Significant differences were found between severity grades of House and Brackmann (HB) on MBLF_TOTAL. MBLF scores were converted into percentages

Discussion

The House and Brackmann grading scale assess global facial tone and motility in a 6-grade scale. It is considered as gold standard for facial palsy (FP) assessment in the United States and Europe [6, 9, 20].

According to Peitersen in 2002, 70% of patients with FP recover spontaneously within 6 months. The remaining 30% have sequelae such as synkinesis, contractures and

hemi-spasm [21, 22]. The severity of FP at the acute stage is a prognostic indicator of long-term recovery [20, 21]. Indeed, the recovery rate in patients with incomplete palsy is significantly better than in patients with complete palsy [20]. Furthermore, a grade between IV and VI at 1 month after the onset of FP is a poor prognostic factor [20]. It is therefore relevant to obtain a precise, standardized and quantified evaluation at the acute stage of the FP but also at the follow-up stage in order to assess the evolution of facial skills.

The Sunnybrook Facial Grading System developed by Ross et al. in 1996 is used as a prognostic factor for recovery [5, 6]. Bylund et al. reported that a composite SFGS_TOTAL score of less than 70% at 1 month from the onset of FP could predict a risk of non-recovery at 12 months [6]. Follow-up assessment up to 12 months is relevant to understand comprehensively the outcome of the sequel, as the severity of synkinesis may increase between 6 and 12 months [6]. Moreover, scores on the movements “smile with open mouth” and “soft eye closure” of the Sunnybrook Facial Grading System at 1 month are the best predictors of synkinesis at 12 months [6]. Thus, some areas of the face would have greater sensitivity than the others to predict recovery, which enhance our objective of a standardized tool with region-specific scores.

Banks et al. created an American tool named eFACE in 2015 [7]. It evaluates facial symmetry at rest and in motion as well as synkinesis. Fifteen visual scales compose this assessment tool. Each scale includes a score ranging from

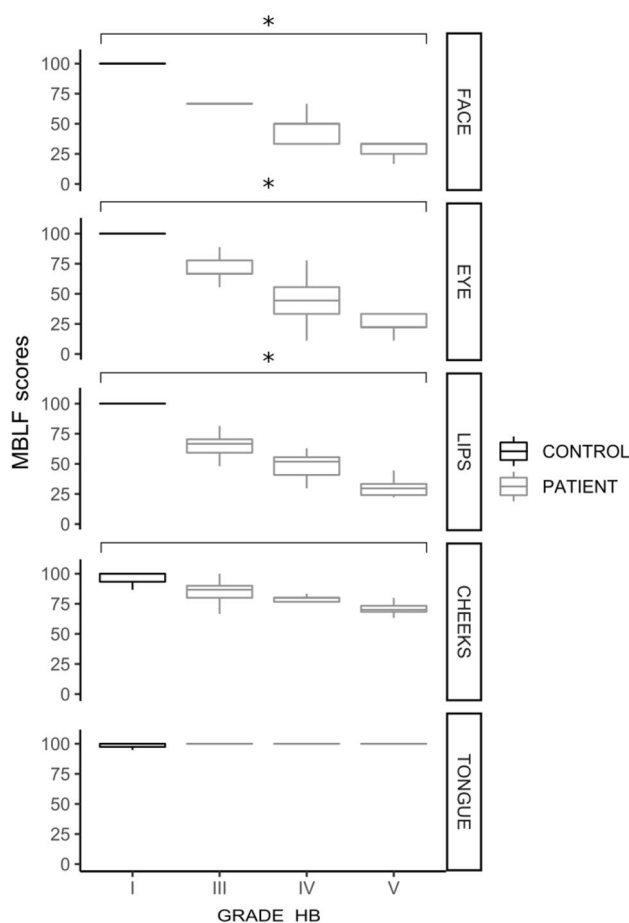


Fig. 3 Effect of severity House and Brackmann grade on MBLF sub-scores. Significant differences were found between severity grades of House and Brackmann (HB) on MBLF_Face, MBLF_Eye, MBLF_Lips and MBLF_Cheeks. MBLF scores were converted into percentages

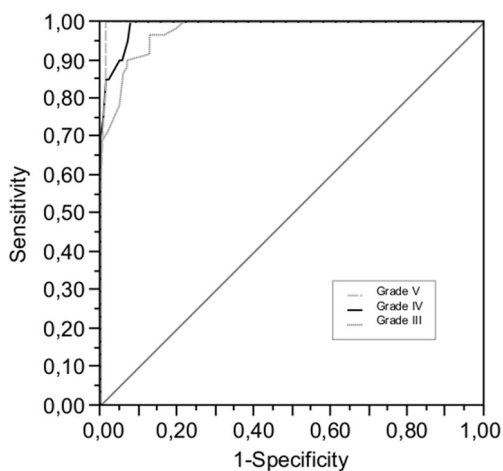


Fig. 4 ROC curves of MBLF_TOTAL and House and Brackmann severity grades

0 (total asymmetry, lack of movement or severe synkinesis) to 100 (normal functions, total symmetry or lack of synkinesis). Some items up to 200 in order to evaluate when the nerve recovers with too much force. Like the Sunnybrook Facial Grading System, the authors report high sensitivity of the eye and smile regions to predict recovery [7].

To our knowledge, there is no validated and standardized French tool that determines a degree of facial symmetry and precisely assess facial, lingual and manducatory motor skills. Thus, we created the MBLF protocol (*Motricité Bucco-Linguo-Faciale* in French) to assess oro-facial functions in healthy subjects and patients with FP. Baseline and follow-up evaluation can be reported on an ordinal scale in order to monitor numerically the evolution of FP. The objectives of this study were to standardize the MBLF protocol and to analyze its validity, sensitivity and specificity.

First, we provided normative data of the MBLF protocol according to age and gender of the healthy volunteers ($n = 102$). Age effect on the oro-facial motor skills was found in the normative data since MBLF_TOTAL scores were significantly lower for subjects over 60-years old. The tone of the cheek tends to decrease in elderly adults because of soft tissue aging or changes in the stomatognathic system [23]. Studies attest that facial asymmetry increases with age [24]. No significant differences are found in the MBLF_Face symmetry sub-score between age groups of the normative study.

An instrument for diagnostic measurement must be analyzed in terms of criterion and construct validity. The Sunnybrook Facial Grading System is used as the reference test in this study (SFGS). All patients with FP were evaluated with the MBLF protocol and the Sunnybrook Facial Grading System during a same session. Internal validity of the MBLF protocol is approved since a strong correlation was reported between both tests. MBLF_TOTAL scores and the composite score of the Sunnybrook Facial Grading System followed the same trajectory. Moreover, the sub-scores of the MBLF (MBLF_Rest, MBLF_Eye and MBLF_Lips) were each correlated with the sub-scores of the SFGS (SFGS_Rest, SFGS_Eye and SFGS_Lips).

Construct validity of the MBLF protocol was analyzed by comparing patients with FP to healthy volunteers. The MBLF protocol can differentiate normal facial motor skills and FP. We confirm construct validity by analyzing the effect of severity grades on MBLF_TOTAL scores. Indeed, both the raw scores and the Z score of MBLF_TOTAL were significantly different from one grade to another. The MBLF protocol is specific and can objectify the deficit from different face areas as show by the effect of the severity grade on MBLF_Face, MBLF_Eye, MBLF_Lips and MBLF_Cheeks. The MBLF protocol is an excellent model to determine severity of FP since Areas Under the Curves provided in ROC curves has good measure of separability. One of the limitations of our study is the non-inclusion of patients with

grade II and grade VI. Indeed, this is a retrospective study based on patients' medical files and photographs. It is rare for the speech therapists to assess patients in the very acute phase: the patients have already reached grade V at the time of assessment. On the other hand, patients with grade II, who are satisfied with their recovery, no longer came to the hospital for further rehabilitation. Assessments are then not easily available since grade II patients are usually lost to follow-up.

In this study, the MBLF protocol is used with patients at various stages of recovery. The MBLF_Face sub-scores, composing of two items (symmetry of the face at rest and in movement), differentiates healthy volunteers (grade I) from patients with severe FP of grade V. The scores of control subjects range from 4 to 6 points, while patients with grade V or higher have scores between 0 and 3 points. Retrospective reliability was measured with photos of patients available with their medical files. Pictures were taken into consideration only for validation of the static symmetry to avoid further bias. Although the retrospective design itself may bring some bias, strong internal consistency was found (Cronbach's $\alpha = 0.914$). Furthermore, blind inter-rater validation was also consistent (Cronbach's $\alpha = 0.938$). The MBLF protocol is valid for assessing facial symmetry in peripheral facial palsy. A prospective study would enable to measure the internal and external consistency of the tool on dynamic movements. In order to understand the severity of the impairment, it is necessary to assess both the symmetry of the face at rest and in movement and to quantify the motor skills of each facial region.

The MBLF protocol does not directly include facial synkinesis in the assessment. Indeed, it was created to evaluate oro-myo-facial functions in the context of various pathologies such as dysarthria, ataxia [25], sleep apnea, central or peripheral facial paralysis. Synkinesis were indirectly studied since they impaired the symmetry of the face (MBLF_Face) and limited the movements observed (MBLF_Eye, MBLF_Cheeks, MBLF_Lips) because of simultaneous involuntary contractions. In clinical routine, we qualitatively annotate on the scale the presence of synkinesis and their location.

Lingual motility is logically spared given its innervation by the hypoglossal nerve. The MBLF_Cheeks sub-score is significantly different between grades. Nevertheless, it is not the most decisive sub-score in the evaluation of FP. Indeed, this sub-score is composed of both facial muscle items and items associated with mandibular movements. In cases of complete facial palsy, rehabilitation techniques such as hypoglossal-facial anastomosis, temporal lengthening myoplasty or massetero-facial anastomosis may be proposed [26]. In these cases, it is necessary to measure lingual and masticatory motor skills prior to the operation and during follow-up [26].

From an embodied perspective, this new tool also provide to quantify precisely facial motor skills in order to better understand the subjective feelings of the subject and emotional, cognitive and physiological reactions. Indeed, in a communication situation, the subject's emotional contagion and physiological responses evolve according to the type of smile observed in others [13].

Conclusion

Based on the present results, the MBLF protocol is valid for the assessment of facial symmetry in adult subjects. It differentiates healthy volunteers from patients with facial palsy. It separates severity grades of facial palsy. A prospective study is needed to validate its role in dynamic evaluation of facial palsy. It can be useful both in clinical practice and in rehabilitation research.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institution or practice at which the studies were conducted [CPP number: 2018T2-09 (2018-A01043-52)].

Informed consent Recruitment was based on a voluntary basis and oral consent to participate in the research was given prior to the start of the protocol. Patients with FP gave oral consent of non-opposition to the processing of their medical data. As part of their clinical routine, patients who have signed an informed consent to use their image.

References

1. De Felício CM, Medeiros APM, de Oliveira Melchior M (2012) Validity of the 'protocol of oro-facial myofunctional evaluation with scores' for young and adult subjects. *J Oral Rehabil* 39(10):744–753. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2012.02336.x>
2. House JW (1983) Facial nerve grading systems. *Laryngoscope* 93(8):1056–1069. <https://doi.org/10.1288/00005537-198308000-00016>
3. Hato N, Fujiwara T, Gyo K, Yanagihara N (2014) Yanagihara facial nerve grading system as a prognostic tool in Bell's palsy. *Otol Neurotol* 35(9):1669–1672. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000468>
4. Freyss G, Haguët JF, Danon J, Burgeat M (1971) Essai d'évaluation du préjudice esthétique dans les paralysies faciales par l'examen clinique et le testing musculaire. *Ann Otolaryngol Chir Cervicofac* 88:654–662
5. Ross BG, Fradet G, Nedzelski JM (1996) Development of a sensitive clinical facial grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg* 114(3):380–386. [https://doi.org/10.1016/s0194-5998\(96\)70206-1](https://doi.org/10.1016/s0194-5998(96)70206-1)

6. Bylund N, Jansson D, Enghag S, Berg T, Marsk E, Hultcrantz M, Jonsson L (2017) Synkinesis in Bell's palsy in a randomised controlled trial. *Clin Otolaryngol* 42(3):673–680. <https://doi.org/10.1111/coa.12799>
7. Khedr EM, El-fetoh NA, El-Hammady DH, Ghandour AM, Osama K, Zaki AF, Gamea A (2018) Prognostic role of neurophysiological testing 3–7 days after onset of acute unilateral Bell's palsy. *Neurophysiol Clin* 48(2):111–117. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.02.002>
8. Banks CA, Bhama PK, Park J, Hadlock CR, Hadlock TA (2015) Clinician-graded electronic facial paralysis assessment: the eFACE. *Plast Reconstr Surg* 136(2):223e–230e. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000001447>
9. Bray D, Henstrom DK, Cheney ML, Hadlock TA (2010) Assessing outcomes in facial reanimation: evaluation and validation of the SMILE system for measuring lip excursion during smiling. *Arch Fac Plast Surg* 12(5):352–354. <https://doi.org/10.1001/archfacial.2010.69>
10. Wang TT, Wessels L, Hussain G, Merten S (2017) Discriminative thresholds in facial asymmetry: a review of the literature. *Aesthetic Surg J* 37(4):375–385. <https://doi.org/10.1093/asj/sjw271>
11. Helwig NE, Sohre NE, Ruprecht MR, Guy SJ, Lyford-Pike S (2017) Dynamic properties of successful smiles. *PLoS ONE* 12(6):e0179708. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179708>
12. Ekman P, Davidson RJ, Friesen WV (1990) The Duchenne smile: Emotional expression and brain physiology: II. *J Pers Soc Psychol* 58(2):342
13. Martin JD, Abercrombie HC, Gilboa-Schechtman E, Niedenthal PM (2018) Functionally distinct smiles elicit different physiological responses in an evaluative context. *Sci Rep* 8(1):3558. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21536-1>
14. VanSwearingen JM, Cohn JF, Bajaj-Luthra A (1999) Specific impairment of smiling increases the severity of depressive symptoms in patients with facial neuromuscular disorders. *Aesthetic Plast Surg* 23(6):416–423. <https://doi.org/10.1007/s002669900312>
15. Ishii LE, Nellis JC, Boahene KD, Byrne P, Ishii M (2018) The importance and psychology of facial expression. *Otolaryngol Clin North Am* 51(6):1011–1017
16. Mehta RP, WernickRobinson M, Hadlock TA (2007) Validation of the Synkinesis Assessment Questionnaire. *Laryngoscope* 117(5):923–926. <https://doi.org/10.1097/MLG.0b013e3180412460>
17. Couture C, Martin F, Eyoun I, Ciesco S (1993) Evaluation des paralysies faciales périphériques. *Rééducation Orthophonique* 31(176):371–387
18. Gatignol P, Lannadère E (2011) MBLF: évaluation de la motricité bucco-linguo-faciale chez l'adulte [logiciel]. Magny-en-Vexin: Adeprio diffusion. <https://adeprio.com/eurl/produit/mblf-adultes/>
19. JMP®, (Version 14.0) [logiciel] (2019) SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989–2019. <https://www.jmp.com>
20. Ferreira M, Firmino-Machado J, Marques EA, Santos PC, Simoes AD, Duarte JA (2016) Prognostic factors for recovery in Portuguese patients with Bell's palsy. *Neurol Res* 38(10):851–856. <https://doi.org/10.1080/01616412.2016.1209620>
21. Fujiwara K, Furuta Y, Nakamaru Y, Fukuda S (2015) Comparison of facial synkinesis at 6 and 12 months after the onset of peripheral facial nerve palsy. *Auris Nasus Larynx* 42(4):271–274. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2015.01.001>
22. Peitersen E (2002) Bell's palsy: the spontaneous course of 2,500 peripheral facial nerve palsies of different etiologies. *Acta Otolaryngol* 122(7):4–30
23. Zimble MS, Kokoska MS, Thomas JR (2001) Anatomy and pathophysiology of facial aging. *Fac Plast Surg Clin N Am* 9(2):179–187
24. Linden OE, He JK, Morrison CS, Sullivan SR, Taylor HO (2018) The relationship between age and facial asymmetry. *Plast Reconstr Surg* 142(5):1145–1152. <https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000004831>
25. Borel S, Gatignol P, Smail M, Monin ML, Ewencyk C, Bouccara D, Durr A (2019) Oral mobility reflects rate of progression in advanced Friedreich's ataxia. *Ann Clin Transl Neurol* 6(9):1888–1892. <https://doi.org/10.1002/acn3.50879>
26. Lamas G, Lannadère E, Tankéré F, Truong Tan T, Bernat I, Gatignol P (2010) Termino-terminal hypoglossofacial anastomosis, indications, results. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 131(2):97–102

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

b) Perception des émotions faciales

La perception des émotions a été étudiée à l'aide de l'Emotest-VA, un test de perception de 24 images faciales dynamiques, validé et informatisé (Picard et al., soumis). Des visages dynamiques en noir et blanc exprimant des émotions faciales prototypiques apparaissent à l'écran de l'ordinateur pendant 500 ms. Les six émotions de base ont été exprimées par deux hommes et deux femmes : la colère, le dégoût, la peur, la joie, la tristesse et la surprise. Pour chaque émotion faciale présentée, les patients indiquaient l'émotion perçue et son arousal entre 0 et 10, à l'aide d'un choix multiple et de barres de défilement.

Au total et pour chaque émotion primaire, les scores de précision, d'arousal et d'entropie étaient disponibles. Une émotion faciale est correctement perçue lorsque le patient a évalué avec l'arousal le plus élevé l'émotion congruente. Le score d'arousal se réfère à la valeur comprise entre 0 (pas d'activation physiologique) et 10 (activation physiologique très importante). L'entropie est liée à l'ambiguïté d'un stimulus calculé à l'aide des différents scores d'arousal attribués. La formule mathématique de l'entropie est définie ci-dessous, avec Se_i la somme des scores d'arousal alloués pour chaque émotion de base e_i du même stimulus. Un stimulus non ambigu présentait un score de 0. Le stimulus le plus ambigu s'élevait à un score de 2,58, c'est-à-dire qu'un même note était attribuée pour chaque émotion de base sur l'ensemble des barres de défilement.

$$-\sum \left(\frac{Se_i}{\sum Se_i} \log_2 \frac{Se_i}{\sum Se_i} \right)$$

Ci-après, nous insérons l'article actuellement soumis "Validation of the first simple screening test for facial dynamic emotion perception" qui correspond à la normalisation de deux versions de l'Emotest (Emotest-VA et Emotest-VB) sur deux échantillons de 148 sujets contrôles. L'Emotest fournit un calibrage par âge et par sexe pour les scores de précision, d'arousal et d'entropie. Les scores totaux des 24 stimuli et les scores par émotion sont standardisés.

Cet article est actuellement soumis à la revue *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*.

Validation of the first simple screening test for facial dynamic emotion perception.

Données normatives de deux tests de perception d'émotions faciales :

Emotest-VA et Emotest-VB

Picard, D.^{ab}, Guerder, A.^c, Lannadère, E.^b, Similowski, T.^{ac}, & Gatignol, P.^{ab}.

^a Sorbonne Université, INSERM, UMRS1158 Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique, Paris, France

^b AP-HP, ENT Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

^c AP-HP, SPMIR Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

Diane PICARD, Speech Language Therapist, ENT Department

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-5195-1760> Pitié-Salpêtrière University Hospital

47/83 Boulevard de l'hôpital

75651 Paris Cedex 13

diane.picard@aphp.fr ; +33662266041

Word count and relevant numbers

Abstract : 182 w. ; Manuscript : 2118 w. ; Figures : 2 ; Tables : 3 ; References : 29.

Compliance with Ethical Standards :

- Conflict of Interest : The authors declare that they have no conflict of interest.
- Ethical approval : All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institution or practice at which the studies were conducted (CER Paris-Descartes : 2018-103 ; CNIL Declaration 2163963v0).
- Informed consent : Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.
- The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Validation of the first simple screening test for facial dynamic emotion perception.

Données normatives de deux tests de perception d'émotions faciales :

Emotest-VA et Emotest-VB

Abstract

Introduction : Static facial stimuli are widely used in emotion perception research. While static and dynamic stimuli imply differences in face processing, few dataset are composed of dynamic emotional stimuli.

Objective : This study provided normative data of two short computerized programs of facial perception : Emotest-VA and Emotest-VB. These programs were composed of two sets of dynamic facial stimuli from the STOIC database.

Method : Standardization of Emotest-VA and Emotest-VB was conducted with two groups of volunteers containing 148 women and men (mean age : 46.22, min : 18, max : 88). Data was obtained observing perception accuracy, arousal and entropy according to age groups and gender.

Results : Emotest-VA and Emotest-VB were consistent in accuracy, arousal and entropy. Positively-valenced emotion advantage was found : happiness was more precisely recognized, appraised more intense and less ambiguous than negatively-valenced emotion. No gender effect was found with these highly expressive stimuli. Consistent with the literature, age effect was observed since emotional perception in terms of accuracy and arousal decreased with the age.

Conclusion : Emotest-VA and VB are well suited for screening and re-assessing facial perception especially in patients with central or peripheral neurosensory impairment.

Keywords : Dynamic facial expressions, face processing, emotion database.

1 Introduction

Emotional assessment is necessary in psychological and clinical studies, particularly for analysing emotional perception in patients with neurological or neurosensory impairments. The six basic emotions are anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise [1]. Each one refers to a specific activation of the sympathetic nervous system [2], unconscious facial activity and unique neural pathways [3]. According to dimensional approaches, two independent neurophysiological systems are involved : valence and arousal [4]. Emotional valence can be measured along a pleasure–displeasure continuum. Happiness and surprise are understood as positively-valenced emotions whereas anger, disgust, fear and sadness are conceptualized as negatively-valenced emotions. Emotional arousal is related to the physiological activity of an emotion. For example, happiness is equated with high arousal while sadness implies low arousal.

Several sets of facial stimuli have been created for behavioural and physiological studies on basic emotion perception. Static stimuli are usually found in most databases used in emotion research : Ekman Pictures of Facial Affect [5], Karolinska Directed Emotional Faces [6], Chicago Face Database [7], Penn Emotion Recognition ER-40 [8], NimStim Face Stimulus Set [9], UCDSEE [10], Warsaw Set of Emotional Facial Expression Pictures [11], MPI Facial Expression Database [12], FACES[13],...

Neurological dissociations exist between static and dynamic facial recognition processes [14]. Facial movements improve emotional recognition and increase physiological arousal [15]. Some databases exist with dynamic stimuli such as the Amsterdam Dynamic Facial Expression Set [16] and the Radboud Faces Database [17]. To our knowledge, there are no standardized dynamic facial recognition programs designed and standardized in French. Our investigation seeks to provide data according to age and gender for two sets (test and re-test) of dynamic facial stimuli, Emotest-Version A (VA) and Emotest-Version B (VB). Three analysis criteria have been selected : accuracy, arousal and entropy scores. Possible influences of emotional valence, age or gender on facial stimulus recognition will also be investigated. Using stimuli from the STOIC database, two short clinical tools were designed and standardized with 296 participants.

2 Material and Methods

This project was conducted in accordance with the declaration of Helsinki and followed institutional ethics board guidelines for research on humans (CER Paris-Descartes : 2018-103 ; CNIL Declaration 2163963v0).

2.1 Participants

This investigation was conducted with untrained research participants. After reading information about the study, they provided oral consent to the research. These people were native French speakers. Participants with visual, neurological or psychiatric disorders were not included in this study. Participants who experienced technical problems during the investigation or did not complete the entire protocol were excluded.

Research subjects were volunteers willing to serve as naïve observers. They were contacted through mailing lists and social networks. They were informed of the research methodology and provided free oral consent to participate. Participants were required to be alone while taking the test. Personal random links were distributed that provided online access to the program Emotest-Version A (VA) or Emotest-Version B (VB).

400 individual links were distributed from May 2018 to February 2019 : 205 links for VA and 195 links for VB. Data was collected from two groups of participants, producing a total of $n=150$ per group. Data collection stopped when a total of 300 individuals had taken part in the study. Four participants were excluded because of technical issues and were unable to complete the test. For each version VA or VB, data was gathered according to gender and age of the participants in 10 subgroups : 5 different age groups for men and women. Participants aged between 18 and 88-years-old were split into five age groups : 18-29 years old, 30-41 years old, 42-52 years old, 53-62 years old and over 63 years old (Table 1). The age distribution of participants of each set was not significantly different.

		EMOTEST_VA			EMOTEST_VB		
		N	Min-Max	Mean (SD)	N	Min-Max	Mean (SD)
[18-29]	Women	15	19-28	22.8 (2.51)	15	18-29	23.13 (3.64)
	Men	15	18-28	23.47 (3.04)	15	20-27	23.4 (2.16)
[30-41]	Women	15	31-40	34.47 (2.72)	15	30-40	35.07 (3.15)
	Men	15	31-41	36.4 (3.92)	15	30-40	34.67 (3.50)
[42-52]	Women	14	42- 52	46.92 (3.24)	15	42-52	47.94 (3.26)
	Men	15	44- 52	48.33 (2.87)	14	42-52	45.86 (3.08)
[53-62]	Women	15	53-62	56.07 (2.34)	15	53-62	58.33 (3.20)
	Men	15	55-62	57.8 (2.73)	15	53-60	56.07 (2.08)
>63	Women	14	64-79	68.5 (4.67)	15	64-74	68.67 (3.52)
	Men	15	63-82	67.8 (5.24)	14	64-88	72 (6.62)

TABLE 1 – Description of the validation sample in age groups.

2.2 Program design

Two similar computerized protocols were created for baseline and follow-up assessment : Emotest-Version A and Emotest-Version B. They were designed with black and white dynamic stimuli from the STOIC database with the author’s agreement [18]. The STOIC database provides entropy scores. Entropy is gauged according to a rating provided by research participants who record their facial stimuli. Nevertheless, no accuracy and arousal data are available by age and gender.

We composed two different sets of 24 stimuli. The stimuli were dynamic faces expressing highly recognizable emotions : anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise. In each set, the six emotions are expressed equally by men and women. The client interface was designed in JavaScript, HTML and CSS. The back-end web-server module was written in PHP/my SQL. Stimuli occurred randomly for 500ms so as to prevent research subjects formulating personal interpretations of content. Data, which included the total duration of the test, was collected via a random link that was saved with an anonymous number.

At the beginning of the study, participants provided personal data, including gender and age. Then a three-minute tutorial was conducted, outlining the rating procedure, and then cautioning participants that stimuli would be presented for 500ms. For every stimulus, participants were asked to recognize at least one basic emotion on a multiple-choice answer with scroll bars. They rated stimulus arousal on scroll bars from 0 (low arousal) to 10 (high arousal). If they

perceived an ambiguous facial expression, they were asked to rate the stimulus on more than one scroll bar. A countdown was presented before the stimulus occurred to promote attentiveness (Figure 1).

The entire program, including tutorial, lasted an average of 06 :09 minutes (in minutes, SD=01 :26 ; med=05 :52). These programs were deliberately designed to be short, helping to assess emotion recognition during brief physiological activity, like dyspnea in the pilot-study of Vinckier et al., 2018 [19]. It can also be used in cognitive assessment before, during or after brain surgery.

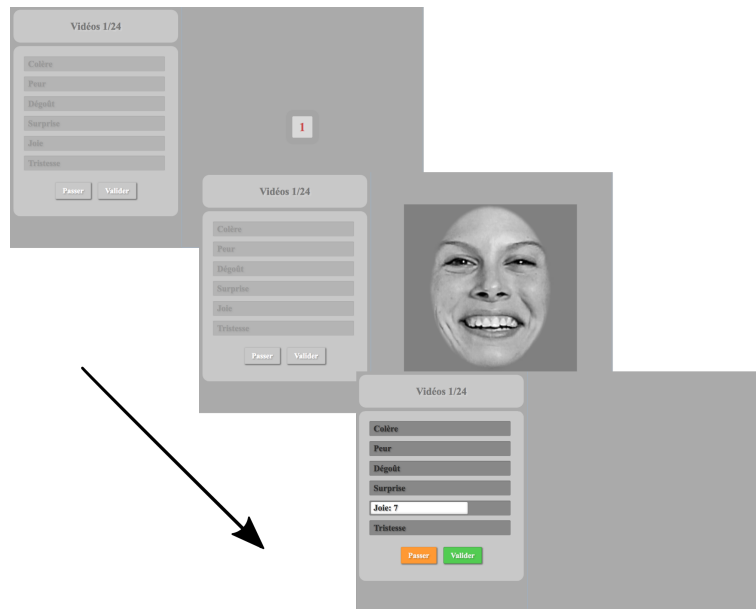


FIGURE 1 – Rating procedure of Emotest-VA and Emotest-VB

2.3 Statistical Analyses

Descriptive and statistical analyses were conducted with the R software environment and JMP Pro 10.0 software. The significance level was determined at the threshold $\alpha=.005$, data was considered as suggestive when the p-value $< .05$ [20]. Emotional perception of facial displays was analysed in terms of accuracy, arousal and entropy. An internal consistency estimate of reliability of Emotest-VA and Emotest-VB was computed with Cronbach's alpha.

The identification of the stimulus was accurate when the participant labelled the correct facial expression. For each stimuli, the emotion with the highest arousal score was considered as the main emotion. The Shapiro-Wilk test showed a significant departure from normality accuracy results in Emotest-VA ($W(148) = .944, p < .001$) and Emotest-VB ($W(148) = .897, p < .001$). Non-parametric tests were then used for accuracy analyses.

The arousal score refers to the value between 0 and 10 attributed to an emotion. A value close to 0 indicates an emotion that is not very arousing while an emotion approaching 10 is very exciting. The Shapiro-Wilk test showed normal distribution of arousal scores of Emotest-VA ($W(148) = .987, p = .165$) and Emotest-VB ($W(148) = .988, p = .221$). We used parametric tests for arousal analyses.

Entropy is related to the ambiguity of a stimulus computed with their scroll bar ratings. Entropy scores were calculated as follows : with the sum Se_i of intensity scores allocated for

$$-\sum \left(\frac{Se_i}{\sum Se_i} \log_2 \frac{Se_i}{\sum Se_i} \right)$$

each basic emotion ei of the same stimulus. An unambiguous stimulus would have a score of 0. The most ambiguous stimulus would have reached a score of 2.58 since every basic emotion was given equal ratings on the scroll bars. The Shapiro-Wilk test showed a normal distribution of entropy scores ($W(48) = .953, p = .054$). We used parametric tests for entropy analyses

Happiness was compared to negatively-valenced emotions such as anger, disgust, fear and sadness. A one-way analysis of variance was conducted to demonstrate the effect of basic emotions on scores.

A one-way analysis of variance was also carried out to identify potential age groups effect on facial emotional perception. The independent samples t-test was used to determine any gender effect on emotional scores.

3 Results

3.1 Emotest-VA and Emotest-VB comparison

The Cronbach's alpha score for each score of VA and VB provided excellent internal consistency : $\alpha > .914$ for VA and $\alpha > .909$ for VB.

No significant differences were found between both versions of Emotest in terms of perception accuracy ($p = .90$) and arousal ($p = .53$) (Table 2). Mean accuracy reached 83.63% for Emotest-VA (mean : $20.07/24 \pm 2.07SD$) and 83.75% for Emotest-VB (mean : $20.10/24 \pm 2.72SD$). Mean arousal was 5.43/10 (1.71SD) for Emotest-VA and 5.32/10 (1.70SD) for Emotest-VB. Entropy was not significantly different between both versions (Table 3).

a. Accuracy scores

	Age	Gender	N	TOTAL /24		ANGER /4		DISGUST /4		FEAR /4		HAPPINESS /4		SADNESS /4		SURPRISE /4			
				MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD
EMOTEST Version A (Emotest_VA)	[18-29]	Women	15	21.40	1.50	3.87	0.35	3.60	0.51	2.87	0.99	3.87	0.35	3.47	0.74	3.73	0.46	3.73	0.46
		Men	15	20.40	1.50	3.67	0.62	3.33	0.72	2.53	1.13	3.93	0.26	3.40	0.63	3.53	0.64	3.53	0.64
	[30-41]	Women	15	19.60	2.06	3.67	0.62	3.13	1.13	3.07	0.70	3.67	0.62	2.67	0.98	3.40	0.91	3.40	0.91
		Men	15	19.67	2.16	3.60	0.63	3.27	0.96	2.73	0.96	3.73	0.46	2.87	0.99	3.47	0.52	3.47	0.52
	[42-52]	Women	14	20.93	2.06	3.57	0.65	3.21	0.70	2.86	0.77	3.93	0.27	3.57	0.76	3.79	0.43	3.79	0.43
		Men	15	20.53	1.81	3.40	0.74	3.40	0.74	2.87	1.06	4.00	0.00	3.20	0.86	3.67	0.49	3.67	0.49
	[53-62]	Women	15	19.80	2.81	3.33	0.72	3.40	0.63	2.73	0.70	3.60	0.83	3.20	1.08	3.53	0.64	3.53	0.64
		Men	15	20.20	1.57	3.33	0.72	3.07	0.59	2.87	0.83	3.60	0.63	3.47	0.64	3.87	0.35	3.87	0.35
	>63	Women	14	18.71	1.98	3.14	0.66	2.79	1.19	2.43	0.85	3.93	0.27	2.71	0.99	3.71	0.47	3.71	0.47
		Men	15	19.40	2.13	3.27	0.70	3.13	0.83	2.73	1.10	3.87	0.35	2.87	0.64	3.53	0.74	3.53	0.74
	[18-29]	Women	15	20.60	2.77	3.40	0.83	3.73	0.59	2.80	1.21	3.80	0.41	3.07	0.96	3.80	0.41	3.80	0.41
		Men	15	20.33	1.45	3.73	0.46	3.67	0.49	2.47	0.99	3.80	0.56	2.87	0.92	3.80	0.41	3.80	0.41
[30-41]	Women	15	21.40	1.76	3.93	0.26	3.60	0.51	3.33	0.98	3.80	0.41	2.87	0.92	3.87	0.35	3.87	0.35	
	Men	15	21.13	1.81	3.73	0.46	3.67	0.49	2.93	1.03	3.80	0.56	3.00	1.07	4.00	0.00	4.00	0.00	
[42-52]	Women	15	21.20	1.82	3.47	0.64	3.53	0.64	3.07	0.80	3.93	0.26	3.53	0.64	3.67	0.62	3.67	0.62	
	Men	14	21.14	1.66	3.43	0.85	3.64	0.50	3.14	0.95	3.79	0.43	3.29	0.61	3.86	0.36	3.86	0.36	
[53-62]	Women	15	19.93	2.49	3.40	0.83	3.53	0.74	2.80	0.68	3.47	0.64	3.13	0.83	3.60	0.63	3.60	0.63	
	Men	15	19.27	3.79	3.20	1.08	3.27	1.16	2.67	1.18	3.67	0.49	2.73	0.70	3.73	0.46	3.73	0.46	
>63	Women	15	19.53	2.29	3.07	0.88	3.40	0.91	3.20	0.94	3.47	0.74	2.67	1.23	3.73	0.46	3.73	0.46	
	Men	14	16.29	3.07	2.64	1.08	3.14	0.86	1.64	1.28	3.21	0.80	2.50	0.85	3.14	0.77	3.14	0.77	

b. Arousal scores

	Age	Gender	N	TOTAL /10		ANGER /10		DISGUST /10		FEAR /10		HAPPINESS /10		SADNESS /10		SURPRISE /10			
				MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD	MEAN	SD
EMOTEST Version A (Emotest_VA)	[18-29]	Women	15	5.84	1.02	6.37	1.18	6.55	1.33	5.55	2.18	5.78	1.32	4.78	1.64	5.97	1.76	5.97	1.76
		Men	15	5.62	1.38	6.12	1.61	5.35	1.33	4.95	2.32	5.93	1.88	5.44	2.10	5.92	1.44	5.92	1.44
	[30-41]	Women	15	5.77	1.17	6.87	1.30	5.28	2.01	5.88	1.30	6.06	1.85	4.66	2.10	5.90	1.54	5.90	1.54
		Men	15	6.49	1.74	7.10	2.04	6.53	2.19	5.95	2.04	7.00	2.08	5.78	2.50	6.62	2.24	6.62	2.24
	[42-52]	Women	14	6.31	1.49	6.63	1.70	6.23	1.94	5.66	0.98	6.96	2.07	5.61	2.36	6.70	2.19	6.70	2.19
		Men	15	5.87	1.92	6.15	2.17	5.83	2.30	5.32	2.17	6.67	2.51	5.20	1.93	6.04	2.32	6.04	2.32
	[53-62]	Women	15	4.37	1.39	4.43	1.86	4.43	1.37	3.99	1.59	4.83	2.03	3.95	1.80	4.58	1.84	4.58	1.84
		Men	15	4.87	1.66	4.92	2.10	4.29	1.75	4.45	2.00	5.14	2.01	4.93	2.03	5.45	1.75	5.45	1.75
	>63	Women	14	4.64	1.79	4.89	2.34	3.88	2.13	3.70	2.12	5.06	2.62	3.86	2.47	5.52	2.47	5.52	2.47
		Men	15	4.90	1.96	4.56	1.78	4.63	2.10	4.33	2.14	6.05	2.54	4.41	2.26	5.35	2.47	5.35	2.47
	[18-29]	Women	15	5.18	1.03	4.00	1.53	6.70	1.25	5.17	2.17	5.13	1.11	3.87	1.48	6.20	1.55	6.20	1.55
		Men	15	6.02	1.67	5.91	2.19	6.97	2.00	4.83	2.17	6.63	1.83	5.33	1.89	6.48	2.12	6.48	2.12
[30-41]	Women	15	5.69	1.17	5.85	1.44	6.15	1.39	5.63	2.49	6.07	1.27	4.32	1.61	6.17	1.62	6.17	1.62	
	Men	15	5.87	1.33	5.41	1.72	6.70	1.56	5.02	1.77	6.17	1.55	4.83	2.43	7.08	1.72	7.08	1.72	
[42-52]	Women	15	5.24	1.33	4.62	1.63	5.65	1.99	5.08	1.75	5.33	1.38	4.75	1.84	6.02	1.69	6.02	1.69	
	Men	14	6.40	1.79	5.23	2.27	6.90	1.86	6.11	2.20	6.96	2.12	5.77	2.07	7.48	2.01	7.48	2.01	
[53-62]	Women	15	5.18	1.27	5.04	1.78	6.02	1.24	4.52	1.61	5.07	1.88	4.85	1.68	5.55	2.04	5.55	2.04	
	Men	15	5.21	2.45	5.12	2.81	5.53	3.10	4.35	2.74	5.62	2.52	4.57	2.31	6.10	2.78	6.10	2.78	
>63	Women	15	4.88	1.43	4.55	2.14	5.96	2.41	4.90	1.98	4.57	2.19	3.77	1.59	5.58	2.22	5.58	2.22	
	Men	14	3.74	1.92	3.42	1.97	4.52	2.29	2.34	2.28	4.13	2.86	3.54	2.34	4.59	2.60	4.59	2.60	

TABLE 2 – Normative data for Emotest-VA and Emotest VB :

a. Accuracy of each emotion according to gender and age groups ;

b. Arousal of each emotion according to gender and age groups

EMOTIONS	EMOTEST_VA		EMOTEST_VB	
	STIMULUS	ENTROPY	STIMULUS	ENTROPY
ANGER	DF4an	0.43	DF1an	0.89
	DM1an	0.52	DF5an	0.82
	DF3an	0.83	DM4an	0.89
DISGUST	DM3an	1.31	DM5an	0.90
	DF3di	0.99	DF1di	0.57
	DM5di	0.84	DF5di	0.91
	DF4di	1.18	DM1di	0.75
FEAR	DM4di	1.07	DM2di	0.96
	DF2fe	1.35	DF1fe	1.50
	DF5fe	0.85	DF3fe	1.02
	DM1fe	1.34	DM2fe	1.68
HAPPINESS	DM3fe	1.19	DM4fe	1.60
	DF3ha	0.38	DF2ha	0.44
	DF4ha	0.48	DF5ha	0.81
	DM1ha	0.43	DM4ha	0.47
SADNESS	DM3ha	0.32	DM5ha	0.30
	DF3sa	1.15	DF2sa	0.89
	DF5sa	0.32	DF4sa	1.47
	DM1sa	1.23	DM4sa	1.10
SURPRISE	DM3sa	1.09	DM5sa	1.47
	DF2su	0.47	DF1su	0.49
	DF4su	1.25	DF5su	0.54
	DM4su	0.63	DM1su	0.93
	DM3su	0.51	DM5su	0.46

TABLE 3 – General entropy of stimuli. Stimuli names from the STOIC DATABASE (e.g., "DF3an") have the following format : Dynamic ("D"), gender of the actor (e.g., "M or F"), actor number (e.g., "3"), the first two letters of the expression (e.g., "an" = "anger").

3.2 Perception of happiness

In Emotest-VA and Emotest-VB, happiness was more precisely recognized than negative stimuli such as anger ($Z = 6.094, p < .0001$), disgust ($Z = 6.95, p < .0001$), fear ($Z = 15.904, p < .0001$) or sadness ($Z = 11.809, p < .0001$). Happiness was more arousing than negatively-valenced stimuli of anger ($t(295) = 4.183, p < .0001$), fear ($t(295) = 7.719, p < .0001$) and sadness ($t(295) = 9.741, p < .0001$). No significant differences were found between accuracy and arousal of surprise and happiness which are both considered positively-valenced emotions. Fear was unrecognized among negative emotions such as anger ($Z = 9.70, p < .0001$), disgust ($Z = 8.44, p < .0001$) and sadness ($Z = 3.56, p < .0001$). There was an emotion effect on entropy ($F(41) = 8.6575, p < .0001$) : happiness was significantly less ambiguous than negative stimuli ($F(38) = 22.89, p < .0001$) (Figure 2).

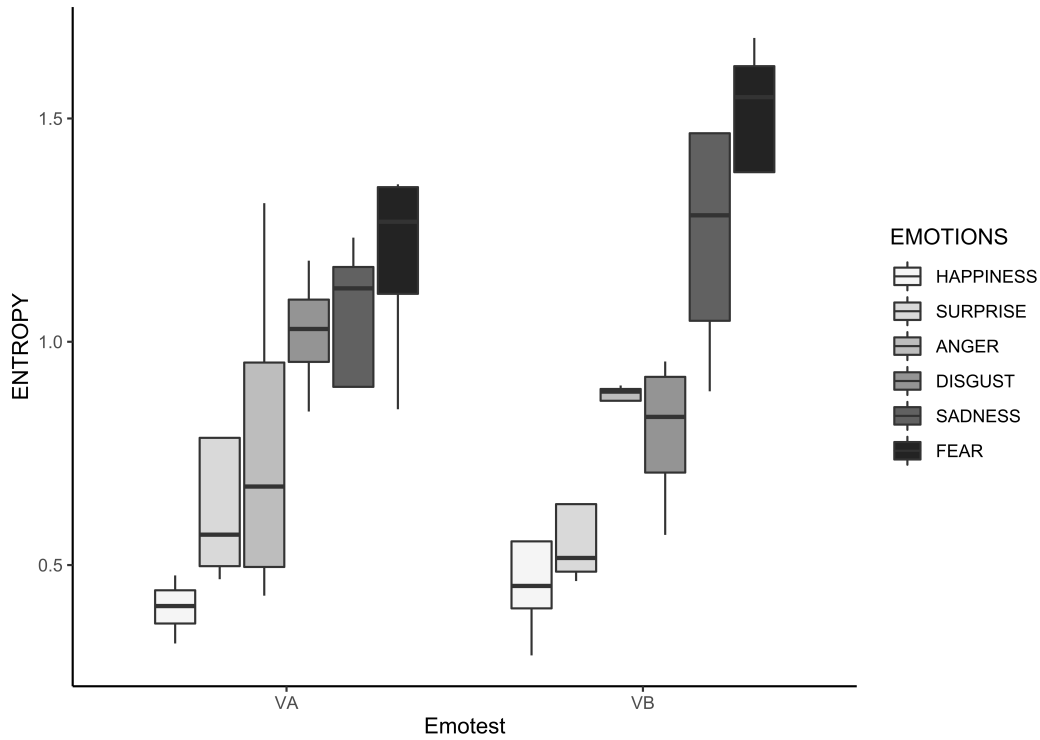


FIGURE 2 – Total entropy of both versions according to basic emotions

3.3 Gender and age effect on perception

For both versions of Emotest, no significant differences were found between men and women regarding total perception accuracy and arousal.

In both versions, the age of the participants influenced the accuracy and arousal scores. Perception accuracy decreased in older participants ($F(295) = 31.62, p < .0001$). Arousal of emotional stimuli significantly decreased in older participants ($F(295) = 22.687, p < .0001$).

4 Discussion

Our study provided data of facial perception according to age and gender for Emotest-Version A (VA) and Emotest-Version B (VB). These short programs were composed of two different sets of 24 dynamic stimuli. They could be used in clinical practice to screen and assess facial emotional recognition at baseline and during follow-up. These programs were deliberately designed to be short. Compared to classical tests which studied emotion perception during stable-state, these short versions could be used during dynamic physiological activity as dyspnea or physical effort [19]. It can also be used in cognitive assessment before, during or after brain surgery.

Excellent internal consistency for both versions were found. Emotest-Version A and Emotest-Version B were not significantly different in accuracy, arousal and entropy scores.

Postively-valenced emotions were better perceived than negatively-valenced emotions in both versions VA and VB. The results are consistent with previous findings indicating that happiness was better perceived than other emotions. Perception of fear was difficult to recognize with facial dynamic stimuli [21]. Entropy figures demonstrate that fear was also the most ambiguous stimuli and happiness the least ambiguous one.

The advantage in women in facial emotion recognition accuracy is well documented [22]. According to Wingenbach et al. (2018), women are faster recognizing facial emotions [23]. In our study, no significant differences between genders were recorded. This is explained by the stimuli which were purposely chosen to be highly expressive [24].

According to Ruffman’s 2008 study, older adults have more difficulties in recognizing basic facial emotions [25]. Mill et al., 2009, demonstrated that older subjects were less accurate identifying emotions in facial expression [26]. Theoretical hypotheses were based on positive effects and specific neuropsychological changes rather than general cognitive decline [27]. Orgeta & Phillips (2008) [28] and West et al. (2012) [29] demonstrated that older adults experienced greater difficulty recognizing anger, sadness and fear. In our study, perception of every basic emotion was influenced by age.

As with existing databases, there were some limitations in the applicability Emotest-VA and Emotest-VB. Our research was conducted solely with Caucasian participants, using Caucasian stimuli, for the purpose of avoiding bias according to ethnic identification. Furthermore, familiarity of the stimuli was not controlled in our study. Same actors appear in the two sets. Even if they does not express the same emotion, familiarity with the face seen in baseline could affect the recognition in follow-up.

The reliability of our research relies on two different samples whose results verify already published conclusions pertaining to valence and age effects. Clinical strength consists of having two versions of the program in order to create a baseline and a follow-up assessment without test-retest effect. Since these tools last less than 7 minutes, they could be used in different situations such as unstable physiological activity. Normative data is composed of standardization of perception accuracy, arousal and entropy.

5 Conclusion

The purpose of creating Emotest-VA and Emotest-VB was to overcome the lack of validated French dynamic facial stimuli by standardizing two sets of dynamic stimuli from the STOIC database. The data provided by two groups involving 148 volunteers was documented in this article, which was gathered according to age group and gender. Perception accuracy, arousal and entropy were analysed. Emotional valence was also investigated by comparing happiness against negatively-valenced emotions. These two short computerized programs provide a relevant tool for comprehensive assessment and re-assessment of dynamic facial perception.

Acknowledgments : Authors wanted to thank Marion Le Bozec and Estelle Robin, two speech therapist's students who helped us gathering normative data.

Declarations of interest : none ; This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

The authors confirm that the data supporting the findings of this study are available within the article or its supplementary materials.

References

- [1] Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & emotion*, 6(3-4), 169-200.
<https://doi.org/10.1080/02699939208411068>
- [2] Ekman, P., Levenson, R. W., & Friesen, W. V. (1983). Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions. *Science*, 221(4616), 1208-1210.
<https://doi.org/10.1126/science.6612338>
- [3] Adolphs, R. (2002). Recognizing emotion from facial expressions : psychological and neurological mechanisms. *Behavioral and cognitive neuroscience reviews*, 1(1), 21-62.
<https://doi.org/10.1177/1534582302001001003>
- [4] 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.
<https://doi.org/10.1017/S0954579405050340>
- [5] Ekman, P. & Friesen, W.V. (1976). Pictures of facial affect. Palo Alto, California : Consulting Psychologists Press.
- [6] Calvo, M. G., & Lundqvist, D. (2008). Facial expressions of emotion (KDEF) : Identification under different display-duration conditions. *Behavior research methods*, 40(1), 109-115. <https://doi.org/10.3758/BRM.40.1.109>
- [7] Ma, D. S., Correll, J., & Wittenbrink, B. (2015). The Chicago face database : A free stimulus set of faces and norming data. *Behavior research methods*, 47(4), 1122-1135.
<https://doi.org/10.3758/s13428-014-0532-5>

- [8] Gur, R. C., Richard, J., Hughett, P., Calkins, M. E., Macy, L., Bilker, W. B., ... & Gur, R. E. (2010). A cognitive neuroscience-based computerized battery for efficient measurement of individual differences : standardization and initial construct validation. *Journal of neuroscience methods*, *187*(2), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2009.11.017>
- [9] Tottenham, N., Tanaka, J. W., Leon, A. C., McCarry, T., Nurse, M., Hare, T. A., ...& Nelson, C. (2009). The NimStim set of facial expressions : judgments from untrained research participants. *Psychiatry research*, *168*(3), 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2008.05.006>
- [10] Tracy, J. L., Robins, R. W., & Schriber, R. A. (2009). Development of a FACS-verified set of basic and self-conscious emotion expressions. *Emotion*, *9*(4), 554. <https://doi.org/10.1037/a0015766>
- [11] Olszanowski, M., Pochwatko, G., Kuklinski, K., Scibor-Rylski, M., Lewinski, P., & Ohme, R. K. (2015). Warsaw set of emotional facial expression pictures : a validation study of facial display photographs. *Frontiers in psychology*, *5*, 1516. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01516>
- [12] Kaulard, K., Cunningham, D. W., Bülthoff, H. H., & Wallraven, C. (2012). The MPI facial expression database—a validated database of emotional and conversational facial expressions. *PloS one*, *7*(3), e32321. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032321>
- [13] Ebner, N. C., Riediger, M., & Lindenberger, U. (2010). FACES—A database of facial expressions in young, middle-aged, and older women and men : Development and validation. *Behavior research methods*, *42*(1), 351-362. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.351>
- [14] Alves, N. T. (2013). Recognition of static and dynamic facial expressions : a study review. *Estudos de Psicologia (Natal)*, *18*(1), 125-130. <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2013000100020>
- [15] Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., & Szatkowska, I. (2016). Do dynamic compared to static facial expressions of happiness and anger reveal enhanced facial mimicry?. *PloS one*, *11*(7), e0158534. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0158534>

- [16] 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. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0023853>
- [17] Langner, O., Dotsch, R., Bijlstra, G., Wigboldus, D. H., Hawk, S. T., & Van Knippenberg, A. D. (2010). Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cognition and emotion*, *24*(8), 1377-1388. <https://doi.org/10.1080/02699930903485076>
- [18] Roy, S., Roy, C., Éthier-Majcher, C., Fortin, I., Belin, P., & Gosselin, F. (2007). STOIC : a database of dynamic and static faces expressing highly recognizable emotions. See <http://mapageweb.umontreal.ca/gosselif/cv>. Html.
- [19] Vinckier, F., Morélot-Panzini, C., & Similowski, T. (2018). Dyspnoea modifies the recognition of fearful expressions by healthy humans. *European Respiratory Journal*, *51*(2), 1702253. <https://doi.org/10.1183/13993003.02253-2017>
- [20] Ioannidis, J. P. (2018). The proposal to lower P value thresholds to .005. *Jama*, *319*(14), 1429-1430. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.1536>
- [21] Montagne, B., Kessels, R. P., De Haan, E. H., & Perrett, D. I. (2007). The emotion recognition task : A paradigm to measure the perception of facial emotional expressions at different intensities. *Perceptual and motor skills*, *104*(2), 589-598. <https://doi.org/10.2466/pms.104.2.589-598>
- [22] Hall, J. A., & Matsumoto, D. (2004). Gender differences in judgments of multiple emotions from facial expressions. *Emotion*, *4*(2), 201. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.4.2.201>
- [23] Wingenbach, T. S., Ashwin, C., & Brosnan, M. (2018). Sex differences in facial emotion recognition across varying expression intensity levels from videos. *PLoS one*, *13*(1), e0190634. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0190634>
- [24] Hoffmann, H., Kessler, H., Eppel, T., Rukavina, S., & Traue, H. C. (2010). Expression intensity, gender and facial emotion recognition : Women recognize only subtle facial emotions better than men. *Acta psychologica*, *135*(3), 278-283. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.07.012>

- [25] 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.
- [26] Mill, A., Allik, J., Realo, A., & Valk, R. (2009). Age-related differences in emotion recognition ability : A cross-sectional study. *Emotion*, *9*(5), 619.
<https://doi.org/10.1037/a0016562>
- [27] Sullivan, S., & Ruffman, T. (2004). Emotion recognition deficits in the elderly. *International Journal of Neuroscience*, *114*(3), 403-432.
<https://doi.org/10.1080/00207450490270901>
- [28] Orgeta, V., & Phillips, L. H. (2007). Effects of age and emotional intensity on the recognition of facial emotion. *Experimental aging research*, *34*(1), 63-79.
<https://doi.org/10.1080/03610730701762047>
- [29] West, J. T., Horning, S. M., Klebe, K. J., Foster, S. M., Cornwell, R. E., Perrett, D., ... & Davis, H. P. (2012). Age effects on emotion recognition in facial displays : from 20 to 89 years of age. *Experimental aging research*, *38*(2), 146-168.
<https://doi.org/10.1080/0361073X.2012.659997>

Au total, le tableau 5 récapitule l'ensemble des données recueillies lors du protocole expérimental, commun aux trois études.

Marqueurs		Tâches	Données collectées
Physiologiques	Respiratoires	Repos (Ligne de base)	Temps inspiratoires (TI) Temps expiratoires (TE) Fréquence respiratoire (FR)
		Perception des émotions faciales (Emotest-VA, Picard et al., soumis)	Temps inspiratoires (TI) Temps expiratoires (TE) Fréquence respiratoire (FR)
Cognitivo- comportementaux	Phonatoires	Production des émotions vocales (Protocole MEC, Joannette et al., 2004)	Fréquence fondamentale (F_0) Durée Intensité Coefficient de variation (ΔF_0) Contours mélodiques
		Perception des émotions vocales (Protocole MEC, Joannette et al., 2004)	Scores bruts et standards
	Faciaux	Production des émotions faciales	Classification de House & Brackmann (House, 1985) Sunnybrook Facial Grading System (Ross et al., 1996) Motricité Bucco-Linguo-Faciale (Picard et al., 2020) Mesures du sourire (Bray et al., 2010) Pression bilabiale (Gatignol et al., 2011a)
		Perception des émotions faciales (Emotest-VA, Picard et al., soumis)	Scores bruts et standards - Perception (précision), - Arousal (intensité de l'émotion), - Entropie (ambiguïté de l'émotion)

TABLEAU 5 – Tableau récapitulatif des données recueillies

2.3 Analyse statistique

Les analyses descriptives et statistiques ont été réalisées avec l'environnement logiciel R. Le niveau de significativité a été déterminé au seuil $\alpha = 0,005$. Les données ont été considérées comme suggestives lorsque $p < 0,05$ (Ioannidis, 2018).

2.3.1 Marqueurs physiologiques respiratoires

Trois groupes de patients ont été déterminés en fonction de leur force bilabiale : paralysie faciale flasque ($n = 19$), tonus normal ($n = 20$) et paralysie séquellaire ($n = 21$). Pour déterminer de potentielles différences intergroupes au niveau des temps respiratoires, le test de Kruskal-Wallis par rangs a été effectué.

Des analyses de regressions et de corrélations ont également été menées entre les mesures respiratoires et le score de perception des émotions à l'Emotest-VA.

2.3.2 Marqueurs cognitivo-comportementaux phonatoires et faciaux

Marqueurs phonatoires

Nous nous sommes particulièrement intéressés aux marqueurs acoustiques de la PFPI dans l'expression de la joie. Des analyses de régression ont été effectuées entre les marqueurs acoustiques, les scores de motricité faciale et les scores d'anxiété. Nous avons également utilisé un test de Wilcoxon pour identifier les différences de motricité faciale entre les patients présentant des contours mélodiques ascendants et descendants, dans l'expression de la joie. Comme aucun effet des injections de toxine botulique n'a été observé sur la production d'émotions vocales, nous avons rassemblé en un seul et même groupe les patients de grade III.

En ce qui concerne la perception des émotions vocales, nous avons déterminé deux groupes de patients. Les patients ayant correctement identifié les 4 expressions vocales de joie (sourire sonore) composaient le groupe A ($n = 49$). Les patients du groupe B ($n = 9$) n'avaient pas reconnu les 4 expressions de joie. Nous avons alors effectué un test de Wilcoxon pour mettre en évidence des différences de motricité faciale entre les groupes A et B.

Marqueurs faciaux

À partir des données normatives de l'Emotest-VA, des scores bruts et des scores Z ont été établis pour chaque patient. Les scores de précision, d'arousal et d'entropie ont été comparés à la population normative à l'aide du test t de Student. Le seuil pathologique a été fixé à -1,65ds (Amieva, Michael, & Allain, 2011). Un test de Wilcoxon a été effectué pour comparer la motricité faciale des patients ayant des scores pathologiques à celle des patients dont les scores étaient dans la norme. L'effet de la toxine botulique a quant à lui été mis en évidence à l'aide du test de Wilcoxon.

Des analyses de régressions ont été conduites pour décrire les liens entre perception faciale et capacités motrices. Par ailleurs, des corrélations de Pearson entre les scores des questionnaires psychologiques et de l'Emotest-VA ont également été effectuées.

3 Résultats

Étude 1 : Emotional respiratory markers of Bell's Palsy

Cet article est en cours de soumission.

Emotional respiratory markers of Bell's Palsy

Picard, D.^{ab}, Niérat, M.C.^c, Lannadère, E.^b, Hervochon, R.^b, Lamas, G.^b,
Tankéré, F.^b, Similowski, T.^{ac}, & Gagnon, P.^{ab}.

^a Sorbonne Université, INSERM, UMRS1158 Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique, Paris, France

^b AP-HP, ENT Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

^c AP-HP, SPMIR Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

Diane PICARD, Speech Language Therapist, ENT Department

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-5195-1760> Pitié-Salpêtrière University Hospital

47/83 Boulevard de l'hôpital

75651 Paris Cedex 13

diane.picard@aphp.fr ; +33662266041

Word count and relevant numbers

Abstract : 224 w. ; Manuscript : 2260 w. ; Figures : 2 ; Table : 1 ; References : 36.

Compliance with Ethical Standards :

- Conflict of Interest : The authors declare that they have no conflict of interest.
- Ethical approval : All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institution or practice at which the studies were conducted (ID-RCB : 2018-A01043-52).
- Informed consent : Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.
- The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Emotional respiratory markers of Bell's Palsy

Abstract

Introduction : Respiratory signals are often reported in psycho-physiological studies to understand emotion processing. Relationship between facial motility and respiration is poorly investigated, and focused on alae nasi or frontalis muscle.

Objective : The aim of our study was to characterize changes in breathing patterns related to facial and emotional impairment in Bell's palsy patients.

Method : Respiratory signals and facial motor scores in 60 patients with Bell's Palsy were collected at rest and during facial emotion perception.

Results : The occurrence of a facial hemispasm was correlated with respiratory times during facial emotion perception test. As orbicularis oris tone increased, breathing cycles were significantly shorter ($F(57)=6.49$, $R^2=.103$, $p=.0014^{**}$). Emotion perception scores were negatively correlated to respiratory rate ($F(58)=13.10$, $R^2=.187$, $p<.001^{**}$).

Discussion : In our study, the frontalis was not predictive to respiratory timing. However, the recovery of face tone was particularly sensitive. Our observations provided support to the hypothesis of facial-respiratory synkinesis in patients with hemispasm. Moreover, perception scores were significantly improved when respiratory rate decreased, bringing out relationship between respiration and emotional perception.

Conclusion : Our findings highlighted respiratory markers for patients with post-paralytic hemispasm. Additionally, the perception of facial emotions was correlated with respiratory rate, giving support to the relationship between respiration and emotion perception. Taking respiration into account in the management of Bell's palsy is relevant to improve muscle relaxation and emotional contagion ability.

Keywords : Respiratory Rate, emotion, bell's palsy, hemispasm.

1 Introduction

Studies of psycho-physiological markers of emotion are currently conducted to simulate virtual humans [1] or to empower computer systems to recognize human emotions [2]. In clinical context, psycho-physiological markers indicate the impact of pathology on patients' quality of life. According to categorical theories, emotion are defined with specific autonomic responses. Feleky's original study of 1916 tried to highlight evidence of emotion-specific breathing patterns [3]. Using multivariate pattern classification, information carried in autonomic signals can differentiate specific emotions [4]. Deep-learning models using multimodal physiological signals detect also distinct emotions [2]. Furthermore findings of Siegel et al., (2018) characterized emotions as "Emotion populations" rather than "Emotion fingerprints" [5]. As suggested by the circumplex model [6], specific emotions can be placed on both dimensional axes : the valence and the arousal. In 1994, Boiten et al., identified the following relevant emotional dimensions : calm-excitement, relaxation-tenseness, and active versus passive coping [7].

Behavioral breathing differs from metabolic breathing which aims at gas exchange [8]. Indeed, when subjects looked at emotional pictures, their respiration changes, modulating their emotional experience [8]. Respiratory measures are relevant to interpret autonomic nervous activity in emotions [9]. Although emotion-specific autonomic patterns had been summarized [9], variation within an emotion category and similarities in autonomic physiological responses across them were reported. Abdomino-diaphragmatic breathing has a relaxing effect on autonomic nervous activity and mental functions [10]. In contrast, thoracic breathing characterizes stress and anxiety [11]. Respiratory activity decreases at rest and increases in response to psycho-physiological stimuli [9]. Consistent with flight or fight theory, respiratory rate increases with arousal, anxiety or stress [12]. Furthermore, respiratory rate increases in response to positive and negative emotions [9]. In line with the predator imminence model, increased respiratory variability is also reported during emotional pictures viewing or imagery task [13]. Task-difficulty implied increases in respiratory rate in the study of Grassmann et al., 2016 [14]. During cognitive task, respiratory rate increases significantly compared to resting conditions [15].

Physiological interactions between the respiratory system and facial muscle, particularly alae nasii are described [16, 17]. In Bell's palsy, nasal valve collapse is often reported as a functional sequelae reducing patient's quality of life [18]. In healthy adult subjects, tension in frontalis muscle induced increased lung airway resistance [19]. A neural reflex is then hypothesized : sensory information from facial muscles, conducted centrally along trigeminal pathways could influence efferent vagal activity. Moreover, Pavesi et al. (1994) reported abnormal synkinetic movements between facial muscles and respiration in two cases of patients with post-paralytic hemispasm [20]. Authors explained this phenomenon with functional connections between brainstem reticular formation, respiratory related neurons, and facial motoneurons.

Facial paralysis sequelae lead to functional and emotional disability [21, 22]. Indeed, based on embodied cognition, facial feedback modulates emotion perception [23]. In Bell's palsy, altered emotional facial displays reduced thus emotional contagion through automatic mimicry [24, 25].

The main purpose of our study was to determine respiratory markers of Bell's palsy. Are there changes in breathing patterns related to facial and/or emotional impairment ? We investigated the potential associations between breathing activities and facial motor skill, at rest and during face perception. Affect scores collected with specific questionnaire and face perception scores will be reported.

2 Material and Methods

2.1 Participants

Sixty patients with Bell's palsy were included in our study (30 women and 30 men, aged from 24 to 70, mean=55, med=56). Severity grades of their palsy were between III (recovery with sequelae) and V (severe facial palsy). Using a dynamometer, bilabial force was measured : 19 patients had flaccid facial palsy, 20 patients had normal tone and 21 had post-paralytic hemispasm.

The inclusion criteria were adults affiliated to the French social security system, with Bell's palsy of at least grade III. The non-inclusion criteria were uncorrected sensory disturbances, central neurological history, facial transplant or facial surgery. Patients with pathological spirometer scores were excluded.

At least one week after reading the information notice, patients signed a written consent to participate in the research. This project was conducted in accordance with the declaration of Helsinki and followed institutional ethics board guidelines for research on humans (ID-RCB : 2018-A01043-52)

2.2 Clinical analysis

The protocol was composed of respiratory, facial and affect measures.

2.2.1 Respiratory measurements

First, patients had to blow into the spirometer. They were seated comfortably during the assessment. We recorded abdominal and chest circumference changes during quiet breathing with two home-made respiratory belt transducers. Respiratory data was collected at rest during 3 minutes (baseline) and during the facial emotion perception test Emotest-VA, which lasts about 7 minutes. Inspiratory and expiratory time measurements were computed with LabChart version 7.3.5 (AD Instruments, Castle Hill, Australia). The number of breath cycles per minute provided the respiratory rate. We measured respiratory rate with the following formula $RR = 1/T_{Tot}$ with T_{Tot} the duration of one breathing cycle.

Respiratory data recorded during the Emotest-VA was also reported as a baseline variation in percentage. Relative respiratory rate during Emotest is defined as a variation ratio of baseline respiratory rate.

2.2.2 Facial motor assessment

Facial assessment is carried out as a routine clinical procedure for patients with Bell's palsy :

- the House and Brackmann grading scale [26], from Grade I (normal facial motility) to Grade VI (complete facial palsy).
- the Sunnybrook Facial Grading System [27], an assessment of facial movements, facial symmetry at rest and sequelae. Specific movements such as « forehead wrinkle » are observed. Normal facial function reaches a maximum score of 100.
- bilabial force using a dynamometer : a score below 150g indicates flaccid facial palsy whereas a score higher than 350g suggests hemifacial spasm [28]. Normal tone is characterized by a score between 150g and 350g.

2.2.3 Emotion assessment

Patients had to complete self-report questionnaire Positive and Negative Affect Schedule prior to testing [29]. With its two 10-item scales, positive (PANAS+) and negative affect (PANAS-) were measured.

Emotion perception was studied with the Emotest-VA (Emotest version A), which is a validated and computerized perception test of 24 dynamic facial pictures [30]. It was designed with black and white dynamic faces expressing highly recognizable emotions : anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise. Pictures occurred randomly for 500ms. For each pictures, patients were asked to recognize at least one basic emotion on a multiple-choice answer with scroll bars (Figure 1). We reported the total accuracy score of Emotest-VA. A facial emotion is considered to be correctly perceived when the patient rated his highest arousal on the congruent emotion bar.

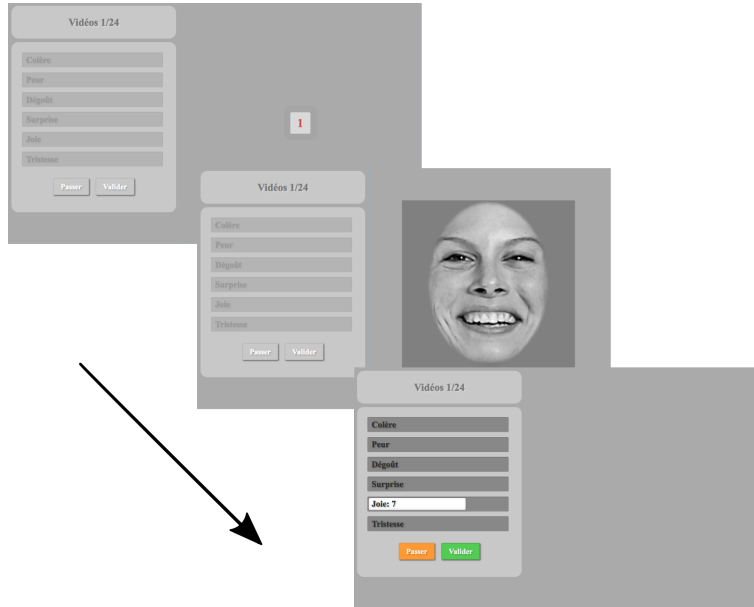


FIGURE 1 – Rating procedure of Emotest-VA

2.3 Statistical analysis

Descriptive and statistical analyses were conducted with the R software environment. The significance level was determined at the threshold $\alpha=.05$. We used the Bonferroni correction to test each individual hypothesis at $\alpha'=.0025$.

First, we conducted regression analyses between facial motor skills, measured with the SFGS scale, and respiratory times. The Kruskal–Wallis test by ranks was carried out to determine potential differences in respiratory times according to facial tone (flaccid, normal or hemispasm) at rest and during Emotest-VA.

Facial emotion perception was analyzed with total accuracy scores of Emotest-VA. Effect of respiratory patterns on Emotest-VA scores was studied with regression analyses and correlations.

	Duration of Facial Palsy			Facial assessment				Emotion assessment					
	N	Med	[IQR]	Bilabial force		SFGS		PANAS+		PANAS-		Emotest-VA	
Tone recovery				Med	[IQR]	Med	[IQR]	Med	[IQR]	Med	[IQR]	Med	[IQR]
Flaccid palsy	19	3,5	[3-17,5]	110	[85-120]	40	[26,25-63,5]	32,5	[27-34,75]	22	[17,25-28,75]	19	[17,25-21]
Normal tone	20	10	[3-18]	230	[180-312,5]	58	[43,75-65,25]	33,5	[29,5-37]	21	[15,5-23]	20	[18,75-21]
Hemispasm	21	19	[8,5-29,5]	470	[410-550]	66	[62-75]	37	[32-40]	19	[16-25]	20	[17-21]

TABLE 1 – Facial motor skills and emotions scores.

[IQR] = Interquartile range [Quartile 1 – Quartile 3]; Duration of facial palsy is reported in months.; SFGS = Sunnybrook Facial Grading System; PANAS= Positive and Negative Affect Schedule.

3 Results

3.1 Participants

Participants were divided in three groups according to their facial tone. When the facial palsy is severe, patients present flaccid tone. During their recovery, patients could develop sequelae such as post-paralytic hemispasm. Facial motor scores and emotion assessment were reported on table 1. Duration of facial palsy, PANAS and Emotest-VA scores were not significantly different between groups of patients. SFGS scores increased significantly with bilabial force $F(58) = 15.98, R2 = .218, p = .0002$.

3.2 Respiratory markers of facial palsy

We found no correlation between facial motor skills measured with SFGS and breathing activity at rest and during Emotest-VA.

During Emotest-VA, face tone were particularly sensitive to respiratory measures. Indeed, the occurrence of facial hemispasm was correlated with respiratory times during face perception. As patients improved their orbicularis oris tone, their breathing cycle were significantly shorter ($F(57) = 6.49, R2 = .103, p = .0014$).

Compared to baseline, relative respiratory rate increased significantly as bilabial strength improved ($\chi^2 = 16.50, df = 2, p = .0003$; Figure 2). Indeed, during Emotest-VA, respiratory rate was lengthened in patients with flaccid palsy (mean=86%, sd=04%), almost identical in patients with normal tone (mean=99%, sd=04%) and faster in patients with hemispasm (mean=107%, sd=04%).

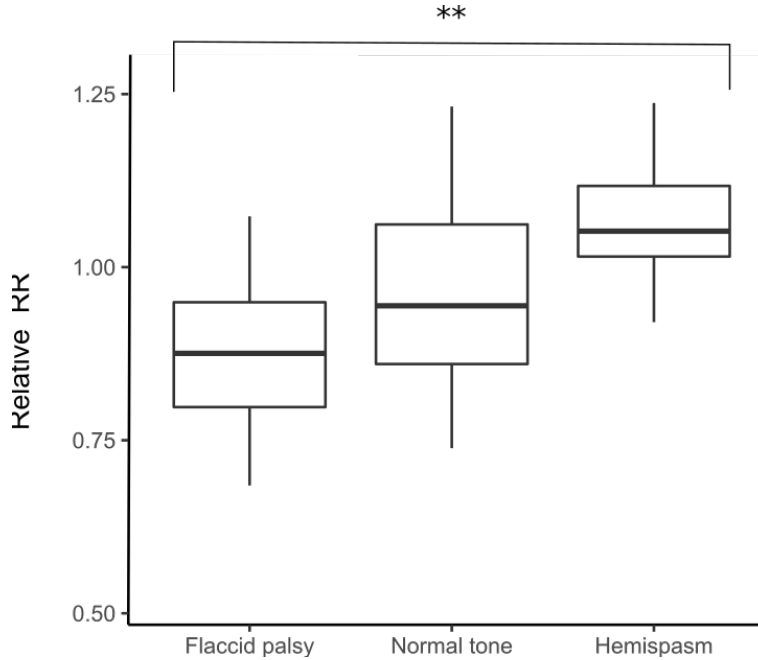


FIGURE 2 – Relative respiratory rate according to tone recovery. Boxplot are defined with upper fence $Q3 + (1.5 * IQR)$ and lower fence $Q1 - (1.5 * IQR)$

3.3 Respiratory markers of emotion perception

At rest, we do not observe any correlation between breathing activity and affect scores collected with the PANAS questionnaire.

During facial emotion perception (Emotest-VA), positive affect PANAS+ was negatively correlated to inspiratory time ($F(58) = 10,03, R2 = .150, p = .0025$). Furthermore, perception scores of Emotest-VA was negatively correlated to respiratory rate during facial perception ($F(58) = 13.10, R2 = .187, p < .001$). As the respiratory cycle lengthened, facial perception scores increased ($F(58) = 10.14, R2 = .136, p = .0023$).

4 Discussion

Facial impairment resulting from Bell’s palsy and its sequelae are functional [21], emotional and psychological [22, 31]. Indeed, facial display and automatic mimicry are hindered reducing emotional contagion [25]. As respiration is a sign of psycho-physiological activity, we aimed to determine respiratory markers of facial palsy in 60 patients with Bell’s palsy.

We decided to collect indirectly respiratory times with two belt transducers. Direct measurement of airflow would be more precise, but it would require subjects to wear inconvenient airflow transducers [2]. We have chosen to use non-invasive measuring instruments to allow facial mimicry during Emotest-VA. Long-term sequelae of Bell's palsy limits facial displays and automatic mimicry [32]. According to embodied cognition, we wanted to know if this lack of facial feedback had an impact on emotion perception and respiratory activity. To this end, the automatic mimicry of emotions should not be hindered by any invasive measurements tools.

On the one hand, we observed a link between facial tone and respiratory rate. On the other hand, respiratory rate was negatively correlated with facial perception scores. Positive affectivity was also related to inspiratory time. These respiratory markers of facial tone and facial perception were identified during the facial emotion perception task Emotest-VA. No respiratory markers were significantly revealed at rest. Further study with a larger sample size could find resting respiratory markers.

In 1983, Glaus and Kotses hypothesized a link between frontalis muscle tension and respiratory resistance through a vagal-trigeminal reflex [19]. In our study, the forehead area (measured with the SFGS scale) was not predictive to respiratory timing or amplitude. However, the lower part of the face was particularly sensitive. In our study, facial hemispasm was correlated with respiratory times during Emotest-VA but not at rest. Indeed, breathing cycles were significantly shorter in patients with hemispasm. Since the link between oral competence and respiratory times was specific to the emotion perception test, we hypothesized facial feedback effect on the respiratory rate. Our observations provided support to Pavesi theory of facial-respiratory synkinesis, resulting from enhanced motoneuron excitability, in patients with hemispasm [20]. Furthermore, as task-difficulty implies a significant increase of relative respiratory rate [14], we suggest that long-term lack of automatic mimicry induced by hemispasm amplify emotion task-difficulty. In the absence of mood disorder diagnoses, greater respiratory activity may also characterize chronic negative mood [11].

We aimed to understand the relationship between respiratory measures and patients' scores on the affect questionnaire and facial perception test. During Emotest-VA, positive affect (PANAS+) was negatively correlated with inspiratory time : patients were less precise to recognize facial emotion when their positive affect decreased. According to Rainville et al., 2006, an increased in respiratory activity composed the autonomic response pattern of happiness [33].

Perception scores of Emotest-VA were significantly improved when respiratory rate decreased. Respiratory patterns modified facial emotion perception. Respiratory unpleasant sensation altered fear recognition in orthers [34]. Anxiety bias on emotion perception could also explain these respiratory patterns [35] but we didn't found any correlation between affect scores and perception in Emotest-VA. Perception test included pictures with different valence and arousal. It could be relevant to analyze in a future study respiratory pattern according to these two dimensional features as in Gomez et al., 2004 [36].

We described respiratory markers of motor and emotional impairment in facial palsy. Respiration in Bell's palsy is relevant to relax muscle through visual biofeedback. By adjusting breathing behavior, emotional contagion ability could improve.

5 Conclusion

Our study investigated relationship between facial motility, respiration and emotion in patients with Bell's palsy. Our findings highlighted respiratory markers of motor and emotional impairment in Bell's palsy. Patients with post-paralytic hemispasm had specific respiratory profile during facial emotion perception. Emotion perception scores were correlated with respiratory rate, giving support to the relationship between respiration and emotion perception. Our findings provide clinical perspective in the management of Bell's palsy in order to improve muscle relaxation and emotional contagion ability through respiration exercises.

References

- [1] de Melo, C. M., Kenny, P., & Gratch, J. (2010). Real-time expression of affect through respiration. *Computer animation and virtual worlds*, 21(3-4), 225-234. <https://doi.org/10.1080/08839514.2010.492159>
- [2] Oh, S., Lee, J. Y., & Kim, D. K. (2020). The Design of CNN Architectures for Optimal Six Basic Emotion Classification Using Multiple Physiological Signals. *Sensors*, 20(3), 866. <https://doi.org/10.3390/s20030866>
- [3] Feleky, A. (1916). The influence of the emotions on respiration. *Journal of Experimental Psychology*, 1(3), 218.
- [4] Kragel, P. A., & LaBar, K. S. (2013). Multivariate pattern classification reveals autonomic and experiential representations of discrete emotions. *Emotion*, 13(4), 681. <https://doi.org/10.1037/a0031820>
- [5] Siegel, E. H., Sands, M. K., Van den Noortgate, W., Condon, P., Chang, Y., Dy, J., ... & Barrett, L. F. (2018). Emotion fingerprints or emotion populations? A meta-analytic investigation of autonomic features of emotion categories. *Psychological bulletin*, 144(4), 343. <https://doi.org/10.1037/bul0000128>
- [6] Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of personality and social psychology*, 39(6), 1161.
- [7] Boiten, F. A., Frijda, N. H., & Wientjes, C. J. (1994). Emotions and respiratory patterns : review and critical analysis. *International journal of psychophysiology*, 17(2), 103-128. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(94\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0167-8760(94)90027-2)
- [8] Homma, I., & Masaoka, Y. (2008). Breathing rhythms and emotions. *Experimental physiology*, 93(9), 1011-1021. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2008.042424>
- [9] Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion : A review. *Biological psychology*, 84(3), 394-421. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010>
- [10] Ma, X., Yue, Z. Q., Gong, Z. Q., Zhang, H., Duan, N. Y., Shi, Y. T., ... & Li, Y. F. (2017). The effect of diaphragmatic breathing on attention, negative affect and stress in healthy adults. *Frontiers in psychology*, 8, 874. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00874>

- [11] Lehrer, P., Buckman, J. F., Mun, E. Y., Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Udo, T., ... & Bates, M. E. (2013). Negative mood and alcohol problems are related to respiratory dynamics in young adults. *Applied psychophysiology and biofeedback*, *38*(4), 273-283. <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9230-9>
- [12] Maric, V., Ramanathan, D., & Mishra, J. (2020). Respiratory Regulation & Interactions with Neuro-Cognitive Circuitry. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *112*, 95-106. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.02.001>
- [13] Vlemincx, E., Van Diest, I., & Van den Bergh, O. (2015). Emotion, sighing, and respiratory variability. *Psychophysiology*, *52*(5), 657-666. <https://doi.org/10.1111/psyp.12396>
- [14] Grassmann, M., Vlemincx, E., von Leupoldt, A., Mittelstädt, J. M., & Van den Bergh, O. (2016). Respiratory changes in response to cognitive load : A systematic review. *Neural plasticity*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/8146809>
- [15] Evans, K. C., Dougherty, D. D., Schmid, A. M., Scannell, E., McCallister, A., Benson, H., ... & Lazar, S. W. (2009). Modulation of spontaneous breathing via limbic/paralimbic-bulbar circuitry : An event-related fMRI study. *Neuroimage*, *47*(3), 961-971. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.05.025>
- [16] Strohl, K. P., Hensley, M. J., Hallett, M., Saunders, N. A., & Ingram Jr, R. H. (1980). Activation of upper airway muscles before onset of inspiration in normal humans. *Journal of Applied Physiology*, *49*(4), 638-642. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.52.6.1432>
- [17] Kienstra, M. A., Gassner, H. G., Sherris, D. A., & Kern, E. B. (2005). Effects of the nasal muscles on the nasal airway. *American journal of rhinology*, *19*(4), 375-381. <https://doi.org/10.1177/194589240501900410>
- [18] Lindsay, R. W., Bhamra, P., Hohman, M., & Hadlock, T. A. (2015). Prospective evaluation of quality-of-life improvement after correction of the alar base in the flaccidly paralyzed face. *JAMA facial plastic surgery*, *17*(2), 108-112. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2014.1295>
- [19] Glaus, K. D., & Kotses, H. (1983). Facial muscle tension influences lung airway resistance; limb muscle tension does not. *Biological Psychology*, *17*(2-3), 105-120.

[https://doi.org/10.1016/0301-0511\(83\)90011-X](https://doi.org/10.1016/0301-0511(83)90011-X)

- [20] Pavesi, G., Medici, D., Macaluso, G. M., Ventura, P., Allegri, I., & Gemignani, F. (1994). Unusual synkinetic movements between facial muscles and respiration in hemifacial spasm. *Movement disorders*, *9*(4), 451-454. <https://doi.org/10.1002/mds.870090413>
- [21] Charters, E., & Coulson, S. (2020). Oral competence following facial nerve paralysis : Functional and quality of life measures. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/17549507.2020.1728380>
- [22] Hotton, M., Huggons, E., Hamlet, C., Shore, D., Johnson, D., Norris, J. H., ... & Dalton, L. (2020). The psychosocial impact of facial palsy : A systematic review. *British Journal of Health Psychology*, *25*(3), 695-727. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12440>
- [23] Neal, D. T., & Chartrand, T. L. (2011). Embodied emotion perception : amplifying and dampening facial feedback modulates emotion perception accuracy. *Social Psychological and Personality Science*, *2*(6), 673-678. <https://doi.org/10.1177/1948550611406138>
- [24] Prochazkova, E., & Kret, M. E. (2017). Connecting minds and sharing emotions through mimicry : A neurocognitive model of emotional contagion. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *80*, 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.05.013>
- [25] Picard, D., Lannadère, E., Frédéric, T., Georges, L., & Gatignol, P. (2018). Contagion émotionnelle et paralysie faciale périphérique. *Revue Neurologique*, *174*, S182. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2018.02.061>
- [26] House, W. E. (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg*, *93*, 184-193.
- [27] Ross, B. G., Fradet, G., & Nedzelski, J. M. (1996). Development of a sensitive clinical facial grading system. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, *114*(3), 380-386. doi : [10.1016/s0194-5998\(96\)70206-1](https://doi.org/10.1016/s0194-5998(96)70206-1)
- [28] Gatignol, P., Lannadere, E., Tankéré, F., & Lamas, G. (2011). Intensity of facial palsy with the dynamometer. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *54*, e248. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.rehab.2011.07.290>

- [29] Caci, Baylé (2007) l'échelle d'affectivité positive et d'affectivité négative. Première traduction en français. Congrès de l'Encéphale, Paris, pp. 25-27
- [30] Picard, D., Guerder, A., Lannadère, E., Similowski, T., & Gatignol, P. (soumis 2020) Emotest-VA and Emotest-VB : French normative data of two short emotion perception tests.
- [31] Ishii, L. E., Godoy, A., Encarnacion, C. O., Byrne, P. J., Boahene, K. D., & Ishii, M. (2011). What faces reveal : impaired affect display in facial paralysis. *The Laryngoscope*, *121*(6), 1138-1143. <https://doi.org/10.1002/lary.21764>
- [32] Coulson, S. E., O'Dwyer, N. J., Adams, R. D., & Croxson, G. R. (2004). Expression of emotion and quality of life after facial nerve paralysis. *Otology & neurotology*, *25*(6), 1014-1019. <https://doi.org/10.1097/00129492-200411000-00026>
- [33] Rainville, P., Bechara, A., Naqvi, N., & Damasio, A. R. (2006). Basic emotions are associated with distinct patterns of cardiorespiratory activity. *International journal of psychophysiology*, *61*(1), 5-18. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2005.10.024>
- [34] Vinckier, F., Morélot-Panzini, C., & Similowski, T. (2018). Dyspnoea modifies the recognition of fearful expressions by healthy humans. *European Respiratory Journal*, *51*(2). <https://doi.org/10.1183/13993003.02253-2017>
- [35] Kato, A., Takahashi, K., & Homma, I. (2018). Relationships between trait and respiratory parameters during quiet breathing in normal subjects. *The Journal of Physiological Sciences*, *68*(4), 369-376. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0539-7>
- [36] Gomez, P., Stahel, W. A., & Danuser, B. (2004). Respiratory responses during affective picture viewing. *Biological psychology*, *67*(3), 359-373. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.07.011>

**Étude 2 : Auditory smile, expression and perception
in patients with Bell's palsy**

Cet article est en cours de soumission.

**Auditory smile : expression and perception
in patients with Bell's palsy**

Picard, D.^{ab}, Borel, S.^b, Lannadère, E.^b, Hervochon, R.^b, Lamas, G.^b,
Tankéré, F.^b, Similowski, T.^{ac}, & Gatignol, P.^{ab}.

^a Sorbonne Université, INSERM, UMRS1158 Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique, Paris, France

^b AP-HP, ENT Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

^c AP-HP, SPMIR Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

Diane PICARD, Speech Language Therapist, ENT Department

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-5195-1760> Pitié-Salpêtrière University Hospital

47/83 Boulevard de l'hôpital

75651 Paris Cedex 13

diane.picard@aphp.fr ; +33662266041

Word count and relevant numbers

Abstract : w.328 ; Manuscript : w. ; Figures : 4 ; Table :1 ; References : 32.

Compliance with Ethical Standards :

- Conflict of Interest : The authors declare that they have no conflict of interest.
- Ethical approval : All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institution or practice at which the studies were conducted (ID-RCB : 2018-A01043-52).
- Informed consent : Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.
- The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Auditory smile : Expression and perception in patients with Bell's palsy

Abstract

Introduction : Patients with Bell's palsy are unable to convey their emotion through a smile. These difficulties result in a limitation of communicative participation.

Objectives : The main goal of the study was to determine acoustic markers of Bell's palsy in joy prosody. Our second objective was to understand whether patients with Bell's palsy had trouble perceiving the expression of joy in voice. In the context of embodied cognition and facial feedback, we investigated the link between facial mobility and the perception of auditory smile.

Method : Thirty men and thirty women with Bell's palsy were included (aged from 24 to 70, mean=55, med=56). Our research protocol was composed of two experiments using the Montreal Evaluation de la Communication protocol (Joanette et al., 2004) : (1) production of joy prosody and (2) perception of auditory smile. Prior to testing, patients completed psychological questionnaire and comprehensive facial motor assessment. We studied duration, intensity and pitch variation of their vocal expression.

Results : (1) Sentence duration was negatively correlated with the severity grade of facial palsy : the sentence was pronounced faster in patients with facial hypotonia (Sentence A : $F(59) = 7.589, p = .008$). Furthermore, patients who conveyed joy with ascending prosodic contour had better bilabial force than patients who interpret joy with descending contour (Sentence C : $Z = 2.715, p = .006$). (2) Facial palsy of patients who did not recognize the 4 auditory smile was significantly more severe ($Z = 2.733, p = .006$).

Conclusion : The duration of joy production and the ability to produce an ascending prosodic contour appear to be markers of recovery from facial paralysis. Patients who have recovered the Duchenne marker have better auditory smile perception skills. These results provide new perspectives in the management of patients with Bell's palsy. Emotional communication requires a multimodal approach, both in its facial and auditory dimensions, in terms of production and perception.

Keywords : Bell's Palsy ; Emotion ; Prosody ; Auditory smile

1 Introduction

Smiling is one of the most recognizable expressions of positive affect. The contraction of the zygomaticus major muscle (Facial Action Coding System : AU12 [1]) enables the rising of the lip corners. The Duchenne marker involving the contraction of the orbicularis oculi (AU6) separates true emotional smile and volitional smile [1]. The orbicularis oculi contraction implies a lifting of the cheeks, a narrowing of the eye opening and wrinkles around the eyes. Furthermore, smile has been identified with three main social functions [2] : the reward smile expressing positive affect, the affiliative smile maintaining social bonds and the dominance smile negotiating social status. The dominance smile is asymmetric and requires a unilateral elevation of the upper lip.

Patients with Bell's palsy are unable to perform any of these smiles. Facial nerve impairment affects emotional and voluntary motility of the entire face. Repercussions of facial palsy are multidimensional, reducing the patient's quality of life [3]. Expression of happiness through a smile is specifically impacted [3-4] leading to anxiety and/or depression symptoms [5-6]. Patients suffer from functional deficits such as closing their eyes, eating or speaking. Pathological tone of the orbicularis oris hinders patient's ability to pronounce bilabial sounds and rounded vowels [7]. A modification of the phonetic bursts, as well as a decrease in the second and third formant values were observed for the vowel /i/, showing that patients have difficulties in moving their lips [8]. Moreover, dysfluencies increase in patients with Bell's palsy to facilitate voluntary swallowing of saliva. Prosody through the rhythmic structure of the utterances is then impacted in patients with severe facial palsy. These difficulties result in a limited inclination to communicate and a fortiori social withdrawal [9].

Emotions in voice are carried by specific muscle contractions in the face and in the vocal apparatus. Similar to specific facial motor patterns described in discrete emotional states [1], precise acoustic parameters have been associated with vocal expression of emotions [10-11]. To that extent, Belin characterizes the voice as an "auditory face" : the voice enables recognition of one's identity and affective states [12]. Emotional vocal intonation is usually studied through three prosodic features : fundamental frequency F_0 (pitch), duration and intensity [13]. At the sentence level, pitch prosodic contours can be defined as a dynamic feature of F_0 variation : sen-

tences often come down to global ascending or descending overall contour shape. These acoustic parameters are necessary to characterize vocal emotions but are not sufficient to determine, through recognition algorithms, the various discrete emotions [14]. F_0 variation and F_0 range seem to be used by listeners to infer about the emotional state of the speakers [15]. Indeed, narrow F_0 range was seen as a sign of sadness while wide F_0 range was consistently judged as expressing high arousal. Emotions modulate the pitch continuously rather than categorically [16-17]. Emotions involving a high arousal (i.e anger, fear, or intense joy) show increased F_0 values, an increased intensity and a decrease in the duration of prosodic segments corresponding to a faster speech rate. At the opposite, emotions with a low degree of activation (sadness or boredom) have a decrease in F_0 and intensity values, and an increase in the duration of different segments [18]. Scherer described that “push effects” changed the voice production according to emotional arousal [14]. For example, increased tension of the laryngeal muscles produced higher fundamental frequency of the voice. However, social display rules known as “pull” factors influenced vocal expression. Measurements of voice result from the physiological response but also from the constraints governing socially acceptable expressions of emotion [14].

By tracking zygomaticus major muscle activity, facial reaction to smiled spoken sentences was observed in listeners even when they did not consciously detect auditory smiles [19-20]. Even in the absence of any visual stimuli, auditory smiles trigger spontaneously smiling facial motor programs. This suggests more emotional amodal recognition through motor simulation than facial mimicry. Everyday exposure to multimodal emotion expressions may have strengthened associations of emotion representations from individual modalities so that the recognition from one modality is associated with the recognition from another modality [21].

The main goal of the study was to determine acoustic markers of Bell’s palsy in joy expression. We wonder if the patients’ prosody was a sign of their facial impairment and psychological impact. Our second objective was to understand whether patients with Bell’s palsy had trouble perceiving the expression of joy in voice. In the context of embodied cognition and facial feedback, we investigated the link between facial mobility and the perception of auditory smile.

2 Material and Methods

2.1 Participants

Thirty men and thirty women with Bell’s palsy were included (aged from 24 to 70, mean=55, med=56). Twenty patients had flaccid facial paralysis (grade higher than III) and 40 patients recovered with sequelae (grade III). Among grade III patients, half received botulinum toxin injections to treat their sequelae. The non-inclusion criteria were uncorrected sensory disturbances, central neurological history, facial transplant or facial surgery. At least one week after reading the information notice, patients signed a written consent to participate in the research. This project was conducted in accordance with the declaration of Helsinki and followed institutional ethics board guidelines for research on humans (CPP n2018T2-09 ; ID-RCB : 2018-A01043-52).

Our research protocol was composed of two experiments : production of joy prosody (Experiment 1) and perception of auditory smile (Experiment 2). Prior to testing, patients completed psychological questionnaire and facial motor assessment (Table 1). Two patients were unable to complete Experiment 2 because of technical issues.

HB grade	N	STAI scores		Facial motor assessment	
		Trait anxiety Mean (SD)	State anxiety Mean (SD)	MBLF total score Mean (SD)	Bilabial force Mean (SD)
III (without BT)	20	43.45 (7.30)	37.5 (8.43)	92.6 (6.06)	328.75 (182.51)
III (with BT)	20	39.6 (7.80)	35.3 (11.45)	93.5 (5.26)	350 (176.58)
>III	20	41.75 (8.80)	40.15 (13.16)	76.1 (7.64)	178.95 (110.70)

TABLE 1 – Scores of psychological questionnaire and facial assessment of our sample.
HB : House & Brackmann grading scale ; BT : Botulinum Toxin
STAI : State Trait Anxiety Index ; MBLF = Motricité Bucco-Linguo-Faciale

2.2 Clinical analysis

2.2.1 Psychological questionnaire

Patients completed a self-report questionnaire State-Trait Anxiety Inventory (STAI), which is composed of 20 items for assessing trait anxiety and 20 items for state anxiety [22].

State anxiety is considered as an emotional response to a personally threatening situation and trait anxiety reflects the tendency to respond with state anxiety in the anticipation of threatening situations.

2.2.2 Facial motor assessment

Facial assessment in Bell's palsy is carried out as a routine clinical procedure :

- the House and Brackmann grading scale [23], from Grade I (normal facial motility) to Grade VI (complete facial palsy).
- The MBLF protocol [24], a comprehensive assessment of facial motor skills from 4 areas (eye, cheeks and mandibles, lips and tongue). 37 items are scored between 0 and 3 for a maximum total score of 111 points.
- bilabial force using a dynamometer : a score below 150g indicates flaccid facial palsy whereas a score higher than 350g suggests hemifacial spasm [25]. Normal tone is characterized by a score between 150g and 350g.

2.2.3 Experiment 1 : production of joy prosody

Patients were recorded with the microphone YetiPro USB 2.0 Blue Design, 92kHz/24 bit, in cardioid position. The microphone was placed 20 centimeters away from the patient. Acoustic analyses were conducted with speech analysis software PRAAT v. 5.2.01 [26].

Production of emotional prosody is a task from the Protocole Montréal d'Évaluation MEC [27]. It is a validated protocol for adults with an acquired verbal communication disorder. It consists of interpreting a sentence according to a context induced by the examiner. The participants conveyed 9 declarative sentences : 3 sentences with a happy tone, 3 sentences with a sad tone and 3 sentences with an angry tone. We were particularly interested in the emotions of joy with the following sentences :

- Sentence A : "Mon mari a brisé mon vase."
(mɔ̃ mari/ a bʁize / mɔ̃ vaz ; meaning : My husband broke my vase)

— Sentence B : "J'ai vu mon médecin aujourd'hui."

(ʒe vy/ mɔ̃ medəsɛ̃ /oʒuɛdɥi ; meaning : I saw my doctor today.)

— Sentence C : "J'ai reçu une lettre de mon père."

(ʒe ʁəsɥ/ yn letʁ/ də mɔ̃ pɛʁ ; meaning : I've received a letter from my father.)

Each sentence is divided into three prosodic segments. We noted S1 the first segment, S2 the second one and S3 the last one (Figure 1).

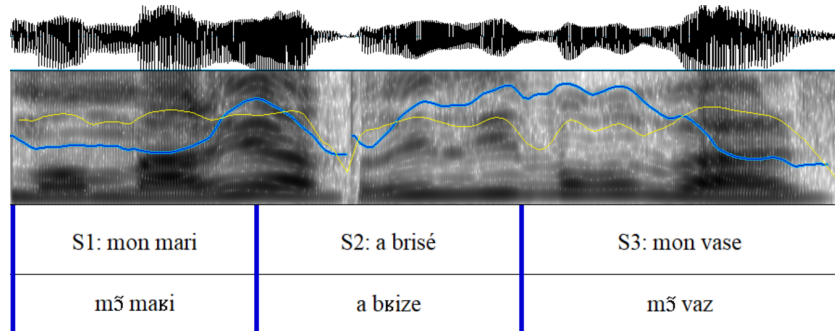


FIGURE 1 – Example of sentence B.

First channel is the waveform of the sound, the second channel is the spectrogram. Blue line represents the speaker's pitch. Yellow line represents intensity.

We reported four acoustic markers for the three joy sentences :

- The duration of the sentence (in milliseconds)
- The mean intensity of the sentence (in dB)
- The pitch ratio (ΔF_0). To obtain ΔF_0 , we averaged the F_0 of each prosodic segment. Then we defined the following formula :

$$\Delta F_0 = \left(\frac{\max(F_{S1}, F_{S2}, F_{S3}) - \min(F_{S1}, F_{S2}, F_{S3})}{F_S} \right)$$

with F_{S1} the mean pitch of the first prosodic segment, F_{S2} the mean pitch of the second segment, F_{S3} the mean pitch of the third segment and F_S the mean pitch of the sentence. The higher ΔF_0 is, the more the sentence is modulated.

- The melodic contour of the sentence : ascending or descending. The melodic contour is ascending when F_{S1} is lower than F_{S3} . The melodic contour is descending when F_{S3} is lower than F_{S1} .

2.2.4 Experiment 2 : Perception of auditory smile

Perception of emotional prosody is a task from the Montréal Evaluation de la Communication protocol [27]. Patients listened to 12 sentences (4 sentences with joy tone, 4 sentences with anger tone and 4 sentences with sadness tone). After each sentence, patients indicated on the answer sheet whether it was joy, anger or sadness. Patients who correctly identified the 4 expressions of joy formed group A ($n = 48$). Patients who recognized fewer than 4 expressions of joy made up group B ($n = 9$). 2 patients could not perform this task due to technical issues.

2.3 Statistical analysis

Descriptive and statistical analyses were conducted with the R software environment. The significance level was determined at the threshold $\alpha = .05$. Our first objective was to determine acoustic markers of Bell's palsy in joy expression (Experiment 1). Regression analyses were conducted between acoustic markers, facial assessment scores and anxiety scores. We used a Wilcoxon test to identify facial motor differences between patients with ascending and descending melodic contours in joy expression. Since no effect of botulinum toxin injections was observed on the production of vocal emotions, we gathered the grade III patients. Our second objective was to understand why patients with Bell's palsy had trouble perceiving the auditory smile in voices (Experiment 2). We carried out a Wilcoxon test to highlight facial motor differences between groups A (patients who correctly identified the 4 expressions of joy) and B (patients who recognized fewer than 4 expressions of joy).

3 Results

3.1 Experiment 1 : production of joy prosody

Sentence duration was negatively correlated with the severity grade of facial palsy for sentence A ($F(59) = 7.589, p = .008$) and sentence B ($F(59) = 4.388, p = .041$) : the sentence was pronounced faster when facial paralysis was severe (Figure 2).

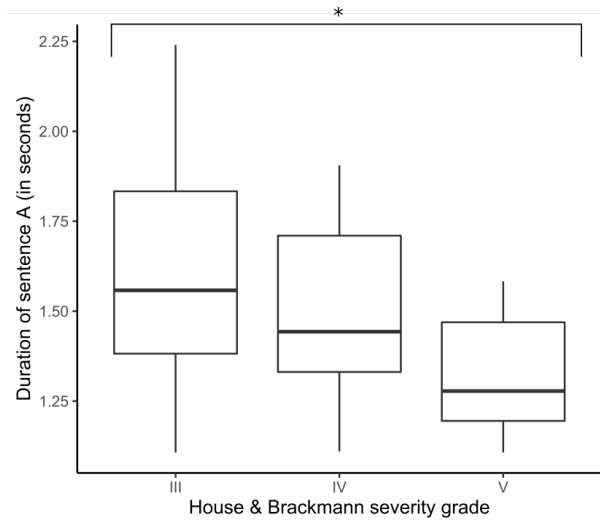


FIGURE 2 – Duration of sentence A according to House and Brackmann severity grade.

In sentence A, patients who convey joy with an ascending melodic contour had better cheek mobility (ascending tone : $n = 27$, mean= 25.52/30, sd= .63; descending tone : $n = 33$, mean= 23.48/30, sd= .57; $Z = 2.204$, $p = .028$). In addition, in sentence C, patients who convey joy with an ascending melodic contour had also better bilabial force (ascending tone : $n = 30$, mean= 349, sd= 31; descending tone : $n = 30$, mean= 228, sd= 30; $Z = 2.715$, $p = .006$, Figure 3).

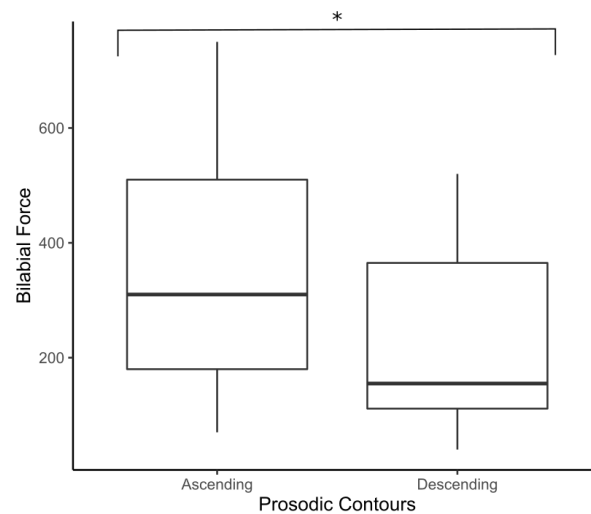


FIGURE 3 – Bilabial force of participant conveying sentence C with ascending or descending contours for joy emotion.

The mean intensity of the expression in decibels did not sign the severity of facial impairment. However, we noted a negative correlation between the STAI-state anxiety score and the mean intensity of the sentence B "*I saw my doctor today*". The more the patient experiences state anxiety, the more the voice intensity decreases ($F(58) = 7.169; p = .009$). Furthermore, the pitch ratio ΔF_0 of sentence B was negatively correlated to STAI-state anxiety scores ($F(59) = 4.4588, p = .039$). Patients who experienced state anxiety modulated less their voice. Duration of sentence C was also positively correlated to STAI-state anxiety scores ($F(59) = 7.348, p = .009$).

3.2 Experiment 2 : Perception of auditory smile

Group A who correctly identified the 4 vocal emotions of joy had significantly better facial motility MBLF total score than group B (group A : mean= 89.10, sd= 1.38 ; group B : mean= 80.00, sd= 3.23 ; $Z = 2.065, p = .0389$, Figure 4). Indeed, their facial palsy was less severe (group A : mean= 3.37, sd= .10 ; group B : mean= 4.22, sd= .23 ; $Z = 2.733, p = .006$). Face symmetry at rest was also better in group A (group A : mean= 3.71/6, sd= .16 ; group B : mean= 2.66/6, sd= .38 ; $Z = 2.371, p = .017$). Furthermore, eye mobility was better in group A (group A : mean= 5.73/9, sd= .29 ; group B : mean= 3.77/9, sd= .68 ; $Z = 2.303, p = .021$)

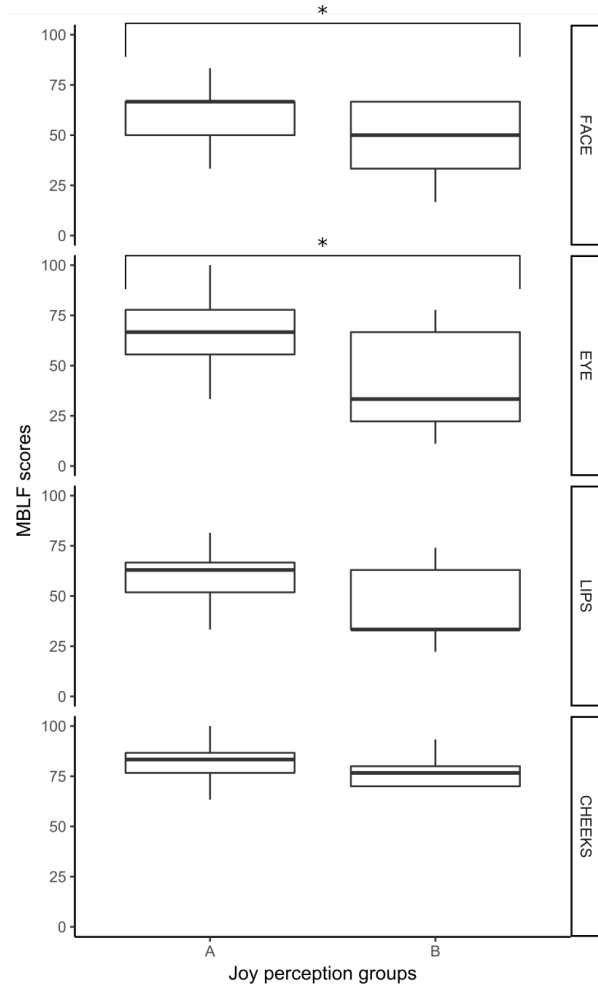


FIGURE 4 – Facial motor scores on the MBLF (in %) according to the ability to perceive joy in voice. Groupe A : Patients who correctly identified the 4 expressions of joy. Group B : Patients who recognized fewer than 4 expressions of joy.

4 Discussion

Acoustic analysis of vocal emotions highlight activation of facial and vocal tract musculature. Indeed, oro-labial characteristics affect the frequency of sounds produced [28]. Furthermore, the voice indicates one’s emotional state and contributes to emotional contagion. Patients with Bell’s palsy have difficulties moving their face. This motor impairment impacts their quality of life in various ways : in addition to functional limitation, they can not convey their emotions like they used to do [4]. The expression of joy through a smile is particularly affected and reflects the main communicative challenge of patients [5].

Experiment 1 : production of joy prosody

The objective of Experiment 1 was to determine acoustic markers of facial palsy through the expression of joy. To measure a person's ability to interpret emotions in a realistic situation with a standardized test seem impossible because the nature of social interaction, contextual and appraisal factors can not be completely monitored [29]. Nevertheless, in emotional induction tasks, changes in the emotional state can be observed even if it is not as pronounced as the expressions obtained in natural situations. Although the task of producing emotions is not natural, the results of our study indicate acoustic markers of patients' facial and emotional states. When conveying joy, sentence duration was negatively correlated with the severity grade of facial palsy for sentence A and sentence B. The sentence was pronounced faster in patients with facial hypotonia. Two hypotheses can explain this link between the duration of the sentence and facial motor skills. First, we suggest a motor hypothesis. Patients with grade IV and V present oral hypotonia that does not allow sufficient air resistance in the oral cavity to manage phonatory airflow over time. Indeed, patients anticipate drooling with an increased speech rate and utterances breaks [9]. The second hypothesis is more emotionally rooted. Emotions with low arousal are described with an increase in the duration of the prosodic segment (Johnstone and Scherer, 2005). Since all patients with grade III recovered from facial palsy with sequelae, an increase of their production duration could indicate a reduction of joy arousal. A study with control subjects would underline the relevance of one of its two hypotheses. In addition, a recording of a text reading instead of sentences would allow a better understanding of the phonatory rate.

Tone of the orbicularis oris and the motility of the cheek seem to play a key role in prosodic contours of sentence A and sentence C. Patients who conveyed joy with ascending prosodic contour had better oral tone and motility than patients who interpret joy with descending contour. As smiling affects voice with a general raise in pitch [28], ascending prosodic contour seemed to be more difficult to produce with facial palsy, especially when the retraction of the lips is hindered.

Patients who experienced state anxiety modulated less their voice (Sentence B), decreased the intensity (Sentence B) and increased the duration of their production (Sentence C). This results gives support to previous findings where somatic alterations associated with emotional responses modified these three acoustic parameters [30].

Future research could focus on an acoustic study of phonemes during the expression of joy. As smiling increases formants frequencies in speech, especially first formant F1 and second formant F2 [31], patients' ability to smile could be revealed on a segmental level. Mauclair et al., 2014 observed a decrease in the second and third formant values for the vowel /i/, showing that patients have difficulties in moving their lips [8].

Experiment 2 : Perception of auditory smile

Little is known about the vocal expression of smiles or “auditory smiles”. During emotion expression, there may be physical interdependence between face activation and vocal tract musculature. The oro-labial characteristics of facial expressions shape vocal emotions. Smiling affects vocalizations with a general raise in pitch [13, 28]. Auditory smiles can be identified by listeners without visual cues highlighting the human ability to infer the oro-labial gestures with acoustic features [19]. Studies about auditory smile revealed spontaneous facial reaction in listeners during the perception of vocal expression of joy [19-20, 32]. Embodied mechanisms such as automatic mimicry are well documented in visual processing of facial emotion [2, 32]. Voluntary and emotional facial motility are hindered in patients with Bell's palsy. Does facial impairment bias their perception of the auditory smile? To answer this question, we compared the facial motor skills of two groups of patients in Experiment 2. During an emotional prosody perception task, group A recognized the 4 expressions of joy (n=49) whereas group B did not correctly identify these expressions (n=9). Scores of facial assessment (MBLF protocol) were significantly higher in group A than group B, especially in terms of face symmetry at rest and eye mobility. The Duchenne marker is a sign of an emotional smile. In the context of facial palsy, the recovery of this marker would also indicate a better recognition of the vocal emotion of joy. Patients who are able to convey the emotional smile in the orbicularis oculi area perceived more precisely the auditory smile. In rehabilitation, it is then necessary to study the upper territory of

the face in order to evaluate the production and the perception of emotions. These first results bring out markers of the emotional perceptive capacities of patients with facial palsy. A more complete protocol containing more items would be relevant to reinforce these findings. Furthermore, assessment of facial motility was conducted as a clinical routine just before Experiment 2. It would be interesting to replicate the experiment by monitoring the patients' facial reactions when listening to the auditory smile with electromyography or visual tracking [19].

5 Conclusion

The motor and psychological effects of facial palsy are described in the scientific papers. Although the facial musculature and emotions modify the voice, few studies are focused on the vocal consequences of facial paralysis. First, the study aimed to identify acoustic markers of facial palsy in the vocal expression of joy. The duration of joy production and the ability to produce an ascending prosodic contour appear to be markers of recovery from facial paralysis. In addition, anxiety is perceptible in patients' voices in terms of modulation of the fundamental frequency, intensity and duration of the vocal production. The second objective of the research was to study the perception of auditory smile in paralyzed patients. Patients who have recovered the Duchenne marker have better smile perceptive abilities. These results provide new perspectives in the management of patients with facial palsy. Emotional communication requires a multimodal approach, both in its facial and auditory dimensions, in terms of production and perception.

References

- [1] Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). Manual of the facial action coding system (FACS). *Trans. ed. Vol. Consulting Psychologists Press, Palo Alto.*
- [2] Niedenthal, P. M., Mermillod, M., Maringer, M., & Hess, U. (2010). The Simulation of Smiles (SIMS) model : Embodied simulation and the meaning of facial expression. *Behavioral and brain sciences*, 33(6), 417. <https://doi.org/10.1017/S0140525X10000865>

- [3] Charters, E., & Coulson, S. (2020). Oral competence following facial nerve paralysis : Functional and quality of life measures. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/17549507.2020.1728380>
- [4] Coulson, S. E., O'Dwyer, N. J., Adams, R. D., & Croxson, G. R. (2004). Expression of emotion and quality of life after facial nerve paralysis. *Otology & neurotology*, 25(6), 1014-1019. <https://doi.org/10.1097/00129492-200411000-00026>
- [5] Hotton, M., Huggons, E., Hamlet, C., Shore, D., Johnson, D., Norris, J. H., ... & Dalton, L. (2020). The psychosocial impact of facial palsy : A systematic review. *British Journal of Health Psychology*, 25(3), 695-727. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12440>
- [6] VanSwearingen, J. M., Cohn, J. F., & Bajaj-Luthra, A. (1999). Specific impairment of smiling increases the severity of depressive symptoms in patients with facial neuromuscular disorders. *Aesthetic plastic surgery*, 23(6), 416-423. <https://doi.org/10.1007/s002669900312>
- [7] Gatignol, P & Lamas, G. Paralysies faciales. (2004) *Solal, Marseille*, 148 pages.
- [8] Maclair, J., Pellegrini, T., Le Coz, M., Robert, M., & Gatignol, P. (2014). Caractérisation acoustico-phonétique de parole provenant de patients atteints de paralysies faciales.
- [9] Robert, M., Maclair, J., Lannadere, E., Tankéré, F., Lamas, G., & Gatignol, P. (2013). Prosodic analysis of speech of patient affected by peripheral facial paralysis. *Revue de laryngologie-otologie-rhinologie*, 134(1), 13-19.
- [10] Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. Murray.
- [11] Ekman, P. (1984). Expression and the nature of emotion. *Approaches to emotion*, 3(19), 344.
- [12] Belin, P., Fecteau, S., & Bedard, C. (2004). Thinking the voice : neural correlates of voice perception. *Trends in cognitive sciences*, 8(3), 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.01.008>
- [13] Juslin, P. N., & Scherer, K. R. (2005). *Vocal expression of affect*. Oxford University Press.
- [14] Scherer, K. R. (2003). Vocal communication of emotion : A review of research paradigms. *Speech communication*, 40(1-2), 227-256. [https://doi.org/10.1016/S0167-6393\(02\)00084-5](https://doi.org/10.1016/S0167-6393(02)00084-5)

- [15] Scherer, K. R., & Oshinsky, J. S. (1977). Cue utilization in emotion attribution from auditory stimuli. *Motivation and emotion*, 14), 331-346. <https://doi.org/10.1007/BF00992539>
- [16] Bänziger, T., & Scherer, K. R. (2005). The role of intonation in emotional expressions. *Speech communication*, 46(3-4), 252-267. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2005.02.016>
- [17] 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. <https://dx.doi.org/10.1017%2FS0954579405050340>
- [18] Johnstone, T., & Scherer, K. R. (2000). Vocal communication of emotion. *Handbook of emotions*, 2, 220-235.
- [19] Arias, P., Belin, P., & Aucouturier, J. J. (2018). Auditory smiles trigger unconscious facial imitation. *Current Biology*, 28(14), R782-R783. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.05.084>
- [20] Magnée, M. J., Stekelenburg, J. J., Kemner, C., & de Gelder, B. (2007). Similar facial electromyographic responses to faces, voices, and body expressions. *Neuroreport*, 18(4), 369-372. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32801776e6>
- [21] Kuhn, L. K., Wydell, T., Lavan, N., McGettigan, C., & Garrido, L. (2017). Similar representations of emotions across faces and voices. *Emotion*, 17(6), 912. <https://doi.org/10.1037/emo0000282>
- [22] Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA : Consulting Psychologists Press.
- [23] House, W. E. (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 93, 184-193.
- [24] Picard, D., Lannadere, E., Robin, E., Hervochon, R., Lamas, G., Tankere, F., & Gatignol, P. (2020). Oro-facial motor assessment : validation of the MBLF protocol in facial palsy. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06150-0>

- [25] Gatignol, P., Lannadere, E., Tankéré, F., & Lamas, G. (2011). Intensity of facial palsy with the dynamometer. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54, e248. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.rehab.2011.07.290>
- [26] Boersma, P., & Weenink, D. (2020). Praat : doing phonetics by computer [Computer program]. Version 5.2.01, retrieved 30 September 2020 from <http://www.praat.org/>
- [27] Joannette, Y., Ska, B. & Côté, H. (2004). *Protocole Montréal d'Évaluation de la Communication*. Isbergues, France : Ortho Édition.
- [28] Ohala, J. J. (2010). What's behind the smile?. *Behavioral and Brain Sciences*, 33(6), 456-457. <https://doi.org/10.1017/S0140525X10001585>
- [29] Bänziger, T., Grandjean, D., & Scherer, K. R. (2009). Emotion recognition from expressions in face, voice, and body : the Multimodal Emotion Recognition Test (MERT). *Emotion*, 9(5), 691. <https://doi.apa.org/doi/10.1037/a0017088>
- [30] Laukka, P., Linnman, C., Åhs, F., Pissioti, A., Frans, Ö., Faria, V., ... & Furmark, T. (2008). In a nervous voice : Acoustic analysis and perception of anxiety in social phobics' speech. *Journal of Nonverbal Behavior*, 32(4), 195. <https://doi.org/10.1007/s10919-008-0055-9>
- [31] El Haddad, K., Torre, I., Gilmartin, E., Çakmak, H., Dupont, S., Dutoit, T., & Campbell, N. (2017, October). Introducing amus : The amused speech database. In *International Conference on Statistical Language and Speech Processing* (pp. 229-240). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68456-7_19
- [32] Dimberg, U. (1990). Facial electromyographic reactions and autonomic activity to auditory stimuli. *Biological psychology*, 31(2), 137-147.

Étude 3 : Effects of smile impairment and anxiety in emotion perception

Cet article est en cours de soumission.

Effects of smile impairment and anxiety in emotion perception

Emotion recognition in Bell's Palsy

Picard, D.^{ab}, Hervochon, R.^b, Lannadère, E.^b, Lamas, G.^b,
Tankéré, F.^b, Similowski, T.^{ac}, & Gatignol, P.^{ab}.

^a Sorbonne Université, INSERM, UMRS1158 Neurophysiologie respiratoire expérimentale et clinique, Paris, France

^b AP-HP, ENT Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

^c AP-HP, SPMIR Department of Pitié-Salpêtrière University Hospital, Paris, France

Diane PICARD, Speech Language Therapist, ENT Department

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-5195-1760> Pitié-Salpêtrière University Hospital

47/83 Boulevard de l'hôpital

75651 Paris Cedex 13

diane.picard@aphp.fr ; +33662266041

Word count and relevant numbers

Abstract : 235 w. ; Manuscript : 3000 w. ; Figures : 1 ; Table : 4 ; References : 40.

Compliance with Ethical Standards :

- Conflict of Interest : The authors declare that they have no conflict of interest.
- Ethical approval : All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institution or practice at which the studies were conducted (CPP : 2018T2-09 ; ID-RCB : 2018-A01043-52).
- Informed consent : Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.
- The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Effects of smile impairment and anxiety in emotion perception

Emotion recognition in Bell's Palsy

Abstract

Introduction : Patients with Bell's palsy suffer from functional deficits and cannot convey their emotion through the face as well as they used to. According to embodied cognition, automatic mimicry and facial feedback modulates emotion perception.

Objective : The aim of our study was to determine the impact of Bell's palsy on facial emotion perception. Facial motor skills and anxiety were the two variables of interest.

Method : 60 patients completed Emotest-VA, an assessment tool of facial emotion perception and affective questionnaires. Facial perception scores of patients were compared to the normative data provided by Emotest-VA. Relationships between facial motor skills, anxiety and perceptual abilities were carried out with regression analyses and Pearson's correlations.

Results : Patients were more ambiguous than normative population to perceive emotion ($t(23) = 4.14, p < .001$). Furthermore, perception accuracy scores were abnormal for 12% of patients. Happiness arousal was negatively correlated to smile asymmetry ($F(59) = 5.502, p = .022$). State anxiety decreased when patients could improve their horizontal smile ($r = -.440, p < .001$). Patients who received botulinum toxin were more accurate to perceive disgust ($Z = 2.714, p = .007$).

Discussion : Bell's palsy impaired sensorimotor simulation, thereby reducing emotional contagion. Smile measures could indicate patients' recovery and patients' anxiety. It could also predict patient's perceptual abilities.

Conclusion : These results provide new directions in management of Bell's palsy. Physical therapy consists of exercises that enhance patients' functional abilities. It is also relevant to improve emotional contagion both in its productive and perceptive aspects through facial feedback.

Keywords : Bell's palsy, facial feedback, emotion contagion, smile.

1 Introduction

Bell's palsy is the result of inflammation and compression of the facial nerve. Patients with facial palsy suffer from functional deficits such as closing their eyes, eating, speaking and conveying emotions with their faces [1, 2]. The psychological and functional repercussions are various, both in the acute and sequelae phases [3, 4]. The emotional contagion of happiness through a smile is specially affected [5]. Ipsilateral synkinesis, i.e. the involuntary activation of unrelated facial muscular units along with an intended movement, occur in non-flaccid facial palsy, reducing patient's quality of life [5, 6]. For the management of these abnormal facial muscle contractions, called synkinesis, physical rehabilitation combined with botulinum toxin injections is recommended [7].

The emotional impact of facial palsy is twofold [3]. Expression of their emotions is reduced and observers tend to negatively misjudge patients' facial displays [8, 9]. Patients with specific impairment of smiling showed anxiety and depression symptoms [4]. Indeed, a risk for depression increased in patients experiencing a reduced physiological feedback associated with smiling [10]. Delphi survey of Hamlet et al., in 2018, reported that research should evaluate the psychological impact specific to facial palsy in order to support patients emotionally and facilitate resilience [11].

We wondered if the perception of emotions was impacted, as emotion facial display are impaired in Bell's palsy. Indeed, embodied cognition suggests that people decode each other's expressions partly by simulating the perceived expression in their own facial musculature [12]. Facial mimicry is the tendency to imitate the emotional facial expressions of others. This automatic mimicry and the congruent facial feedback it provides, leads to emotional contagion. Emotional contagion refers to an affective state that matches the other's emotional display [13]. In 2017, Prochazkova and Kret defined emotional contagion in their neurocognitive model and extended the automatic mimicry to other modalities such as vocal and postural dimensions or gaze direction [14]. Many studies reported the effects of facial feedback impairment on the perception of facial emotions [12, 15, 16]. These findings provided support to the hypothesis of sensorimotor simulation [17, 18] : emotion recognition is enabled by running implicit motor

programs responsible for the production of that expression.

Botulinum toxin is widely used in facial feedback studies to inhibit facial mimicry and thus interrupting the feedback loop from the face [12, 19, 20]. These findings suggest that feedback from facial expressions is not necessary for emotional experience, but modulate emotional experience [21]. Furthermore, depression is characterized by biased facial emotion processing : depressed patients tend to interpret neutral faces as sad and happy faces as neutral [22]. As botulinum toxin could enhance more positive affectivity [23], injections to the glabellar region as an adjunctive treatment is recommended in treating depression [24].

Few researches focused on facial feedback in unilateral peripheral facial paralysis. A preliminary study described difficulties for patients to recognize facial emotions, but the data remained suggestive and no significant [25]. In 2016, Korb's team studied the laterality effect of facial paralysis on emotional perception and suggested that patients with a left hemiparalysis could develop emotion-recognition impairments [26]. More recently, the MEG study of Kheirkhah et al., 2020 indicated that patients with facial palsy could have abnormal brain emotional processing but strong limitations subsisted in the research (small sample size, several aetiologies of facial palsies, no age-matched control population) [27]. As Bell's palsy leads to loss of facial movement feedbacks, the main purpose of our study was to determine the impact of Bell's palsy on facial emotion perception. To this end, we compared patients to control participants using Emotest-VA, an assessment tool of facial emotion perception. In the hypothesis of a facial feedback impairment, we wondered whether patients' motor performance could affect their perceptive abilities. Given the effects of botulinum toxin on emotional perception, we compared patients who received toxin injections to the other patients. We also reported patients' anxiety and affectivity to understand emotion perception performances.

2 Material and Methods

2.1 Population

This study included 60 patients with Bell’s palsy, treated in our ENT department. At least one week after reading the information notice, patients signed a written consent to participate in the research. This project was conducted in accordance with the declaration of Helsinki and followed institutional ethics board guidelines for research on humans (CPP : 2018T2-09 ; ID-RCB : 2018-A01043-52)

The inclusion criteria were adults with Bell’s palsy, affiliated to the French social security system. As part of their clinical routine, patients have signed an informed consent of the right to use their pictures. The non-inclusion criteria were uncorrected sensory disturbances, central neurological history, facial transplant or facial surgery.

2.2 Clinical analysis

Our research protocol was composed of three parts. First, patients completed questionnaires on their anxiety and affectivity. Then we assessed their motor skills using specific tools. Finally, the patients completed a test on their perception of facial emotions.

2.2.1 Facial motor assessment

Facial assessment was carried out as a routine clinical procedure for patients with Bell’s palsy. It is composed of :

- the House and Brackmann grading scale [28], from Grade I (normal facial motility) to Grade VI (complete facial palsy).
- the MBLF protocol [29], a comprehensive assessment of facial motor skills from 4 areas (eye, cheeks and mandibles, lips and tongue). 37 items are scored between 0 and 3 for a maximum total score of 111 points.

- smile measures in mm, using the MEEI FACEgram software [30], which provides vertical rise (VRS), horizontal rise (HRS), diagonal rise (DRS). Smile angle is measured in degree ($\hat{A}RS$). By subtracting the measures on the paralysed side from those on the healthy side, we obtain a degree of smile asymmetry (ΔV for vertical asymmetry, ΔH for horizontal asymmetry, ΔD for diagonal asymmetry and $\Delta \hat{A}$ for angle asymmetry).
- bilabial force using a dynamometer : a score below 150g indicates flaccid facial palsy whereas a score higher than 350g suggests hemifacial spasm [31].

2.2.2 Anxiety and affective questionnaires

Prior to testing, patients completed self-report questionnaire State-Trait Anxiety Inventory (STAI), which is composed of 20 items for assessing trait anxiety and 20 items for state anxiety [32].

Patients also completed Positive and Negative Affect Schedule [33]. With its two 10-item scales, positive (PANAS+) and negative affect (PANAS-) were reported.

2.2.3 Facial emotion perception

Emotion perception was studied through the Emotest-VA, which is a validated and computerized perception test of 24 dynamic facial pictures [34]. Black and white dynamic faces expressing highly recognizable emotions appeared on computer screen in dynamic situations. Pictures occurred randomly for 500ms. Two men and two women expressed six basic emotions : anger, disgust, fear, happiness, sadness and surprise. For each pictures, patients choose at least one basic emotion on a multiple-choice answer with scroll bars.

Emotest-VA provides an age and gender calibration for accuracy and arousal scores. Total scores and emotion scores are standardised ($n = 148$). The arousal score refers to the value between 0 (emotion that is not arousing) to 10 (emotion is very exciting). Entropy is related to the ambiguity of a stimulus computed with their scroll bar ratings.

Mathematical formula of entropy is as follows :

$$-\sum \left(\frac{Se_i}{\sum Se_i} \log_2 \frac{Se_i}{\sum Se_i} \right)$$

with the sum Se_i of intensity scores allocated for each basic emotion e_i of the same stimulus. An unambiguous stimulus would have a score of 0. The most ambiguous stimulus would reach a score of 2.58, i.e. every basic emotion was given equal ratings on the scroll bars.

2.3 Statistical analysis

Descriptive and statistical analyses were conducted with the R software environment. The significance level was determined at the threshold $\alpha = .005$. Data was considered as suggestive when the p-value $<.05$ [35].

Based on the normative data, raw scores and Z scores were provided for each patient. Accuracy, arousal and entropy scores were compared to normative data using Student t-test. Pathological threshold was set at $-1.65SD$. Wilcoxon test was carried out to compare patients with pathological scores to patients whose scores were within the norm. The effect of botulinum toxin was studied using Wilcoxon test between patients who received the injections and the other patients. To describe how facial perception is related to facial motor skills, regression analyses were conducted. To explain the ins and outs of facial palsy on facial perception, Pearson's correlations between affective and perception scores were also carried out.

3 Results

3.1 Population

30 women and 30 men with Bell's Palsy were included in our study. Severity grades of their palsy were between III (recovery with sequelae) and V (severe facial palsy). 40 patients were grade III, half of whom received botulinum toxin injections (BT). 10 women and 10 men were graded higher than III. There were as many men as women in each severity group. 29 patients had a right-sided facial palsy.

We reported in table 1, scores of facial motility and smile measures in mm.

HB Grade	N	Facial motor skills				Paralysed smile measures in mm							
		Palsy duration		MBLF		VRS		HRS		DRS		ÂRS	
		In months		Total score		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
III (without BT)	20	13,45	14,85	92,60	6,07	13,02	5,95	30,10	4,48	33,13	5,62	112,61	8,75
III (with BT)	20	50,85	69,50	93,50	5,26	14,42	4,71	30,75	4,14	34,21	4,71	114,88	7,02
>III	20	3,25	2,88	68,56	6,88	6,62	5,39	25,11	4,54	26,55	4,23	105,03	12,47

TABLE 1 – Facial motility and smile measures according to severity group.

III=Recovery with sequelae; IV=Moderately severe dysfunction; V=Severe dysfunction; BT=Botulinum toxin; MBLF=Motricité Bucco-Linguo-Faciale; VRS=Vertical Rise of the Smile; HRS=Horizontal Rise of the Smile; DRS=Diagonal Rise of the Smile; ÂRS=Angle Rise of the Smile.

3.2 Facial perception of patients with Bell’s palsy

3.2.1 Comparison with normative data of Emotest-VA

Using normative data, we compared patients to a gender and age-matched controls. Control participants were suggestively more accurate (Mean=20.07 ±0.17SD) than patients (Mean=19.25±0.27SD), $t(206) = 2.52, p = .012$. Accuracy scores were abnormal for 12% of patients. Furthermore, patients found facial emotions significantly more ambiguous (Mean=0.97±0.44SD) than control participants (Mean=0.84±0.40SD), $t(23) = 4.14, p < .001$. However, patients perceived happiness more arousing (Mean=6.73±0.27SD) than control participants (M=6.03±0.17SD), $t(206) = 2.18, p = .031$.

3.2.2 Impact of facial motor skills in facial perception

We reported facial perception scores of Emotest-VA : accuracy scores (Table 2) and arousal scores (Table 3).

HB Grade	N	Accuracy scores													
		TOTAL /24		ANGER/4		DISGUST/4		FEAR/4		HAPPINESS/4		SADNESS/4		SURPRISE/4	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
III (without BT)	20	18,50	2,31	3,20	0,95	2,40	0,88	2,25	1,02	3,75	0,44	3,25	0,85	3,65	0,49
III (with BT)	20	20,00	2,29	3,40	0,82	3,35	0,59	2,60	0,88	3,85	0,49	3,10	0,91	3,70	0,47
>III	20	19,25	1,94	3,40	0,88	3,05	0,83	2,70	0,66	3,80	0,41	2,85	0,93	3,45	0,83

TABLE 2 – Accuracy scores of Emotest-VA according to severity grades of facial palsy.

III=Recovery with sequelae; IV=Moderately severe dysfunction; V=Severe dysfunction; BT=Botulinum toxin

HB Grade	N	Arousal scores													
		TOTAL /10		ANGER/10		DISGUST/10		FEAR/10		HAPPINESS/10		SADNESS/10		SURPRISE/10	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
III (without BT)	20	5,25	1,35	5,44	2,35	4,41	1,69	4,16	1,33	6,43	1,92	5,16	2,21	5,88	1,85
III (with BT)	20	6,15	1,20	6,50	1,48	6,11	1,58	5,25	2,01	6,96	1,96	5,53	2,09	6,54	1,68
>III	20	5,96	1,64	6,53	2,40	5,88	1,96	5,36	1,79	6,80	1,83	4,91	1,93	6,29	2,16

TABLE 3 – Arousal scores of Emotest-VA according to severity grades of facial palsy. III=Recovery with sequelae; IV=Moderately severe dysfunction; V=Severe dysfunction; BT=Botulinum toxin

When the asymmetry of the smile decreased, the arousal of happiness increased ($\Delta H : F(59) = 5.502, p = .022, \Delta D : F(59) = 4.657, p = .035$).

Accuracy and arousal scores of surprise were correlated with the vertical rise of the smile. Indeed, the higher the patient’s smile could rise, the more intensely the surprise was perceived (VRS : $F(59) = 7.374, p = .009, \hat{ARS} : F(59) = 7.232, p = .009$). Z scores of surprise perception accuracy were also correlated to the vertical rise of the smile (VRS : $F(59) = 5.833, p = .019, \hat{ARS} : F(59) = 5.35, p = .024$).

Z scores of sadness accuracy were correlated with total facial motility ($MBLF_{TOTAL} : F(59) = 4.707, p = .034$).

Botox effect was only observed for accuracy of disgust. Patient who received botulinum injections were more accurate to identify disgust than other patients ($Z = 2.714, p = .007$). There was no abnormal scores for disgust accuracy in patients with botulinum injections.

3.3 Affective state in facial emotional contagion

3.3.1 Impact of affective state in facial production

We reported in Table 4 the different scores of the State-Trait Anxiety Inventory (STAI) and the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS).

The STAI scale was the most sensitive scale. Indeed, State-anxiety scores were negatively correlated to smile measures in mm (HRS : $r = -.440, n = 60, p < .001$; DRS : $r = -.407, n = 60, p = .001$). When facial motor skills improved on MBLF total scores, state anxiety decreased ($r = -.292, n = 60, p = .024$).

HB Grade	N	Affective scores							
		STAI				PANAS			
		Trait anxiety		State anxiety		PANAS+		PANAS-	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
III (without BT)	20	37,50	8,43	43,45	7,30	32,90	6,10	21,95	7,31
III (with BT)	20	35,30	11,45	39,60	7,80	33,75	8,23	21,25	5,06
>III	20	41,75	8,80	40,15	13,16	33,10	4,83	20,05	7,19

TABLE 4 – Questionnaire scores according to severity grades of facial palsy
 III=Recovery with sequelae; IV=Moderately severe dysfunction; V=Severe dysfunction;
 BT=Botulinum toxin

3.3.2 Impact of affective state in facial perception

Happiness accuracy was correlated with negative affectivity (Figure 1) : patients with less negative affect were more successful in perceiving happiness ($r = -.404, n = 60, p = .001$).

State anxiety scores were suggestively higher when patients had pathological scores to perceive facial sadness ($Z = 2.208, p = .027$).

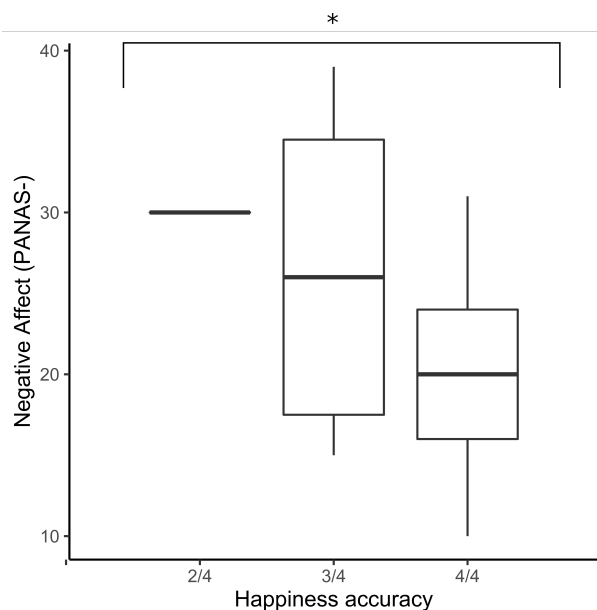


FIGURE 1 – Negative effectivity (PANAS -) according to happiness accuracy

4 Discussion

Bell's palsy impairs voluntary and emotional motor production. Sensory modulation could also be impacted. In addition, interlocutors do not correctly interpret facial displays of patients [8]. This negative feedback affects the patients' quality of life. Most of them suffer from anxiety and/or depressive symptoms [4]. The objective of our study was to determine how facial palsy modulates the recognition of facial emotions. Would the lack of facial feedback and/or the anxiety resulting from Bell's palsy interfere with the perception of emotions?

In the facial emotion recognition test Emotest-VA [34], 12% of patients had pathological results. These data confirm the tendencies reported in previous studies [2, 25]. As suggested by Neal and Chartrand (2011) [12], dampened facial feedback would explain why patients had lower emotion perception accuracy. Furthermore, in comparison with the control population, patients judged facial displays more ambiguous. Since the patients had facial deficit and synkinesis, their automatic mimicry may not have been congruent with their usual experiences, thereby making the perceived emotions more composite. We found that patients with Bell's palsy rated happiness more arousing than control participants. This result support findings of the recent MEG study of Kheirkhal et al., 2020 [27] : patients judged pleasant stimuli more positively than healthy controls. One possible explanation might be that patients are used to focus on their own reflections in the mirror, especially when smiling [36]. Instead of using facial feedback for happiness perception, they develop visual cues to identify a smile. We could also suggest that adults with a longer duration of Bell's palsy could then adapt similarly to those with congenital paralysis [37]. Nevertheless, we didn't objectify in our study a relationship between duration of Bell's palsy an emotion perception because of the variability in patients included. During the acute phase of Bell's palsy, the asymmetry of the smile is more significant and patients had not yet changed their strategies for evaluating the arousal of happiness. The arousal of happiness was correlated with the degree of smile symmetry, supporting the hypothesis of facial feedback in interpreting the emotions of others. This correlation provides support to previous study where facial feedback impairment affects arousal [16].

Perception of surprise, both in its accuracy and arousal, was correlated with the vertical rise of the smile. Smile measures indicated patients' recovery but could also predict patients' perceptual abilities. In our study, we objectified no significant correlations between frontal motor skills and the perception of surprise. Only smile vertical range was the most sensitive data in the perception of surprise. Overall, facial motility, as assessed by MBLF, was also correlated with the perception of sadness. These findings suggested an unspecific link between emotion perception and specific congruent mimicry [17].

Several studies of facial feedback used botulinum toxin as a method of inhibiting facial motor function. In Bell's palsy, botulinum toxin is used to treat sequelae by increasing face motility. We wondered whether botulinum toxin injections had an impact on the perception of facial emotions. Only the perception of disgust seemed to be improved with botulinum toxin injections. As the botulinum toxin was not injected in the levator labii alesque nasii (specific for disgust display), the improvement in disgust perception would be due to a global relaxation of the face and not a local effect of the botulinum toxin. We should note that disgust is relevant in facial feedback studies as its automatic mimicry is congruent with self-reported emotional contagion [17] and empathy [38].

No effect of botulinum toxin was found on anxiety or affectivity as it could be suggested by previous studies. Since the botulinum toxin did not intend to attenuate facial feedback (by preventing frowning), but to relax a spastic face, it seems consistent to find no effect of the injections on psycho-social questionnaires [7, 23].

Anxiety can bias the perception of facial emotions [39]. Since patients with facial paralysis experience anxiety symptoms, it was important to monitor this variable in our analysis [4]. Impairment of smiling is a significant predictor of anxiety and depression among patients with facial palsy [10]. Indeed, in our study the state anxiety measured with STAI scale was negatively correlated to smile horizontal amplitude. State anxiety decreased as patients recovered global motor skills and smiling. Furthermore state anxiety was higher in patients with abnormal sadness accuracy scores. Negative affectivity was negatively correlated to happiness accuracy : patients who had lower levels of negative affectivity perceived happiness better. These findings gave

support to the theory of a negative bias in emotion perception in patients with mood disorders [40].

The strength of our study is the comparison of patients to an age- and gender-matched control population. We acknowledge that we did not consider emotional valence. Since only happiness is considered as a positive emotion in the 6 primary emotions reported, we focused our analyses on arousal, accuracy and entropy. One of the limitations of our study is the non-inclusion of patients with grade II and grade VI. This recruitment bias can be explained easily. Since there is a week between the information notice and participation in the study, the patients have already reached grade V at the time of assessment. Patients with grade II, who are satisfied with their recovery, are usually lost to follow-up. It would then be interesting to study the emotional perception of patients in the very acute phase and to make judgements of emotional valences.

5 Conclusion

Our study investigated relationship between facial motility, facial perception and anxiety in Bell's palsy. Consistent with an embodied perception theory, our findings indicated emotional impairment in Bell's palsy. Smile measures could predict patient's emotional perception and their anxiety. Patients who received botulinum toxin were more accurate to perceive disgust. Our findings provide clinical perspective in the management of Bell's palsy in order to improve emotional contagion ability through emotion perception exercises.

References

- [1] Charters, E., & Coulson, S. (2020). Oral competence following facial nerve paralysis : Functional and quality of life measures. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/17549507.2020.1728380>
- [2] Picard, D., Lannadère, E., Frédéric, T., Georges, L., & Gatignol, P. (2018). Contagion émotionnelle et paralysie faciale périphérique. *Revue Neurologique*, 174, S182. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2018.02.061>

- [3] Dobel, C., Miltner, W. H., Witte, O. W., Volk, G. F., & Guntinas-Lichius, O. (2013). Emotional impact of facial palsy. *Laryngo-rhino-otologie*, *92*(1), 9-23. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327624>
- [4] Hotton, M., Huggons, E., Hamlet, C., Shore, D., Johnson, D., Norris, J. H., ... & Dalton, L. (2020). The psychosocial impact of facial palsy : A systematic review. *British Journal of Health Psychology*, *25*(3), 695-727. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12440>
- [5] Coulson, S. E., O'Dwyer, N. J., Adams, R. D., & Croxson, G. R. (2004). Expression of emotion and quality of life after facial nerve paralysis. *Otology & neurotology*, *25*(6), 1014-1019. <https://doi.org/10.1097/00129492-200411000-00026>
- [6] Mehta, R. P., WernickRobinson, M., & Hadlock, T. A. (2007). Validation of the synkinesis assessment questionnaire. *The Laryngoscope*, *117*(5), 923-926. <https://doi.org/10.1097/MLG.0b013e3180412460>
- [7] Neville, C., Venables, V., Aslet, M., Nduka, C., & Kannan, R. (2017). An objective assessment of botulinum toxin type A injection in the treatment of post-facial palsy synkinesis and hyperkinesis using the synkinesis assessment questionnaire. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, *70*(11), 1624-1628. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2017.05.048>
- [8] Ishii, L. E., Godoy, A., Encarnacion, C. O., Byrne, P. J., Boahene, K. D., & Ishii, M. (2011). What faces reveal : impaired affect display in facial paralysis. *The Laryngoscope*, *121*(6), 1138-1143. <https://doi.org/10.1002/lary.21764>
- [9] Dey, J. K., Ishii, L. E., Nellis, J. C., Boahene, K. D., Byrne, P. J., & Ishii, M. (2017). Comparing patient, casual observer, and expert perception of permanent unilateral facial paralysis. *JAMA facial plastic surgery*, *19*(6), 476-483. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2016.1630>
- [10] VanSwearingen, J. M., Cohn, J. F., & Bajaj-Luthra, A. (1999). Specific impairment of smiling increases the severity of depressive symptoms in patients with facial neuromuscular disorders. *Aesthetic plastic surgery*, *23*(6), 416-423.

- [11] Hamlet, C., Rumsey, N., Williamson, H., Johnson, K., & Nduka, C. (2018). Consensus research priorities for facial palsy : A Delphi survey of patients, carers, clinicians and researchers. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, *71*(12), 1777-1784. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2018.07.037>
- [12] Neal, D. T., & Chartrand, T. L. (2011). Embodied emotion perception : amplifying and dampening facial feedback modulates emotion perception accuracy. *Social Psychological and Personality Science*, *2*(6), 673-678. <https://doi.org/10.1177/1948550611406138>
- [13] Hatfield, E., Bensman, L., Thornton, P. D., & Rapson, R. L. (2014). New perspectives on emotional contagion : A review of classic and recent research on facial mimicry and contagion. <https://doi.org/10.23668/psycharchives.2195>
- [14] Prochazkova, E., & Kret, M. E. (2017). Connecting minds and sharing emotions through mimicry : A neurocognitive model of emotional contagion. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *80*, 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.05.013>
- [15] Wood, A., Lupyan, G., Sherrin, S., & Niedenthal, P. (2016). Altering sensorimotor feedback disrupts visual discrimination of facial expressions. *Psychonomic Bulletin & Review*, *23*(4), 1150-1156. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0974-5>
- [16] Lobmaier, J. S., & Fischer, M. H. (2015). Facial feedback affects perceived intensity but not quality of emotional expressions. *Brain sciences*, *5*(3), 357-368. <https://doi.org/10.3390/brainsci5030357>
- [17] Hess, U., & Blairy, S. (2001). Facial mimicry and emotional contagion to dynamic emotional facial expressions and their influence on decoding accuracy. *International journal of psychophysiology*, *40*(2), 129-141. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(00\)00161-6](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(00)00161-6)
- [18] Wood, A., Rychlowska, M., Korb, S., & Niedenthal, P. (2016). Fashioning the face : sensorimotor simulation contributes to facial expression recognition. *Trends in cognitive sciences*, *20*(3), 227-240. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.12.010>
- [19] Kim, M. J., Neta, M., Davis, F. C., Ruberry, E. J., Dinescu, D., Heatherton, T. F., ... & Whalen, P. J. (2014). Botulinum toxin-induced facial muscle paralysis affects amygdala responses to the perception of emotional expressions : preliminary findings from an ABA

- design. *Biology of mood & anxiety disorders*, 4(1), 11. <https://doi.org/10.1186/2045-5380-4-11>
- [20] Bulnes, L. C., Mariën, P., Vandekerckhove, M., & Cleeremans, A. (2019). The effects of Botulinum toxin on the detection of gradual changes in facial emotion. *Scientific reports*, 9(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48275-1>
- [21] Davis, J. I., Senghas, A., Brandt, F., & Ochsner, K. N. (2010). The effects of BOTOX injections on emotional experience. *Emotion*, 10(3), 433. <https://dx.doi.org/10.1037/a0018690>
- [22] Bourke, C., Douglas, K., & Porter, R. (2010). Processing of facial emotion expression in major depression : a review. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, 44(8), 681-696. <https://doi.org/10.3109/2F00048674.2010.496359>
- [23] Lewis, M. B., & Bowler, P. J. (2009). Botulinum toxin cosmetic therapy correlates with a more positive mood. *Journal of cosmetic dermatology*, 8(1), 24-26. <https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2009.00419.x>
- [24] Wollmer, M. A., de Boer, C., Kalak, N., Beck, J., Götz, T., Schmidt, T., ... & Sönmez, D. (2012). Facing depression with botulinum toxin : a randomized controlled trial. *Journal of psychiatric research*, 46(5), 574-581. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.01.027>
- [25] Konnerth, V., Mohr, G., & von Piekartz, H. (2016). Fähigkeit von Patienten mit einer peripheren Fazialisparese zur Erkennung von Emotionen—Eine Pilotstudie. *Die Rehabilitation*, 55(01), 19-25. <http://doi.org/10.1055/s-0042-100228>
- [26] Korb, S., Wood, A., Banks, C. A., Agoulnik, D., Hadlock, T. A., & Niedenthal, P. M. (2016). Asymmetry of facial mimicry and emotion perception in patients with unilateral facial paralysis. *JAMA facial plastic surgery*, 18(3), 222-227. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2015.2347>
- [27] Kheirkhah, M., Brodoehl, S., Leistritz, L., Götz, T., Baumbach, P., Huonker, R., ... & Klingner, C. M. (2020). Abnormal Emotional Processing and Emotional Experience in Patients with Peripheral Facial Nerve Paralysis : An MEG Study. *Brain Sciences*, 10(3), 147. <https://doi.org/10.3390/brainsci10030147>

- [28] House, W. E. (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 93, 184-193.
- [29] Picard, D., Lannadere, E., Robin, E., Hervochon, R., Lamas, G., Tankere, F., & Gatignol, P. (2020). Oro-facial motor assessment : validation of the MBLF protocol in facial palsy. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06150-0>
- [30] Bray, D., Henstrom, D. K., Cheney, M. L., & Hadlock, T. A. (2010). Assessing outcomes in facial reanimation : evaluation and validation of the SMILE system for measuring lip excursion during smiling. *Archives of facial plastic surgery*, 12(5), 352-354. <https://doi.org/10.1001/archfacial.2010.69>
- [31] Gatignol, P., Lannadere, E., Tankéré, F., & Lamas, G. (2011). Intensity of facial palsy with the dynamometer. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54, e248. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.rehab.2011.07.290>
- [32] Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). Manual for the State-Trait Anxiety Inventory. Palo Alto, CA : Consulting Psychologists Press.
- [33] Caci & Baylé (2007) L'échelle d'affectivité positive et d'affectivité négative. Première traduction en français. Congrès de l'Encéphale, Paris, pp. 25-27
- [34] Picard, D., Guerder, A., Lannadère, E., Similowski, T., & Gatignol, P. (soumis 2020) Emotest-VA and Emotest-VB : French normative data of two short emotion perception tests
- [35] Ioannidis, J. P. (2018). The proposal to lower P value thresholds to .005. *Jama*, 319(14), 1429-1430. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.1536>
- [36] Pouwels, S., Beurskens, C. H., Luijmes, R. E., & Ingels, K. J. (2016). Clinical importance of smiling in patients with a peripheral facial palsy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 69(9), 1305-1306. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2016.07.001>

4 Discussion

L'objectif de ce travail de thèse visait à déterminer un ou plusieurs marqueurs de la PFPI lors de la contagion émotionnelle. Nous discuterons dans un premier temps les résultats des trois études que nous avons menées sur les marqueurs physiologiques respiratoires et cognitivo-comportementaux vocaux et faciaux. Ces données nous permettront dans un second temps de modéliser, à partir du modèle neurocognitif des émotions (Prochazkova & Kret, 2017), les mécanismes, les obstacles et les leviers de la contagion émotionnelle, chez les patients PFPI.

4.1 Discussion générale des résultats

4.1.1 Marqueurs respiratoires (Étude 1)

Dans notre première étude intitulée "Emotional respiratory markers of Bell's Palsy", nous nous sommes interrogés sur les marqueurs respiratoires de la PFPI lors de la contagion émotionnelle. Pour cela, nous avons enregistré la respiration des patients au repos (ligne de base) et durant la tâche de perception des émotions faciales Emotest-VA.

Comparativement à la ligne de base, nous avons observé une accélération de la fréquence respiratoire lors de l'Emotest-VA, chez les patients présentant un hémispasme séquellaire (grade III). En effet, plus les patients récupéraient en force bilabiale, donc en tonus, plus les temps inspiratoires et expiratoires se réduisaient. Nous suggérons deux hypothèses explicatives.

L'une motrice : Comme nous l'avons abordé dans le chapitre 3, les afférences sensorielles trigéminales des muscles faciaux influencent l'activité vagale efférente (Glaus & Kotses, 1983). De plus, la commande respiratoire des patients présentant un hémispasme post-paralytique est modifiée par une excitabilité altérée du noyau facial (Strengé, Benz & Weber, 1994). En situation de contagion émotionnelle, l'augmentation de la fréquence respiratoire résulterait alors d'une altération de la rétroaction et de la simulation sensori-motrice faciale. En effet, la co-contraction permanente et involontaire des fibres musculaires, pourrait en situation de mimétisme facial, modifier le rythme respiratoire, tels des mouvements syncinétiques anormaux (Pavesi et al., 1994).

La seconde psychophysiologique : Dans le chapitre 1, nous avons expliqué qu'une augmentation de la fréquence respiratoire signait non seulement une activité sympathique relative au stress (Maric et al., 2020), mais également un recrutement des ressources lors d'une tâche cognitive complexe (Grassmann et al., 2016). Plus le sujet est impliqué dans une tâche, plus sa fréquence respiratoire augmente, afin de couvrir ses besoins en oxygène. Dans notre étude, en cas d'hémispasme séquellaire, la modification de la respiration pourrait être provoquée par la difficulté de la tâche de perception émotionnelle, en absence de rétroaction faciale efficace. Nous confirmons cette hypothèse puisque nous avons observé une accélération de la fréquence respiratoire en fonction des scores de perception de l'Emotest-VA. Effectivement, les scores étaient significativement abaissés quand la fréquence respiratoire augmentait. A contrario, la perception des émotions faciales étaient significativement améliorée lorsque la durée moyenne des cycles respiratoires s'allongeait.

Nous nous sommes également demandés si la respiration des patients PFPI était modulée par leur anxiété ou leur affectivité lors de la perception des émotions faciales (Kato et al., 2018). Dans notre étude, seul le score d'affectivité positive (PANAS+) a été corrélé négativement avec le temps inspiratoire (Kreibig, 2010). Plus précisément, les patients ressentaient davantage d'affectivité positive quand leur temps inspiratoire était réduit. Selon Rainville et al., 2006, une augmentation de l'activité respiratoire est observée comme réponse physiologique de la joie. Nous restons cependant prudents quant à l'interprétation de cette corrélation dans notre étude, étant donné la répartition statistique des données ($R^2=.150$). De plus, le test de perception Emotest-VA comprenait des stimuli de valence et d'arousal différents. Dans une future étude, il pourrait être pertinent d'analyser la respiration des patients, en fonction de ces caractéristiques bidimensionnelles spécifiques (Gomez et al., 2004). L'analyse des mouvements thoraciques et abdominaux permettrait également de préciser ces marqueurs respiratoires.

En résumé :

- Une accélération de la fréquence respiratoire est observée chez les patients présentant un hémispasme séquellaire.
- Plus leur fréquence respiratoire s'accélère, moins les patients perçoivent correctement les émotions faciales.

4.1.2 Marqueurs phonatoires (Étude 2)

Production vocale

Notre voix traduit notre état émotionnel et participe pleinement à la contagion de l'émotion. Nous sommes "sans voix", quand nous demeurons transis sous l'effet d'une vive émotion. Puisque les patients PFPI sont dans l'incapacité de transmettre leurs émotions faciales aussi aisément qu'ils en avaient l'habitude (Coulson et al., 2004), nous nous sommes demandés s'ils compensaient naturellement avec une prosodie plus expressive ou si, au contraire, celle-ci était émoussée par l'atteinte motrice faciale. Leur plainte principale concernant la réalisation d'un sourire symétrique (Pouwels, Luijmes & Ingels, 2016), nous nous sommes focalisés sur l'expression vocale de la joie. La prosodie émotionnelle a été étudiée à travers les mesures de fréquence fondamentale F_0 , de durée et d'intensité de leur production vocale. Bien que la tâche de production de la prosodie émotionnelle issue du protocole Montréal d'Évaluation de la Communication (Joanette et al., 2004) ne soit pas écologique, les résultats de notre étude indiquent tout de même des marqueurs acoustiques émotionnels de la PFPI.

Tout d'abord, le degré de sévérité de la PFPI influence la durée de la production vocale des phrases "Mon mari a brisé mon vase" et "J'ai vu mon médecin aujourd'hui". Plus la paralysie faciale est sévère (phase aigüe), plus la phrase est prononcée rapidement. Pour expliquer ce phénomène, nous formulons à nouveau deux hypothèses.

Une première hypothèse mécanique : Les patients de grade IV et V ont présenté une hypotonie faciale avec un déficit de perméabilité labiale. Ils anticiperaient alors les fuites de salive ou les fuites d'air, en accélérant leur débit de parole. Le rythme prosodique, par la gestion du débit d'air phonatoire, peut alors être modifié par la PFPI (Robert et al., 2013). Dans notre étude, le manque de significativité statistique entre la durée de la production vocale et les mesures de pression bilabiale n'a pu vérifier cette hypothèse.

Une hypothèse émotionnelle peut également être défendue. Comme décrites dans le chapitre 1, les expressions des émotions de faible arousal sont caractérisées par une augmentation de la durée du segment prosodique (Scherer, 2005). Puisque les patients de grade III ont récupéré avec des séquelles (spastiques et/ou syncinétiques), l'allongement de la durée de leur production vocale pourrait indiquer une diminution de leur arousal de joie. En phase aigüe, les patients hypotoniques n'auraient alors pas encore modifié leur manière d'exprimer la joie avec leur voix. Une étude avec des sujets contrôles permettrait d'étayer cette seconde hypothèse.

Le tonus de l'orbiculaire des lèvres et la motricité de la joue semblent également jouer un rôle clé dans les contours prosodiques de la joie pour les phrases "Mon mari a brisé mon vase" et "J'ai reçu une lettre de mon père". En effet, les patients exprimant la joie avec un contour prosodique ascendant présentaient un meilleur tonus et une meilleure motricité labiale que les patients qui interprétaient la joie avec un contour prosodique descendant. Le contour prosodique ascendant nécessite une élévation générale de la fréquence fondamentale. Cette élévation est rendue possible par la rétractation des lèvres induite par un sourire (Ohala, 2010). Le contour prosodique ascendant semble alors plus difficile à produire lorsque la motricité labiale est sévèrement impactée par la PFPI.

Nous avons décrit dans le chapitre 3 les conséquences psycho-sociales de la PFPI, notamment une majoration de symptômes anxieux et dépressifs (Hotton et al., 2020). Nous nous sommes alors demandés si un troisième facteur, d'ordre psychologique pouvait expliquer les modifications phonatoires des patients PFPI. Est-ce que l'anxiété des patients influençait la modulation de leur prosodie émotionnelle ? Dans notre étude, plus les patients expérimentaient

une anxiété d'état, moins la phrase "J'ai vu mon médecin aujourd'hui" était fréquemment modulée (analyse du ΔF_0). Ce marqueur d'anxiété d'état est peut-être à mettre en lien avec le contenu sémantique de cette phrase spécifique, prononcée en contexte hospitalier. Répliquer cette étude à l'aide d'un plus grand corpus de phrases permettrait alors de valider l'effet de l'anxiété sur la production phonatoire émotionnelle.

De futures recherches pourraient se concentrer sur une étude acoustique des phonèmes pendant l'expression de la joie. Mauclair et al., 2014 ont déjà pu observer une diminution des valeurs des deuxième et troisième formants pour la voyelle /i/, signant ainsi les difficultés des patients à étirer leurs commissures labiales. En ce qui concerne le sourire sonore, l'analyse fréquentielle des différents formants de la parole pourrait ainsi révéler la capacité des patients à sourire (El Haddad et al., 2017).

Perception vocale

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, l'écoute de sourires sonores induit une réaction faciale spontanée chez les auditeurs (Arias, Belin & Aucouturier, 2018). L'altération de la motricité faciale des patients PFPI impacte-t-elle leur perception des expressions vocales de joie (sourire sonore)? Pour répondre à cette question, nous avons comparé les capacités motrices faciales de deux groupes de patients. À l'inverse du groupe A (n=49), le groupe B (n=9) n'a pu reconnaître les 4 expressions de joie lors de la tâche de perception de la prosodie émotionnelle (Joanette et al., 2004). Les scores de la motricité-bucco-linguo-faciale étaient significativement plus élevés dans le groupe A que dans le groupe B, notamment en termes de symétrie faciale au repos et de mobilité de l'orbiculaire des paupières. Nous suggérons alors que la récupération d'une symétrie au repos et d'une activation du marqueur de Duchenne influence la perception des sourires sonores. Le rétablissement d'une rétroaction faciale améliorerait la perception des expressions vocales d'autrui, mettant ainsi en évidence le caractère supra-modal du mimétisme et de la rétroaction faciale (Magnée et al., 2007). En rééducation, il est alors nécessaire d'étudier le territoire supérieur du visage afin de mieux apprécier la récupération motrice des patients PFPI d'une part (Picard et al., 2020) et leurs capacités de perception émotionnelle d'autre part. Nous restons cependant nuancés sur ces résultats, dans la mesure où les statistiques restent non

paramétriques et les groupes A et B non homogènes. Une étude avec un échantillon de patients plus grand permettrait de renforcer cette hypothèse. De plus, l'évaluation de la motricité faciale a été réalisée en début de protocole. Il serait intéressant de reproduire l'expérience en contrôlant les réactions faciales des patients lors de l'écoute du sourire sonore par électromyographie ou enregistrements vidéo, telle l'étude d'Arias, Belin & Aucouturier, 2018.

En résumé :

- Plus la paralysie faciale est sévère, plus l'expression vocale de joie est prononcée rapidement.
- Les patients interprétant la joie avec un contour prosodique ascendant présentent une meilleure mobilité labiale et jugale.
- La récupération d'une symétrie faciale au repos et du marqueur de Duchenne améliore la perception des sourires sonores.

4.1.3 Marqueurs faciaux (Étude 3)

Perception des émotions faciales

L'objet de notre troisième étude était de déterminer si les patients PFPI présentaient des difficultés de perception des émotions faciales, à l'aide du test Emotest-VA. Pour cela nous avons comparé les scores totaux de perception des patients PFPI à ceux de la population normative (calibrage en âge et en sexe). De manière générale, les patients percevaient moins précisément les émotions faciales que la population contrôle. Au seuil pathologique de $-1,65ds$ (Amieva, Michael, & Allain, 2011), 12% des patients présentaient des scores pathologiques. Ces données confirment les tendances signalées dans les études précédentes (Picard et al., 2018; Konnerth et al., 2016). Comme le suggèrent Neal et Chartrand (2011), un feedback facial diminué expliquerait un défaut de précision de la perception des émotions.

En ce qui concerne l'arousal de l'émotion faciale, les patients PFPI percevaient avec plus d'intensité l'émotion de joie que les sujets contrôles. Ce résultat confirme les conclusions de la récente étude en magnéto-encéphalographie de Kheirkhah et al., 2020, où les patients jugeaient les images agréables de manière plus positives que les sujets contrôles. L'attention portée par les patients sur leur image dans le miroir, en particulier lorsqu'ils sourient (Pouwels et al., 2016), en vie quotidienne ou lors des séances de rééducation, expliquerait leur attrait pour les indices visuels dans la perception de la joie. En effet, à défaut d'utiliser la rétroaction faciale pour la perception de la joie, ils développeraient la perception du sourire à l'aide d'indices visuels. Nous pouvons également suggérer que les patients ayant une PFPI de longue durée s'adaptent de la même manière que ceux atteints de paralysie faciale congénitale (Rives Bogart & Mastumoto, 2010). Néanmoins, nous n'avons pas objectivé dans notre étude une relation entre la durée de la PFPI et la perception des émotions, en raison de la variabilité des patients inclus.

Grâce aux mesures d'entropie, nous avons mis en évidence que les patients jugeaient les émotions de manière plus ambiguë. Nous supposons que leur mimétisme automatique, entravé par le déficit facial et/ou la présence de séquelles, ne correspondait peut-être pas à leurs expériences habituelles, rendant ainsi les émotions perçues plus composites.

Rétroaction faciale

Nous nous sommes demandés si les difficultés de perception des émotions faciales des patients PFPI étaient liées à une modification de leur rétroaction faciale. Nous avons relevé une influence de l'asymétrie du sourire sur la perception de l'arousal de l'émotion faciale de joie. En effet, plus les patients présentaient un sourire asymétrique (asymétrie horizontale ΔH et diagonale ΔD), moins la joie était perçue intensément. Cette corrélation confirme l'importance de la rétroaction faciale sur la perception de l'arousal des émotions (Lobmaier & Fischer, 2015), puisque l'incapacité d'effectuer un sourire symétrique influence la perception du sourire chez autrui. En phase aigüe, les patients PFPI n'auraient pas encore adapté leur stratégie d'évaluation de l'arousal de la joie et se fieraient à la rétroaction faciale de leur sourire asymétrique. Au fur et à mesure de la récupération avec séquelles, les patients se détacheraient de leur rétroaction faciale et se concentreraient davantage sur les indices visuels pour percevoir l'arousal du sourire.

La toxine botulique, comme méthode d'inhibition de la motricité faciale, a souvent été utilisée dans les études sur la rétroaction faciale (cf. Chapitre 2). Dans la PFPI, la toxine botulique améliore la motricité faciale en limitant les séquelles motrices spastiques et syncinétiques (Neville et al., 2017). La toxine botulique influence-t-elle la perception des émotions faciales chez les patients PFPI? Dans notre étude, seule la perception du dégoût est améliorée chez les patients bénéficiant d'injections de toxine botulique. Notons que le mimétisme automatique de l'émotion de dégoût est particulièrement sensible dans les études sur la contagion émotionnelle et l'empathie (Rymarczyk et al., 2016). De précédentes études montrent que les sujets présentant une déficience esthétique de la tête et du cou reconnaissent moins l'émotion du dégoût que des sujets non défigurés (Lisan et al., 2018). Les auteurs expliquent ces résultats par une adaptation perceptive, un phénomène d'accoutumance ou des stratégies de régulation des émotions. En effet, les patients présentant une défiguration du visage semblent moins sensibles aux expressions faciales de dégoût, puisqu'ils font régulièrement face à cette expression chez autrui. Leur perception de dégoût serait alors émoussée, afin qu'ils puissent poursuivre sereinement leurs interactions sociales. Dans notre étude, la toxine botulique, en améliorant fonctionnellement et esthétiquement le visage des patients rétablirait alors la perception du dégoût. Comme la toxine botulique n'est pas injectée dans le levator labii alesque nasii (muscle dont l'activation est spécifique à l'expression du dégoût), l'amélioration de la perception du dégoût serait due à une relaxation globale du visage et non à un effet local de la toxine botulique.

Anxiété et affectivité

L'anxiété peut biaiser la perception des émotions faciales (Demenescu et al., 2010). L'anxiété d'état, mesurée avec l'échelle STAI (Spielberger et al., 1983), était négativement corrélée à l'amplitude horizontale et diagonale du sourire. L'anxiété d'état diminuait au fur et à mesure que les patients recouvraient leurs capacités motrices globales.

L'état mental des patients PFPI influençait également la perception de la tristesse et de la joie. En effet, l'anxiété d'état était plus élevée chez les patients présentant des scores de perception de la tristesse pathologiques. De plus, la perception de la joie était modifiée par l'affectivité négative des patients (PANAS-). Plus les patients ressentaient une affectivité négative, moins ils

percevaient correctement l'émotion de joie. Ces résultats confirment la théorie d'un biais négatif dans la perception des émotions, chez les patients souffrant de troubles de l'humeur (Münkler et al., 2015).

Aucun effet de la toxine botulique n'a été trouvé sur l'anxiété ou l'affectivité comme cela a pu être suggéré par des études précédentes (Bulnes et al., 2019). Comme la toxine botulique ne visait pas à atténuer le feedback facial (en empêchant les froncements de sourcils par exemple), mais à détendre un visage spastique, il semble cohérent de ne pas observer d'impacts des injections sur les scores aux questionnaires psycho-sociaux (Neville et al., 2017 ; Lewis & Bowler, 2009).

En résumé :

- Par rapport aux sujets contrôles, les patients PFPI perçoivent les émotions faciales de manière moins précise et plus ambiguë.
- Plus le sourire des patients est asymétrique, moins l'arousal de la joie est jugé intense.
- Les injections de toxine botulique améliorent la perception de l'émotion de dégoût.
- La perception de la joie et de la tristesse est influencée par l'état psychologique des patients (anxiété d'état et affectivité).

4.1.4 Limites méthodologiques

Une des limites méthodologiques de nos études réside dans la non-inclusion des patients de grade II et de grade VI. En effet, ce biais de recrutement peut aisément être expliqué. Comme nous avons proposé aux patients une semaine de délai entre la lecture de la notice d'information de participation à la recherche et l'inclusion, les patients de grade VI avaient commencé leur récupération et étaient devenu grade V lors de la passation. En ce qui concerne les patients de grade II, ceux-ci étaient satisfaits de leur récupération motrice et ne revenaient plus à l'hôpital. Ils étaient considérés comme perdus de vue. Il serait effectivement pertinent d'analyser dans une future étude les mécanismes de la contagion émotionnelle pour ces patients de grades II et VI, afin de confirmer nos résultats.

Bien que les scores de l'Emotest-VA (Picard et al., soumis) et du protocole MEC (Joanette et al., 2004) soient standardisés, le recrutement de participants "contrôles" semble nécessaire pour compléter nos analyses respiratoires et acoustiques. En effet, comparer la respiration et la phonation des patients PFPI à celles de sujets contrôles permettrait de mieux comprendre les mécanismes d'accélération de la fréquence respiratoire lors de l'Emotest-VA et de durée de production vocale lors du protocole MEC.

Par ailleurs, l'évaluation de la motricité faciale a été réalisée en début de protocole. Il serait intéressant d'enregistrer la rétroaction faciale spontanée lors des tâches de perception des émotions faciales et vocales, pour corrélérer plus spécifiquement la production et la perception émotionnelle.

4.2 Modèle de la contagion émotionnelle appliquée à la PFPI

À partir des résultats ci-dessus, nous avons appliqué le modèle neurocognitif de la contagion émotionnelle (Prochazkova & Kret, 2017) à la paralysie faciale périphérique idiopathique. Après avoir décrit la production émotionnelle des patients paralyés, nous expliquerons comment la contagion émotionnelle est entravée et comment celle-ci peut être optimisée (Figure 33).

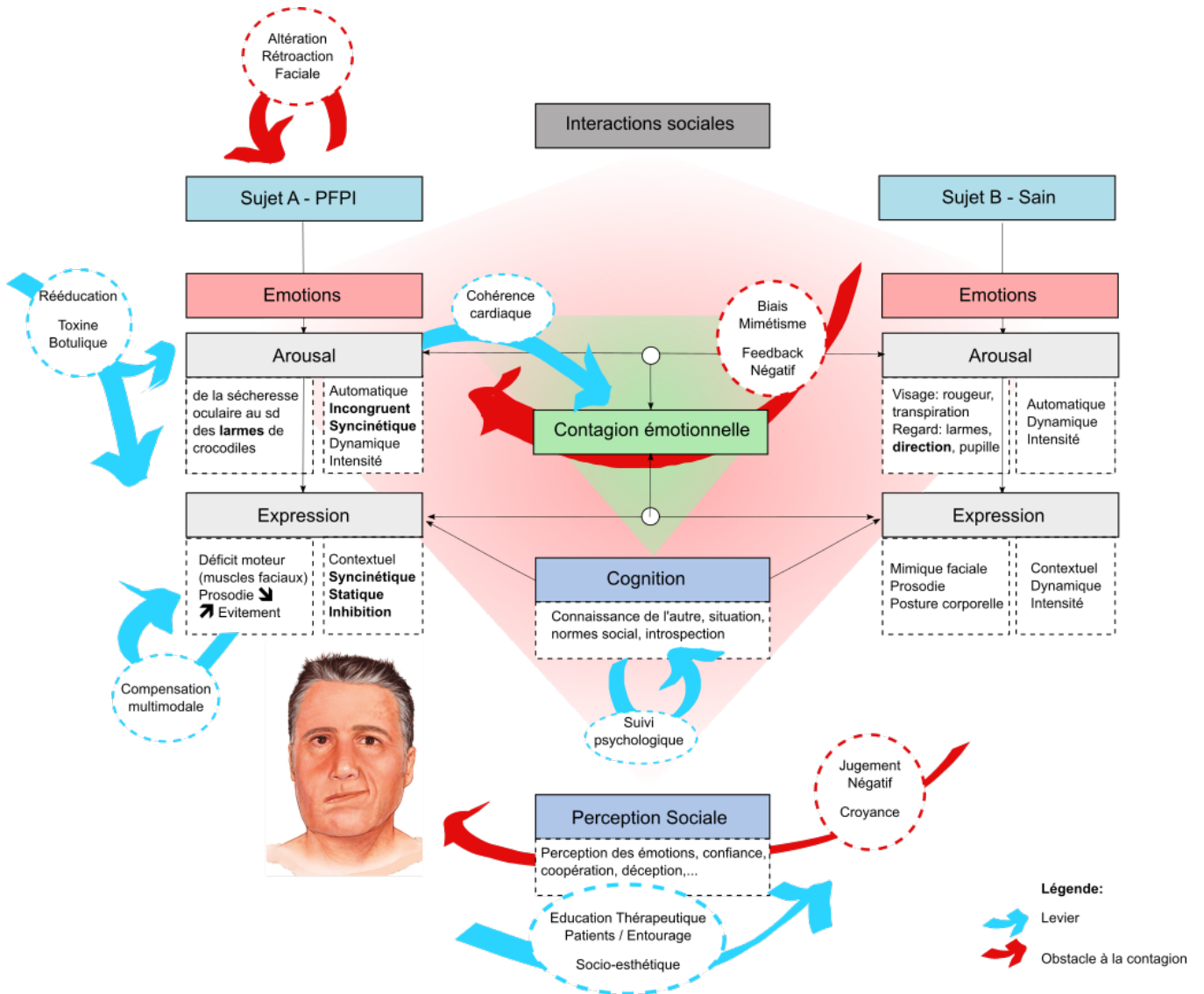


FIGURE 33 – Modélisation de la contagion émotionnelle appliquée à la paralysie faciale périphérique idiopathique, adaptée du modèle neurocognitif des émotions (Prochazkova & Kret, 2017).

Lors des interactions sociales, les sujets imitent les expressions faciales, les intonations ou la posture de leurs interlocuteurs. À l’instar du modèle neurocognitif des émotions (Prochazkova & Kret, 2017), nous distinguons le mimétisme autonome du mimétisme moteur expressif. En effet, les sujets A et B ne se limitent pas à imiter l’expression faciale de l’autre, ils se lient également au niveau physiologique et, sans en avoir conscience, synchronisent leur arousal (Figure 33). Quel est l’impact de la paralysie faciale périphérique idiopathique (PFPI) sur la contagion des émotions ? Dans cette modélisation, le sujet A présente une PFPI tandis que le sujet B est un interlocuteur tout-venant.

4.2.1 Production émotionnelle des patients PFPI (Sujet A)

Arousal physiologique

Dans leur modèle, Prochazkova & Kret (2017) définissent le mimétisme autonome comme une synchronisation de l’arousal physiologique entre les sujets aux niveaux hormonal, cardiaque, respiratoire ou pupillaire.

Nous avons décrit dans le chapitre 3 les conséquences respiratoires de l’atteinte faciale. En effet, en cas de PFPI, la valve nasale peut se collaber par absence de mobilité des muscles dilateurs des narines, mais aussi par des contractures musculaires séquellaires (Papon & Maalouf, 2013). Ces difficultés respiratoires nasales peuvent mettre en péril la synchronisation respiratoire des patients PFPI lors des interactions sociales. Des exercices neuromusculaires de l’alae nasi, plus ou moins associés à des techniques de feedback, peuvent être proposés pour améliorer la respiration nasale des patients (Vaiman et al., 2005). Secondairement, une correction de la base alaire à l’aide de fascia lata peut également être préconisée, améliorant ainsi significativement la régulation du flux aérien nasal et la qualité de vie des patients PFPI (Lindsay et al., 2015).

Les larmes, signaux physiologiques émotionnels, jouent également un rôle essentiel dans la contagion de l’émotion (Prochazkova & Kret, 2017). En diminuant la perception de la direction du regard ou des changements de taille de la pupille, les intentions du sujet deviennent moins perceptibles. De plus, en brouillant la vision, les larmes empêchent les actions agressives ou défensives, et signalent l’apaisement, le besoin ou l’attachement (Hasson, 2009). La tristesse chez

autrui est d'ailleurs perçue plus intensément si des larmes sont présentes (Provine, Krosnowski & Brocato, 2009). La sécrétion lacrymale, assurée par les fibres parasympathiques du nerf facial, est ainsi impactée en cas de PFPI :

- En phase aigüe, les complications médicales de la PFPI sont principalement d'ordre ophtalmologique (sécheresse oculaire, kératite ou ulcère de la cornée) et nécessitent l'administration de collyres ou de larmes artificielles (Fieux et al., 2020). Les patients sont ainsi dans l'incapacité d'hydrater naturellement leur oeil. Par conséquent, la production émotionnelle des larmes et son mimétisme autonome sont entravés.
- En phase séquellaire apparaît le syndrome gusto-lacrymal de Bogorad, communément appelé "syndrome des larmes de crocodiles". Il s'agit d'un larmolement abondant homolatéral à la PFPI, survenant lors de la mastication et de la salivation. Ce phénomène résulte d'une réinnervation aberrante des fibres nerveuses parasympathiques du nerf auriculotemporal et du nerf facial, en amont du ganglion géniculé. A l'instar des syncinésies motrices, la commande sécrétrice destinées aux glandes salivaires serait alors orientée vers la glande lacrymale (Joseph et al., 2017). Les patients PFPI, au stade de séquelles, sont fonctionnellement et socialement gênés par ce larmolement intempestif, notamment lors des situations d'interactions sociales comme les repas (Mehta & Hadlock, 2008). Des injections de toxine botulique peuvent alors être proposées, notamment en pré-tarsal pour inhiber temporairement le syndrome des larmes de crocodiles (Kyrnizakis et al., 2004) et améliorer le confort oculaire et le contrôle lacrymal des patients (Mehta & Hadlock, 2008). Ce geste technique nécessite cependant une formation spécifique car des complications, certes réversibles, peuvent survenir comme un ptosis de la paupière ou une sécheresse oculaire (Baranano & Miller, 2004).

Expression cognitivo-comportementale faciale

Selon l'étude de Coulson et al., 2004, la moitié des patients interrogés se jugent inefficaces dans la production d'une des six émotions primaires. Ce sentiment est majoré chez les patients présentant des séquelles syncinétiques (Coulson et al., 2004). La plainte principale des patients paralysés faciaux concerne cependant l'expression faciale de la joie à travers un sourire symétrique (Pouwels, Luijmes & Ingels, 2016). Comme nous l'avons montré lors de la validation de la Motricité Bucco-Linguo-Faciale, les mesures du sourires sont corrélées aux échelles d'évaluation globale de la motricité faciale. Dans une étude préliminaire de 2018, nous avons demandé à un jury naïf d'attribuer une valeur d'arousal aux expression de joie des patients paralysés faciaux (Picard et al., 2018). L'arousal était corrélé aux différentes mesures du sourire des patients paralysés faciaux, confirmant à nouveau l'altération de leur production de la joie, par une réalisation motrice imparfaite du sourire. En ce qui concerne la latéralité émotionnelle, les sourires des patients étaient significativement jugé plus intenses quand la paralysie faciale était latéralisée à gauche (Picard et al., 2018). Cela renvoie à l'étude de Powels et al., 2014, selon laquelle les sourires des patients paralysés à gauche sont jugés plus attractifs que les droites. Comme une préférence universelle pour le côté droit dans la reconnaissance des émotions faciales a été démontré, les patients atteints de paralysie faciale droite seraient plus à risque de développer des troubles de l'humeur ou une limitation des interactions sociales (Ryu et al., 2016). Dans notre étude, aucune différence significative a été observé entre les patients PFPI gauche et droite aux différents questionnaires psychologiques (STAI et PANAS). Une étude plus précise des profils psychologiques des patients permettrait alors de confirmer les données de Ryu et al., 2016. Ces informations sont utiles pour le clinicien, dans la mesure où les facteurs psychologiques et sociaux doivent être pris en compte lors du traitement des patients PFPI (Tienman et al., 2020).

La Société Française d'Oto-Rhino-Laryngologie (SFORL) recommande une prise en charge rééducative pour toute PFPI sévère ou présentant des facteurs de mauvaise récupération (Fieux et al., 2020). La rééducation fonctionnelle a pour objectif la récupération d'une expressivité faciale optimale et la réappropriation du schéma corporel (Gatignol et al., 2011b). Nous préconisons la *Neuromuscular Retraining*, une rééducation qui associe des massages externes et internes ainsi que des exercices pratiques lents, symétriques et de faible amplitude (Diels &

Combs, 1997). Elle permet le développement du contrôle cortical des mimiques faciales et la réhabilitation du sourire dans les situations de communication de la vie quotidienne. La *Mime Therapy*, une technique de réhabilitation hollandaise créée par le mime Bonk et le médecin ORL Devriese, peut également être proposée (Beurskens & Heymans, 2003). Elle vise à traiter les séquelles de PFPI et à symétriser le visage, aussi bien au repos qu'en mouvement à partir d'exercices sur les émotions faciales. Finalement, en phase séquellaire, les patients peuvent bénéficier d'injections de toxine botulique, en complément de la rééducation, pour inhiber les séquelles syncinétiques et améliorer leur qualité de vie (Fuzi et al., 2020). Plus ou moins associés à ces injections, des ateliers de socio-esthétique peuvent également être mis en place et contribuer au bien-être esthétique des patients (Saghatchian et al., 2008). L'objectif de ces ateliers ne consistent pas à cacher le handicap facial mais au contraire à mettre en valeur le visage du patient, et à améliorer son estime de soi.

Expression cognitivo-comportementale faciale

Les influences de la motricité faciale sur la prosodie émotionnelle mettent en évidence une supra-modalité de l'expressivité émotionnelle. En effet, les résultats de notre seconde étude indiquent des marqueurs acoustiques émotionnels de la PFPI. Tout d'abord, le degré de sévérité de la PFPI influençait la durée de leur production vocale. De plus, les patients qui avaient le mieux récupéré au niveau labial et jugal exprimaient la joie avec un contour prosodique ascendant. En complément de la *Mime Therapy* ou d'ateliers théâtraux, un travail spécifique sur la prosodie vocale émotionnelle pourrait améliorer les interactions sociales des patients. En rééducation, Bogart et al., 2014, relève d'ailleurs la pertinence des comportements expressifs compensatoires multimodaux (vocaux et posturaux) chez les patients présentant une paralysie faciale périphérique sévère.

Communication et qualité de vie

Selon Dobel et al., 2013, la paralysie faciale entraîne un véritable trouble émotionnel. Les patients évitent les contacts sociaux, renforçant ainsi leur trouble de la communication. La sévérité de la paralysie faciale restreint les activités des patients (Pavese et al., 2020). Ils connaissent des limitations importantes de leur participation à la communication, comparables à celles des

patients souffrant de cancer de la tête et du cou (Kim et al., 2018). L'accès aux suivis psychologiques pour les patients PFPI s'avère nécessaire pour les soutenir dans la reconquête de leur visage et optimiser leurs interactions sociales (Hotton et al., 2020).

4.2.2 Réponse émotionnelle

Sujet B perçoit Sujet A

Arousal

Nous avons décrit dans le chapitre 1, les trois différents sourires sociaux (Rychlowska et al., 2017). Les sourires des patients PFPI peuvent s'apparenter malgré eux au sourire de dominance dans la mesure où celui-ci est asymétrique. Contrairement aux sourires de récompense ou d'affiliation, percevoir des sourires de dominance en situation de stress engendre des augmentations du rythme cardiaque et du cortisol salivaire, ce qui suggèrent une réponse émotionnelle négative (Martin et al., 2017). Lors de la contagion émotionnelle, le patient PFPI (sujet A) en souhaitant exprimer un sourire de récompense peut ainsi induire une réponse physiologique négative chez le sujet B, celui-ci ayant interprété le sourire comme dominant. De plus, le regard du sujet B se dirige instinctivement sur les lèvres du patient paralysé, modifiant ainsi le contact oculaire, élément fondamental de la communication (Ishii et al., 2009). Le sujet B se focalise alors sur le sourire asymétrique du patient et non sur les autres unités d'action motrice du sujet A.

Expression faciale

D'après l'étude d'Ishii et al., 2011, le jugement du visage paralysé par un interlocuteur non averti est négatif. Alors que le sujet A souhaite exprimer une émotion neutre ou positive de joie, le sujet B perçoit une émotion négative telle que la colère, la peur ou le dégoût (Ishii et al., 2011). Il a été démontré que le handicap facial, d'étiologies variées, génère une émotion de dégoût chez les observateurs ; le niveau de dégoût rapporté augmente avec la gravité du handicap facial (Shanmugarajah et al., 2012). Le sujet A, conscient de la perception négative qu'il suscite, réagit en conséquence par du stress, de l'anxiété ou des symptômes dépressifs (Dobel et al., 2013).

Perception sociale

Il existe une dissonance entre le vécu subjectif de la PFPI et la perception du handicap facial par autrui. Par rapport à la perception que les patients ont d'eux-mêmes, les observateurs évaluent la paralysie faciale de manière plus négative (Dey et al., 2017). Ils estiment plus sévèrement la qualité de vie des patients (Goines et al., 2016).

Une guidance psychologique pour les patients et leur entourage permettrait de diminuer ces dissonances cognitives. Aider les patients à verbaliser leurs ressentis pourrait d'une part les soutenir dans leur processus de résilience, et d'autre part influencer le regard de l'autre. Comme suggéré par Bogart & Tickle-Degnen, 2014, un programme d'éducation thérapeutique des patients et de leur entourage est souhaitable pour améliorer les interactions sociales des patients paralysés faciaux.

4.2.3 Perception émotionnelle

Sujet A perçoit les émotions de Sujet B

Arousal physiologique

Les résultats de notre première étude sur les marqueurs respiratoires montraient une accélération de la fréquence respiratoire chez les patients PFPI présentant un hémispasme lors de la perception des émotions faciales. Cette accélération de la fréquence respiratoire signalait les difficultés perceptives des patients. Nous avons décrit dans le chapitre 1 que la cohérence cardiaque influençait la capacité du sujet à ajuster son degré d'arousal en fonction de l'environnement (Servant et al., 2008). Associée à la relaxation, la méditation ou le biofeedback, la cohérence cardiaque pourrait améliorer la régulation émotionnelle et la synchronisation respiratoire des patients lors de la contagion émotionnelle. En adaptant le comportement respiratoire, la contagion émotionnelle pourrait s'optimiser.

En ce qui concerne la perception de l'arousal d'une émotion faciale, nous avons suggéré dans notre troisième étude que les patients en phase séquellaire se fiaient davantage aux indices visuels qu'à leur rétroaction faciale lors de la perception de la joie. Un travail spécifique rééducatif sur la préservation du contact oculaire et la reconnaissance visuelle des unités d'actions motrices

émotionnelles pourrait être engagé, dès la phase aiguë, pour pallier les difficultés perceptives des patients PFPI.

Expression cognitivo-comportementale faciale

Notre troisième étude a mis en évidence un défaut de perception des émotions faciales en lien avec une atténuation de la rétroaction faciale. Tout d'abord, comparativement à la norme, les patients PFPI percevaient moins précisément et de manière plus ambiguës les émotions faciales, confirmant ainsi les théories de la cognition incarnée (Neal et Chartrand, 2011 ; Wood et al., 2016). Une asymétrie anatomique de l'expressivité faciale en faveur de l'hémiface gauche est décrite dans la littérature (Borod, Haywood, & Koff, 1997 ; Dimberg & Petterson, 2000). Par conséquent, une atteinte du mimétisme et de la rétroaction faciale gauche altérerait davantage la perception des émotions faciales chez les patients PFPI. L'étude de Korb et al., confirme cette hypothèse dans la mesure où les patients paralysés faciaux à droite présentaient une perception des émotions faciales plus rapide et plus précise que les patients paralysés faciaux gauche. La perception des émotions faciales serait alors davantage à travailler chez les patients PFPI gauches.

L'importance de la rétroaction faciale sur la perception de l'arousal des émotions (Lobmaier & Fischer, 2015) a été confirmé par la corrélation entre l'asymétrie du sourire et la perception de l'arousal de la joie. Plus le sourire des patients est asymétrique, plus la perception de l'arousal de la joie est entravée. Ainsi, une rééducation ciblée sur la symétrie du sourire telle que la *Neuromuscular Retraining* ou la *Mime Therapy* est préconisée pour rétablir une proprioception et une rétroaction faciales optimales. En complément, la toxine botulique permet d'aider la symétrisation du visage en inhibant les syncinésies séquellaires. De plus, en améliorant la détente du visage, celle-ci influence la perception des émotions faciales, notamment la perception de l'émotion de dégoût.

Expression cognitivo-comportementale vocale

Dans notre seconde étude, nous avons suggéré que la récupération d'une symétrie au repos et d'une activation du marqueur de Duchenne influençait la perception des sourires sonores. Le rétablissement d'une rétroaction faciale améliorerait la perception des expressions vocales d'autrui. Comme évoqué précédemment, les thérapies classiques type *Neuromuscular Retraining* ou *Mime Therapy*, en améliorant la mobilité faciale spontanée augmenteraient la perception des sourires sonores. En rééducation, il est alors nécessaire de développer la perception émotionnelle dans sa modalité faciale mais également auditive, en explicitant les différents schémas prosodiques émotionnelles. Le modèle de Belin, Fecteau & Bedard souligne les interactions bidirectionnelles de ces deux modalités. L'amélioration de l'expressivité d'une des modalités influence ainsi la production et la perception des émotions dans l'autre modalité.

Conclusion

L'objectif de ce travail de thèse était de déterminer des marqueurs émotionnels physiologiques respiratoires et cognitivo-comportementaux, phonatoires et faciaux, de la paralysie faciale périphérique idiopathique. L'analyse respiratoire, vocale et motrice de la production et la perception des émotions chez les patients ont permis de mettre en évidence les spécificités de leur contagion émotionnelle.

Les modifications de la production des émotions chez ces patients sont multimodales, tant au niveau de l'arousal que de l'expressivité vocale et faciale. En ce qui concerne la perception émotionnelle, celle-ci est impactée non seulement par l'augmentation de la fréquence respiratoire des patients mais aussi par leur défaut de rétroaction faciale. La modélisation de chaque étape de la contagion émotionnelle nous a alors permis de cibler des leviers spécifiques d'optimisation des interactions sociales des patients. Intégrés à une prise en charge globale des patients, ces leviers offrent des perspectives d'amélioration de la qualité de vie des patients. De futures recherches pourrait compléter ce modèle en ouvrant l'analyse de la contagion émotionnelle à d'autres étiologies de la paralysie faciale périphérique.

Références

Adolphs, R. (2002). Recognizing Emotion from Facial Expressions : Psychological and Neurological Mechanisms. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1(1), 21-62. <https://doi.org/10.1177/1534582302001001003>

Adolphs, R., Damasio, H., Tranel, D., Cooper, G., & Damasio, A. R. (2000). A role for somatosensory cortices in the visual recognition of emotion as revealed by three-dimensional lesion mapping. *Journal of neuroscience*, 20(7), 2683–2690. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.20-07-02683.2000>

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. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.16-23-07678.1996>

Alam, M., Barrett, K. C., Hodapp, R. M., & Arndt, K. A. (2008). Botulinum toxin and the facial feedback hypothesis : Can looking better make you feel happier ? *Journal of the American Academy of Dermatology*, 58(6), 1061-1072. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2007.10.649>

Alfano, K. M., & Cimino, C. R. (2008). Alteration of expected hemispheric asymmetries : Valence and arousal effects in neuropsychological models of emotion. *Brain and Cognition*, 66(3), 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.08.002>

Amieva, H., Michael, G., & Allain, P. (2011). Les normes et leur utilisation. In *Neuropsychologie en pratiques*, p. 73-86. Solal.

Ancoli, S., Kamiya, J., & Ekman, P. (1980). Psychophysiological differentiation of positive and negative affects. *Biofeedback Self-Regulation*, 5, 356-357.

Anders, S., Heinzle, J., Weiskopf, N., Ethofer, T., & Haynes, J.-D. (2011). Flow of affective information between communicating brains. *NeuroImage*, 54(1), 439-446. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.07.004>

Andréasson, P. (2010). *Emotional Empathy, Facial Reactions, and Facial Feedback*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-126825>

Arias, P., Belin, P., & Aucouturier, J.-J. (2018). Auditory smiles trigger unconscious facial imitation. *Current Biology :CB*, 28(14), R782-R783. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.05.084>

Banks, C. A., Bhama, P. K., Park, J., Hadlock, C. R., & Hadlock, T. A. (2015). Clinician-Graded Electronic Facial Paralysis Assessment : The eFACE. *Plastic and Reconstructive Surgery*, *136*(2), 223e-230e. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000001447>

Bänziger, T., & Scherer, K. R. (2005). The role of intonation in emotional expressions. *Speech Communication*, *46*(3), 252-267. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2005.02.016>

Barañano, D. E., & Miller, N. R. (2004). Long term efficacy and safety of botulinum toxin A injection for crocodile tears syndrome. *British Journal of Ophthalmology*, *88*(4), 588-589. <https://doi.org/10.1136/bjo.2003.029181>

Basso, F., & Oullier, O. (2010). “Smile down the phone’ : Extending the effects of smiles to vocal social interactions. *Behavioral and Brain Sciences*, *33*(6), 435-436. <https://doi.org/10.1017/S0140525X10001469>

Bate, S., Cook, S. J., Mole, J., & Cole, J. (2013). First Report of Generalized Face Processing Difficulties in Möbius Sequence. *PLOS ONE*, *8*(4), e62656. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062656>

Belin, P., Fecteau, S., & Bédard, C. (2004). Thinking the voice : Neural correlates of voice perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*(3), 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2004.01.008>

Bernardi, L., Porta, C., Gabutti, A., Spicuzza, L., & Sleight, P. (2001). Modulatory effects of respiration. *Autonomic Neuroscience*, *90*(1), 47-56. [https://doi.org/10.1016/S1566-0702\(01\)00267-3](https://doi.org/10.1016/S1566-0702(01)00267-3)

Beurskens, C. H. G., & Heymans, P. G. (2003). Positive Effects of Mime Therapy on Sequelae of Facial Paralysis : Stiffness, Lip Mobility, and Social and Physical Aspects of Facial Disability. *Otology & Neurotology*, *24*(4), 677-681.

Boersman, P., & Weenink, D. (2010). *Praat : Doing phonetics by computer* (5.2.01) [Computer software]. <http://www.praat.org/>

Bogart, K, Tickle-Degnen, L., & Ambady, N. (2012). Compensatory expressive behavior for facial paralysis : Adaptation to congenital or acquired disability. *Rehabilitation Psychology*, *57*(1), 43-51. <https://doi.org/10.1037/a0026904>

Bogart, K. (2020). Socioemotional functioning with facial paralysis :Is there a congenital or acquired advantage? *Health Psychology*, *39*. <https://doi.org/10.1037/hea0000838>

Bogart, K., Tickle-Degnen, L., & Ambady, N. (2014). Communicating without the Face : Holistic Perception of Emotions of People with Facial Paralysis. *Basic and applied social psychology, 36*(4), 309-320. <https://doi.org/10.1080/01973533.2014.917973>

Boiten, F. A., Frijda, N. H., & Wientjes, C. J. E. (1994). Emotions and respiratory patterns : Review and critical analysis. *International Journal of Psychophysiology, 17*(2), 103-128. [https://doi.org/10.1016/0167-8760\(94\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0167-8760(94)90027-2)

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*(1), 41-60. <https://doi.org/10.1007/BF02876972>

Boulenger, V., Roy, A. C., Paulignan, Y., Deprez, V., Jeannerod, M., & Nazir, T. A. (2006). Cross-talk between Language Processes and Overt Motor Behavior in the First 200 msec of Processing. *Journal of Cognitive Neuroscience, 18*(10), 1607-1615. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.10.1607>

Bourke, C., Douglas, K., & Porter, R. (2010). Processing of Facial Emotion Expression in Major Depression : A Review. *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry, 44*(8), 681-696. <https://doi.org/10.3109/00048674.2010.496359>

Bray, D., Henstrom, D. K., Cheney, M. L., & Hadlock, T. A. (2010). Assessing outcomes in facial reanimation : Evaluation and validation of the SMILE system for measuring lip excursion during smiling. *Archives of facial plastic surgery, 12*(5), 352-354.

Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology, 77*(3), 305-327. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1986.tb02199.x>

Bulnes, L. C., Mariën, P., Vandekerckhove, M., & Cleeremans, A. (2019). The effects of Botulinum toxin on the detection of gradual changes in facial emotion. *Scientific Reports, 9*(1), 11734. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48275-1>

Bylund, N., Jansson, D., Enghag, S., Berg, T., Marsk, E., Hultcrantz, M., Hadziosmanovic, N., Rodriguez-Lorenzo, A., & Jonsson, L. (2017). Synkinesis in Bell's palsy in a randomised controlled trial. *Clinical Otolaryngology, 42*(3), 673-680. <https://doi.org/10.1111/coa.12799>

Caci, H., & Baylé, F.J. (2007). L'échelle d'affectivité positive et d'affectivité négative. Première traduction en français *Congrès de l'Encéphale*, Paris, 25-27 Janvier.

Cacioppo, J. T., Tassinary, L. G., & Berntson, G. (2007). *Handbook of Psychophysiology*. Cambridge University Press.

Cannon, W. B. (1987). The James-Lange theory of emotions : A critical examination and an alternative theory. *The American journal of psychology*, *100*(3/4), 567–586.

Carr, E. W., Korb, S., Niedenthal, P. M., & Winkielman, P. (2014). The two sides of spontaneity : Movement onset asymmetries in facial expressions influence social judgments. *Journal of Experimental Social Psychology*, *55*, 31-36. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2014.05.008>

Charters, E., & Coulson, S. (2020). Oral competence following facial nerve paralysis : Functional and quality of life measures. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/17549507.2020.1728380>

Clapham, L., Thomas, S., Allen, D., Arunachalam, R., & Cole, J. (2011). Facial muscle contraction in response to mechanical stretch after severe facial nerve injury : Clapham's sign. *The Journal of Laryngology & Otology*, *125*(7), 732-737. <https://doi.org/10.1017/S0022215111000892>

Cobo, J. L., Abbate, F., de Vicente, J. C., Cobo, J., & Vega, J. A. (2017). Searching for proprioceptors in human facial muscles. *Neuroscience Letters*, *640*, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2017.01.016>

Coulson, S. E., O'dwyer, N. J., Adams, R. D., & Croxson, G. R. (2004). Expression of emotion and quality of life after facial nerve paralysis. *Otology & Neurotology : Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, *25*(6), 1014-1019. <https://doi.org/10.1097/00129492-200411000-00026>

Craig, A. D. (2005). Forebrain emotional asymmetry : A neuroanatomical basis? *Trends in cognitive sciences*, *9*(12), 566–571. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.005>

Damasio, A. R. (1996). The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B : Biological Sciences*, *351*(1346), 1413–1420. <https://doi.org/10.1098/rstb.1996.0125>

Damasio, A. R. (1998). Emotion in the perspective of an integrated nervous system. *Brain research reviews*, *26*(2-3), 83–86. [https://doi.org/10.1016/s0165-0173\(97\)00064-7](https://doi.org/10.1016/s0165-0173(97)00064-7)

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

Davis, J. I., Senghas, A., & Ochsner, K. N. (2009). How does facial feedback modulate emotional experience? *Journal of Research in Personality*, *43*(5), 822-829. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2009.06.005>

Demenescu, L. R., Kortekaas, R., Boer, J. A. den, & Aleman, A. (2010). Impaired Attribution of Emotion to Facial Expressions in Anxiety and Major Depression. *PLOS ONE*, *5*(12), e15058. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015058>

Dey, J. K., Ishii, L. E., Nellis, J. C., Boahene, K. D. O., Byrne, P. J., & Ishii, M. (2017). Comparing Patient, Casual Observer, and Expert Perception of Permanent Unilateral Facial Paralysis. *JAMA Facial Plastic Surgery*, *19*(6), 476-483 <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2016.1630>

Diels, H. J., & Combs, D. (1997). Neuromuscular retraining for facial paralysis. *Otolaryngologic Clinics of North America*, *30*(5), 727-743.

Dimberg, U. (1988). Facial Electromyography and the Experience of Emotion. *Journal of Psychophysiology*, *2*, 277-282.

Dimberg, U., & Petterson, M. (2000). Facial reactions to happy and angry facial expressions : Evidence for right hemisphere dominance. *Psychophysiology*, *37*(5), 693-696. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3750693>

Dimberg, U., Thunberg, M., & Elmehed, K. (2000). Unconscious Facial Reactions to Emotional Facial Expressions : *Psychological Science*, *11*(1), 86-89. <https://doi.org/doi:10.1111/1467-9280.00221>.

Dobel, C., Miltner, W. H. R., Witte, O. W., Volk, G. F., & Guntinas-Lichius, O. (2013). [Emotional impact of facial palsy]. *Laryngo- Rhino- Otologie*, *92*(1), 9-23. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327624>

Dong, S. H., Jung, A. R., Jung, J., Jung, S. Y., Byun, J. Y., Park, M. S., Kim, S. H., & Yeo, S. G. (2019). Recurrent Bell's palsy. *Clinical Otolaryngology*, *44*(3), 305-312. <https://doi.org/10.1111/coa.13293>

Duchenne, G.-B., & Boulogne, G.-B. D. de. (1990). *The Mechanism of Human Facial Expression*. Cambridge University Press.

Dusseldorp, J. R., Veen, M. M. van, Mohan, S., & Hadlock, T. A. (2018). Outcome Tracking in Facial Palsy. *Otolaryngologic Clinics of North America*, *51*(6), 1033-1050.

<https://doi.org/10.1016/j.otc.2018.07.003>

Ekman, P. (1999). Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion*, 98(45-60), 16.

Ekman, P., Davidson, R., & Friesen, W. (1990). The Duchenne Smile : Emotional Expression and Brain Physiology II. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 342-353. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.58.2.342>

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1978). *Manual of the facial action coding system (FACS)* (Trans. ed. Vol. Consulting Psychologists Press).

El Haddad, K., Torre, I., Gilmartin, E., Çakmak, H., Dupont, S., Dutoit, T., & Campbell, N. (2017). Introducing AmuS : The Amused Speech Database. In N. Camelin, Y. Estève, & C. Martín-Vide (Éds.), *Statistical Language and Speech Processing* (p. 229-240). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68456-7_19

Estow, S., Jamieson, J. P., & Yates, J. R. (2007). Self-monitoring and mimicry of positive and negative social behaviors. *Journal of Research in Personality*, 41(2), 425-433. <https://doi.org/10.1016/j.jrp.2006.05.003>

Fawcett, C., Wesevich, V., & Gredebäck, G. (2016). Pupillary Contagion in Infancy : Evidence for Spontaneous Transfer of Arousal. *Psychological Science*, 27(7), 997-1003. <https://doi.org/10.1177/0956797616643924>

Feldman Barrett, L., & Russell, J. A. (1998). Independence and bipolarity in the structure of current affect. *Journal of personality and social psychology*, 74(4), 967. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-3514.74.4.967>

Feldman, R. (2012). Oxytocin and social affiliation in humans. *Hormones and Behavior*, 61(3), 380-391. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.01.008>

Feleky, A. (1916). The influence of the emotions on respiration. *Journal of Experimental Psychology*, 1(3), 218-241.

Fieux, M., Franco-Vidal, V., Devic, P., Bricaire, F., Charpiot, A., Darrouzet, V., Denoix, L., Gatignol, P., Guevara, N., Montava, M., Roch, J. A., Tankéré, F., Tronche, S., Veillon, F., Vergez, S., Vincent, C., Lamas, G., & Tringali, S. (2020). French Society of ENT (SFORL) guidelines. Management of acute Bell's palsy. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2020.06.004>

Fitch, W. T. (1997). Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *102*(2), 1213-1222. <https://doi.org/10.1121/1.421048>

Fu, L., Bundy, C., & Sadiq, S. A. (2011). Psychological distress in people with disfigurement from facial palsy. *Eye*, *25*(10), 1322-1326. <https://doi.org/10.1038/eye.2011.158>

Fuzi, J., Taylor, A., Sideris, A., & Meller, C. (2020). Does Botulinum Toxin Therapy Improve Quality of Life in Patients with Facial Palsy? *Aesthetic Plastic Surgery*, *44*(5), 1811-1819. <https://doi.org/10.1007/s00266-020-01870-4>

Gainotti, G., Caltagirone, C., & Zoccolotti, P. (1993). Left/right and cortical/subcortical dichotomies in the neuropsychological study of human emotions. *Cognition & Emotion*, *7*(1), 71-93. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1080/02699939308409178>

Gatignol, P., Lannadere, E., Tankéré, F., & Lamas, G. (2011a). Intensity of facial palsy with the dynamometer. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *54*, e248. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.rehab.2011.07.290>

Gatignol, P., Lannadère, E., Bernat, I., Tankéré, F., & Lamas, G. (2011b). Bénéfices de la rééducation d'une paralysie faciale périphérique : ORL. *Revue médicale suisse*, *7*(311).

Gelder, B. de, & Vroomen, J. (2000). The perception of emotions by ear and by eye. *Cognition and Emotion*, *14*(3), 289-311. <https://doi.org/10.1080/026999300378824>

Gerard, P., & Dollfus, S. (2014). La cohérence cardiaque : État des connaissances actuelles et bénéfices en psychiatrie. *European Psychiatry*, *29*(S3), 547-547. <https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2014.09.333>

Glaus, K. D., & Kotses, H. (1983). Facial muscle tension influences lung airway resistance; limb muscle tension does not. *Biological Psychology*, *17*(2), 105-120. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(83\)90011-X](https://doi.org/10.1016/0301-0511(83)90011-X)

Goines, J. B., Ishii, L. E., Dey, J. K., Phillis, M., Byrne, P. J., Boahene, K. D. O., & Ishii, M. (2016). Association of Facial Paralysis-Related Disability With Patient- and Observer-Perceived Quality of Life. *JAMA Facial Plastic Surgery*, *18*(5), 363-369 <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2016.0483>

Goldin-Meadow, S., & Alibali, M. W. (2013). Gesture's Role in Speaking, Learning, and Creating Language. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 257-283. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011->

Gomez, P., Filippou, D., Pais, B., von Gunten, A., & Danuser, B. (2016). Breathing and affective picture processing across the adult lifespan. *Biological Psychology, 119*, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.07.011>

Grassmann, M., Vlemincx, E., Leupoldt, A. V., Mittelstädt, J. M., & Bergh, O. V. D. (2016). Respiratory changes in response to cognitive load : A systematic review. *Neural Plasticity, 2016*, 8146809. <https://doi.org/10.1155/2016/8146809>

Green, M. F., Penn, D. L., Bentall, R., Carpenter, W. T., Gaebel, W., Gur, R. C., Kring, A. M., Park, S., Silverstein, S. M., & Heinsen, R. (2008). Social Cognition in Schizophrenia : An NIMH Workshop on Definitions, Assessment, and Research Opportunities. *Schizophrenia Bulletin, 34*(6), 1211-1220. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbm145>

Gregory, S., & Webster, S. (1996). A nonverbal signal in voices of interview partners effectively predicts communication accommodation and social status perceptions. *Journal of Personality and Social Psychology, 70*(6), 1231-1240. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.70.6.1231>

Hamlet, C., Rumsey, N., Williamson, H., Johnson, K., & Nduka, C. (2018). Consensus research priorities for facial palsy : A Delphi survey of patients, carers, clinicians and researchers. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, 71*(12), 1777-1784. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2018.07.037>

Hasson, O. (2009). Emotional Tears as Biological Signals. *Evolutionary Psychology, 7*(3), 147470490900700300. <https://doi.org/10.1177/147470490900700302>

Hatfield, E., Bensman, L., Thornton, P. D., & Rapson, R. L. (2014). *New Perspectives on Emotional Contagion : A Review of Classic and Recent Research on Facial Mimicry and Contagion*. <https://doi.org/10.23668/psycharchives.2195>

Hatfield, E., Cacioppo, J. T., & Rapson, R. L. (1994). *Emotional contagion* (p. vii, 240). Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.

Hawk, Fischer, & Van Kleef. (2012). Face the noise : Embodied responses to nonverbal vocalizations of discrete emotions. *Journal of Personality and Social Psychology, 102*(4), 796-814. <https://doi.org/10.1037/a0026234>

Heilman, K. M. (2000). Emotional experience : A neurological model. *Cognitive neuroscience of emotion, 328-344*.

Helt, M. S., Eigsti, I.-M., Snyder, P. J., & Fein, D. A. (2010). Contagious Yawning in Autistic and Typical Development. *Child Development*, *81*(5), 1620-1631. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01495.x>

Helwig, N. E., Sohre, N. E., Ruprecht, M. R., Guy, S. J., & Lyford-Pike, S. (2017). Dynamic properties of successful smiles. *PLOS ONE*, *12*(6), e0179708. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179708>

Hennenlotter, A., Dresel, C., Castrop, F., Ceballos-Baumann, A. O., Wohlschläger, A. M., & Haslinger, B. (2009). The Link between Facial Feedback and Neural Activity within Central Circuitries of Emotion—New Insights from Botulinum Toxin-Induced Denervation of Frown Muscles. *Cerebral Cortex*, *19*(3), 537-542. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn104>

Hess, U., & Bourgeois, P. (2010). You smile—I smile : Emotion expression in social interaction. *Biological Psychology*, *84*(3), 514-520. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.11.001>

Hess, U., & Fischer, A. (2013). Emotional Mimicry as Social Regulation. *Personality and Social Psychology Review*, *17*(2), 142-157. <https://doi.org/10.1177/1088868312472607>

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

Hotton, M., Huggons, E., Hamlet, C., Shore, D., Johnson, D., Norris, J. H., Kilcoyne, S., & Dalton, L. (2020). The psychosocial impact of facial palsy : A systematic review. *British Journal of Health Psychology*, *25*(3), 695-727. <https://doi.org/10.1111/bjhp.12440>

House, W. (1985). Facial nerve grading system. *Otolaryngol Head Neck Surg*, *93*, 184-193.

Hu, S., Wu, Y., Li, C., Park, K., Lu, G., Mohamed, A., Wu, H., Xu, C., Zhang, W., Wang, L., Yang, J., & Qiu, B. (2015). Increasing functional connectivity of the anterior cingulate cortex during the course of recovery from Bell's palsy. *Neuroreport*, *26*(1), 6-12. <https://doi.org/10.1097/WNR.000000000000295>

Hyniewska, S., & Sato, W. (2015). Facial feedback affects valence judgments of dynamic and static emotional expressions. *Frontiers in Psychology*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00291>

Ishii, L. E., Godoy, A., Encarnacion, C. O., Byrne, P. J., Boahene, K. D. O., & Ishii, M. (2011). What faces reveal : Impaired affect display in facial paralysis. *The Laryngoscope*, *121*(6), 1138-1143. <https://doi.org/10.1002/lary.21764>

Ishii, L. E., Nellis, J. C., Boahene, K. D., Byrne, P., & Ishii, M. (2018). The Importance and Psychology of Facial Expression. *Otolaryngologic Clinics of North America*, *51*(6), 1011-1017. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2018.07.001>

James, W. (1884). What Is An Emotion? *Mind*, *34*, 188-205.

Joanette, Y., Ska, B., & Côté, H. (2004). *Protocole Montréal d'Évaluation de la Communication*. Ortho Édition.

Joseph, S. S., Joseph, A. W., Smith, J. I., Niziol, L. M., Musch, D. C., & Nelson, C. C. (2017). Evaluation of Patients with Facial Palsy and Ophthalmic Sequelae : A 23-Year Retrospective Review. *Ophthalmic Epidemiology*, *24*(5), 341-345. <https://doi.org/10.1080/09286586.2017.1294186>

Juslin, P. N., & Scherer, K. R. (2005). *Vocal expression of affect* (p. 65-135). Oxford University Press. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-45628>

Kato, A., Takahashi, K., & Homma, I. (2018). Relationships between trait and respiratory parameters during quiet breathing in normal subjects. *The Journal of Physiological Sciences*, *68*(4), 369-376. <https://doi.org/10.1007/s12576-017-0539-7>

Kheirkhah, M., Brodoehl, S., Leistriz, L., Götz, T., Baumbach, P., Huonker, R., Witte, O. W., Volk, G. F., Guntinas-Lichius, O., & Klingner, C. M. (2020). Abnormal Emotional Processing and Emotional Experience in Patients with Peripheral Facial Nerve Paralysis : An MEG Study. *Brain Sciences*, *10*(3). <https://doi.org/10.3390/brainsci10030147>

Kienstra, M. A., Gassner, H. G., Sherris, D. A., & Kern, E. B. (2005). Effects of the Nasal Muscles on the Nasal Airway. *American Journal of Rhinology*, *19*(4), 375-381. <https://doi.org/10.1177/194589240501900410>

Kim, J. H., Fisher, L. M., Reder, L., Hapner, E. R., & Pepper, J.-P. (2018). Speech and Communicative Participation in Patients With Facial Paralysis. *JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, *144*(8), 686. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2018.0649>

Kim, M. J., Neta, M., Davis, F. C., Ruberry, E. J., Dinescu, D., Heatherton, T. F., Stotland, M. A., & Whalen, P. J. (2014). Botulinum toxin-induced facial muscle paralysis affects amygdala responses to the perception of emotional expressions : Preliminary findings from an A-B-A design. *Biology of Mood & Anxiety Disorders*, *4*(1), 11. <https://doi.org/10.1186/2045-5380-4-11>

Kleinginna, P. R., & Kleinginna, A. M. (1981). A categorized list of emotion definitions, with suggestions for a consensual definition. *Motivation and emotion*, 5(4), 345–379. <https://doi.org/10.1007/BF00992553>

Klingner, C. M., Brodoehl, S., Volk, G. F., Guntinas-Lichius, O., & Witte, O. W. (2016). Adaptive and Maladaptive Neural Plasticity Due to Facial Nerve Palsy. *Zeitschrift für Psychologie*, 224(2), 102–111. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000244>

Klingner, C. M., Volk, G. F., Brodoehl, S., Witte, O. W., & Guntinas-Lichius, O. (2014). The effects of deafferentation without deafferentation on functional connectivity in patients with facial palsy. *NeuroImage : Clinical*, 6, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2014.08.011>

Kolb, B., Whishaw, I. Q., & Teskey, G. C. (2019). *Cerveau et comportement*. De Boeck Supérieur.

Korb, S., Wood, A., Banks, C. A., Agoulnik, D., Hadlock, T. A., & Niedenthal, P. M. (2016). Asymmetry of Facial Mimicry and Emotion Perception in Patients With Unilateral Facial Paralysis. *JAMA Facial Plastic Surgery*, 18(3), 222–227. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2015.2347>

Kragel, P. A., & LaBar, K. S. (2016). Somatosensory representations link the perception of emotional expressions and sensory experience. *eneuro*, 3(2). <https://dx.doi.org/10.1523%2FENEURO.0090-15.2016>

Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion : A review. *Biological Psychology*, 84(3), 394–421. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.03.010>

Kreifelts, B., Ethofer, T., Grodd, W., Erb, M., & Wildgruber, D. (2007). Audiovisual integration of emotional signals in voice and face : An event-related fMRI study. *NeuroImage*, 37(4), 1445–1456. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.06.020>

Kret, M. E., Roelofs, K., Stekelenburg, J., & de Gelder, B. (2013). Emotional signals from faces, bodies and scenes influence observers' face expressions, fixations and pupil-size. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00810>

Krolak-Salmon, P., Hénaff, M. A., Bertrand, O., Vighetto, A., & Mauguière, F. (2006). Les visages et leurs émotions : Partie II : La reconnaissance des expressions faciales. *Revue neurologique*, 162(11), 1047–1058. [https://doi.org/10.1016/S0035-3787\(06\)75117-7](https://doi.org/10.1016/S0035-3787(06)75117-7)

Kuhn, L., Wydell, T., Lavan, N., McGettigan, C., & Garrido, L. (2017). Similar Representations of

Emotions Across Faces and Voices. *Emotion*, 17(6), 912-937. <https://doi.org/10.1037/emo0000282>

Kyrmizakis, D. E., Pangalos, A., Papadakis, C. E., Logothetis, J., Maroudias, N. J., & Helidonis, E. S. (2004). The use of botulinum toxin type A in the treatment of Frey and crocodile tears syndromes. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 62(7), 840-844. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2003.09.015>

Laird, J. (1974). Self-attribution of emotion : The effects of expressive behavior on the quality of emotional experience. *Journal of Personality and Social Psychology*, 29(4), 475-486.

Lamas, G., & Gatignol, P. (2004). *Paralysies Faciales* Editions Solal, p 9-42.

Larsen, R. J., Kasimatis, M., & Frey, K. (1992). Facilitating the Furrowed Brow : An Unobtrusive Test of the Facial Feedback Hypothesis Applied to Unpleasant Affect. *Cognition and Emotion*, 6(5), 321-338. <https://doi.org/10.1080/02699939208409689>

Lehrer, P., Buckman, J. F., Mun, E.-Y., Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Udo, T., Nguyen, T., & Bates, M. E. (2013). Negative Mood and Alcohol Problems are Related to Respiratory Dynamics in Young Adults. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 4(38), 273-283. <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9230-9>

Lewis, M. B., & Bowler, P. J. (2009). Botulinum toxin cosmetic therapy correlates with a more positive mood. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 8(1), 24-26. <https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2009.00419.x>

Lindblom, B. E. F., & Sundberg, J. E. F. (1971). Acoustical Consequences of Lip, Tongue, Jaw, and Larynx Movement. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 50(4B), 1166-1179. <https://doi.org/10.1121/1.1912750>

Linder, T., Bossart, W., & Bodmer, D. (2005). Bell's palsy and Herpes simplex virus : Fact or mystery? *Otology & Neurotology : Official Publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 26(1), 109-113. <https://doi.org/10.1097/00129492-200501000-00020>

Lindsay, R. W., Bhama, P., Hohman, M., & Hadlock, T. A. (2015). Prospective Evaluation of Quality-of-Life Improvement After Correction of the Alar Base in the Flaccidly Paralyzed Face. *JAMA Facial Plastic Surgery*. <https://doi.org/10.1001/jamafacial.2014.1295>

Lisan, Q., George, N., Hans, S., Laccourreye, O., & Lemogne, C. (2018). Postsurgical Disfigurement Influences Disgust Recognition : A Case-Control Study. *Psychosomatics*, 59(2), 177-185.

<https://doi.org/10.1016/j.psych.2017.09.006>

Lobmaier, J. S., & Fischer, M. H. (2015). Facial Feedback Affects Perceived Intensity but Not Quality of Emotional Expressions. *Brain Sciences*, *5*(3), 357-368. <https://doi.org/10.3390/brainsci5030357>

Lundqvist, L., & Dimberg, U. (1995). Facial expressions are contagious. *Journal of Psychophysiology*, *9*(3), 203-211.

Ma, X., Yue, Z.-Q., Gong, Z.-Q., Zhang, H., Duan, N.-Y., Shi, Y.-T., Wei, G.-X., & Li, Y.-F. (2017). The Effect of Diaphragmatic Breathing on Attention, Negative Affect and Stress in Healthy Adults. *Frontiers in Psychology*, *8*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00874>

MacLean, P. D. (1952). Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (Visceral brain). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *4*(4), 407-418. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(52\)90073-4](https://doi.org/10.1016/0013-4694(52)90073-4)

Magnée, M. J. C. M., Stekelenburg, J. J., Kemner, C., & de Gelder, B. (2007). Similar facial electromyographic responses to faces, voices, and body expressions. *Neuroreport*, *18*(4), 369-372. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32801776e6>

Maric, V., Ramanathan, D., & Mishra, J. (2020). Respiratory regulation & interactions with neuro-cognitive circuitry. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *112*, 95-106. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.02.001>

Martin, J., Rychlowska, M., Wood, A., & Niedenthal, P. (2017). Smiles as Multipurpose Social Signals. *Trends in Cognitive Sciences*, *21*(11), 864-877. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.08.007>

Matsuda, Y.-T., Fujimura, T., Katahira, K., Okada, M., Ueno, K., Cheng, K., & Okanoya, K. (2013). The implicit processing of categorical and dimensional strategies : An fMRI study of facial emotion perception. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00551>

Maclair, J., Pellegrini, T., Le Coz, M., Robert, M., & Gatignol, P. (2014). *Caractérisation acoustico-phonétique de parole provenant de patients atteints de paralysies faciales*. 121-129. <https://oatao.univ-toulouse.fr/13043/>

Mauss, I. B., & Robinson, M. D. (2009). Measures of emotion : A review. *Cognition and Emotion*, *23*(2), 209-237. <https://doi.org/10.1080/02699930802204677>

May, M., West, J. W., & Hinderer, K. H. (1977). Nasal Obstruction From Facial Palsy. *Archives of Otolaryngology*, *103*(7), 389-391. <https://doi.org/10.1001/archotol.1977.00780240047005>

McCormick, D. (1972). HERPES-SIMPLEX VIRUS AS CAUSE OF BELL'S PALSY. *The Lancet*, 299(7757), 937-939. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(72\)91499-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(72)91499-7)

McFarland, D. H. (2020). *L'anatomie en orthophonie : Parole, déglutition et audition*. Elsevier Health Sciences.

Mehta, R. P., & Hadlock, T. A. (2008). Botulinum Toxin and Quality of Life in Patients With Facial Paralysis. *Archives of Facial Plastic Surgery*. <https://doi.org/10.1001/archfaci.10.2.84>

Melo, C. M. de, Kenny, P., & Gratch, J. (2010). Influence of Autonomic Signals on Perception of Emotions in Embodied Agents. *Applied Artificial Intelligence*, 24(6), 494-509. <https://doi.org/10.1080/08839514.2010.492159>

Münkler, P., Rothkirch, M., Dalati, Y., Schmack, K., & Sterzer, P. (2015). Biased Recognition of Facial Affect in Patients with Major Depressive Disorder Reflects Clinical State. *PLOS ONE*, 10(6), e0129863. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129863>

Nakamura, K., & Yanagihara, N. (1988). Neutralization Antibody to Herpes Simplex Virus Type 1 in Bell's Palsy. *Annals of Otolaryngology, Rhinology & Laryngology*, 97(6_suppl3), 18-21. <https://doi.org/10.1177/00034894880976S306>

Neal, D. T., & Chartrand, T. L. (2011). Embodied Emotion Perception : Amplifying and Dampening Facial Feedback Modulates Emotion Perception Accuracy. *Social Psychological and Personality Science*, 2(6), 673-678. <https://doi.org/10.1177/1948550611406138>

Neville, C., Venables, V., Aslet, M., Nduka, C., & Kannan, R. (2017). An objective assessment of botulinum toxin type A injection in the treatment of post-facial palsy synkinesis and hyperkinesis using the synkinesis assessment questionnaire. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 70(11), 1624-1628. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2017.05.048>

Niedenthal, P. M. (2007). Embodying Emotion. *Science*, 316(5827), 1002-1005. <https://doi.org/10.1126/science.1136930>

Niedenthal, P. M., Mermillod, M., Maringer, M., & Hess, U. (2010). The Simulation of Smiles (SIMS) model : Embodied simulation and the meaning of facial expression. *The Behavioral and Brain Sciences*, 33(6), 417-433 ; discussion 433-480. <https://doi.org/10.1017/S0140525X10000865>

Oberman, L. M., Winkielman, P., & Ramachandran, V. S. (2007). Face to face : Blocking facial mimicry can selectively impair recognition of emotional expressions. *Social Neuroscience*, 2(3-4), 167-178.

<https://doi.org/10.1080/17470910701391943>

Oh, S., Lee, J.-Y., & Kim, D. K. (2020). The Design of CNN Architectures for Optimal Six Basic Emotion Classification Using Multiple Physiological Signals. *Sensors*, *20*(3). <https://doi.org/10.3390/s20030866>

Ohala, J. J. (1980). The acoustic origin of the smile. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *68*(S1), S33-S33. <https://doi.org/10.1121/1.2004679>

Ohala, J. J. (2010). What's behind the smile? *Behavioral and Brain Sciences*, *33*(6), 456-457. <https://doi.org/10.1017/S0140525X10001585>

Ohman, A., & Soares, J. J. (1998). Emotional conditioning to masked stimuli : Expectancies for aversive outcomes following nonrecognized fear-relevant stimuli. *Journal of Experimental Psychology. General*, *127*(1), 69-82. <https://doi.org/10.1037//0096-3445.127.1.69>

Ordoñez, G., Vales, O., Pineda, B., Rodríguez, K., Pane, C., & Sotelo, J. (2020). The presence of herpes simplex-1 and varicella zoster viruses is not related with clinical outcome of Bell's Palsy. *Virology*, *549*, 85-88. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2020.07.020>

Palumbo, R. V., Marraccini, M. E., Weyandt, L. L., Wilder-Smith, O., McGee, H. A., Liu, S., & Goodwin, M. S. (2017). Interpersonal Autonomic Physiology : A Systematic Review of the Literature. *Personality and Social Psychology Review*, *21*(2), 99-141. <https://doi.org/10.1177/1088868316628405>

Papez, J. W. (1937). A proposed mechanism of emotion. *Archives of Neurology & Psychiatry*, *38*(4), 725-743.

Papon, J., & Maalouf, R. (2013). Syndrome de valve nasale : Critères diagnostiques objectifs du collapsus valvaire. *Annales Françaises d'Oto-Rhino-Laryngologie et de pathologie cervico-faciale*, *130*(4S), A7-A8.

Pavese, C., Cecini, M., Caspani, P., Monteleone, S., Klersy, C., & Dalla Toffola, E. (2020). Activity limitations and participation restrictions in patients with peripheral facial palsy : A cross-sectional study over a 6-year period. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.20.06326-1>

Pavesi, G., Medici, D., Macaluso, G. M., Ventura, P., Allegri, I., & Gemignani, F. (1994). Unusual synkinetic movements between facial muscles and respiration in hemifacial spasm. *Movement Disorders*, *9*(4), 451-454. <https://doi.org/10.1002/mds.870090413>

Peitersen, E. (2002). Bell's Palsy : The Spontaneous Course of 2,500 Peripheral Facial Nerve Palsies of Different Etiologies. *Acta Oto-Laryngologica*, *122*(7), 4-30. <https://doi.org/10.1080/000164802760370736>

Philippi, C. L., Mehta, S., Grabowski, T., Adolphs, R., & Rudrauf, D. (2009). Damage to Association Fiber Tracts Impairs Recognition of the Facial Expression of Emotion. *Journal of Neuroscience*, *29*(48), 15089-15099. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0796-09.2009>

Phillips, K. M., Heiser, A., Gaudin, R., Hadlock, T. A., & Jowett, N. (2017). Onset of bell's palsy in late pregnancy and early puerperium is associated with worse long-term outcomes. *The Laryngoscope*, *127*(12), 2854-2859. <https://doi.org/10.1002/lary.26569>

Picard, D., Leroy, R., Poussy, T., Tankéré, F., & Gatignol, P. (2020). Facteurs prédictifs des séquelles de paralysie faciale idiopathique : Suivi longitudinal. *Annales de Chirurgie Plastique Esthétique*. <https://doi.org/10.1016/j.anplas.2020.09.003>

Picard, D., Lannadère, E., Frédéric, T., Georges, L., & Gatignol, P. (2018). Contagion émotionnelle et paralysie faciale périphérique. *Revue Neurologique*, *174*, S182. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2018.02.061>

Picard, D., Lannadere, E., Robin, E., Hervochon, R., Lamas, G., Tankere, F., & Gatignol, P. (2020). Oro-facial motor assessment : Validation of the MBLF protocol in facial palsy. *European Archives of Otorhino-Laryngology*. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06150-0>

Plutchik, R. (1997). *The circumplex as a general model of the structure of emotions and personality*. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/10261-001>

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. <https://dx.doi.org/10.1017%2FS0954579405050340>

Pourmomeny, A. A., & Asadi, S. (2014). Management of Synkinesis and Asymmetry in Facial Nerve Palsy : A Review Article. *Iranian Journal of Otorhinolaryngology*, *26*(77), 251-256.

Pouwels, S., Beurskens, C. H. G., Luijmes, R. E., & Ingels, K. J. A. O. (2016). Clinical importance of smiling in patients with a peripheral facial palsy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, *69*(9), 1305-1306. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2016.07.001>

Pouwels, S., Ingels, K., van Heerbeek, N., & Beurskens, C. (2014). Cosmetic appreciation of latera-

lization of peripheral facial palsy : 'Preference for left or right, true or mirror image?'. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 271(9), 2517-2521. <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2790-8>

Prochazkova, E., & Kret, M. E. (2017). Connecting minds and sharing emotions through mimicry : A neurocognitive model of emotional contagion. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 80, 99-114. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.05.013>

Provine, R. R., Krosnowski, K. A., & Brocato, N. W. (2009). Tearing : Breakthrough in Human Emotional Signaling. *Evolutionary Psychology*, 7(1), 147470490900700100. <https://doi.org/10.1177/147470490900700107>

Quintana, D. S., Guastella, A. J., Outhred, T., Hickie, I. B., & Kemp, A. H. (2012). Heart rate variability is associated with emotion recognition : Direct evidence for a relationship between the autonomic nervous system and social cognition. *International Journal of Psychophysiology*, 86(2), 168-172. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.08.012>

Riga, M., Kefalidis, G., & Danielides, V. (2012). The Role of Diabetes Mellitus in the Clinical Presentation and Prognosis of Bell Palsy. *The Journal of the American Board of Family Medicine*, 25(6), 819-826. <https://doi.org/10.3122/jabfm.2012.06.120084>

Rinn, W. E. (1984). The neuropsychology of facial expression : A review of the neurological and psychological mechanisms for producing facial expressions. *The neuropsychology of facial expression : a review of the neurological and psychological mechanisms for producing facial expressions*, 95(1), 52-77.

Rives Bogart, K., & Matsumoto, D. (2010). Facial mimicry is not necessary to recognize emotion : Facial expression recognition by people with Moebius syndrome. *Social Neuroscience*, 5(2), 241-251. <https://doi.org/10.1080/17470910903395692>

Robert, M., Mauclair, J., Lannadere, E., Tankéré, F., Lamas, G., & Gatignol, P. (2013). Prosodic analysis of speech of patient affected by peripheral facial paralysis. *Revue De Laryngologie - Otologie - Rhinologie*, 134(1), 13-19.

Ross, B. G., Fradet, G., & Nedzelski, J. M. (1996). Development of a Sensitive Clinical Facial Grading System. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 114(3), 380-386. <https://doi.org/10.1016/S0194-59989670206-1>

Ross, E. D., & Pulusu, V. K. (2013). Posed versus spontaneous facial expressions are modulated by opposite cerebral hemispheres. *Cortex*, 49(5), 1280-1291. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.002>

Rubin, L. R. (1974). The anatomy of a smile : Its importance in the treatment of facial paralysis. *Plastic and Reconstructive Surgery*, *53*(4), 384-387. <https://doi.org/10.1097/00006534-197404000-00002>

Rychlowska, M., Jack, R. E., Garrod, O. G. B., Schyns, P. G., Martin, J. D., & Niedenthal, P. M. (2017). Functional Smiles : Tools for Love, Sympathy, and War. *Psychological Science*, *28*(9), 1259-1270. <https://doi.org/10.1177/0956797617706082>

Rymarczyk, K., Żurawski, Ł., Jankowiak-Siuda, K., & Szatkowska, I. (2016). Emotional Empathy and Facial Mimicry for Static and Dynamic Facial Expressions of Fear and Disgust. *Frontiers in Psychology*, *7*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01853>

Ryu, N. G., Lim, B. W., Cho, J. K., & Kim, J. (2016). Quality of life differences in patients with right- versus left-sided facial paralysis : Universal preference of right-sided human face recognition. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, *69*(9), e197-e203. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2016.06.021>

Sackeim, H. A., Gur, R. C., & Saucy, M. C. (1978). Emotions are expressed more intensely on the left side of the face. *Science*, *202*(4366), 434-436. <https://doi.org/10.1126/science.705335>

Saghatchian, M., Bouleuc, C., Naudet, C., Arnaud, S., Papazian, P., Scotté, F., & Krakowski, I. (2018). La socio-esthétique en oncologie : Impact des soins de beauté et de bien-être évalué dans une enquête nationale auprès de 1166 personnes. *Bulletin du Cancer*, *105*(7), 671-678. <https://doi.org/10.1016/j.bulcan.2018.05.012>

Sasaki, C. T., & Mann, D. G. (1976). Dilator Naris Function : A Useful Test of Facial Nerve Integrity. *Archives of Otolaryngology*, *102*(6), 365-367. <https://doi.org/10.1001/archotol.1976.00780110077009>

Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological review*, *69*(5), 379. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0046234>

Scherer, K. R. (1995). Expression of emotion in voice and music. *Journal of Voice*, *9*(3), 235-248. [https://doi.org/10.1016/S0892-1997\(05\)80231-0](https://doi.org/10.1016/S0892-1997(05)80231-0)

Scherer, K. R. (2003). Vocal communication of emotion : A review of research paradigms. *Speech Communication*, *40*(1), 227-256. [https://doi.org/10.1016/S0167-6393\(02\)00084-5](https://doi.org/10.1016/S0167-6393(02)00084-5)

Scherer, K. R. (2009). The dynamic architecture of emotion : Evidence for the component process model. *Cognition and emotion*, *23*(7), 1307–1351. <https://doi.org/10.1080/02699930902928969>

Seddon, H. J. (1942). A Classification of Nerve Injuries. *British Medical Journal*, *2*(4260), 237-239.

Servant, D., Logier, R., Mouster, Y., & Goudemand, M. (2009). La variabilité de la fréquence cardiaque. Intérêts en psychiatrie. *L'Encéphale*, *35*(5), 423-428. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2008.06.016>

Shanmugarajah, K., Gaind, S., Clarke, A., & Butler, P. E. M. (2012). The role of disgust emotions in the observer response to facial disfigurement. *Body Image*, *9*(4), 455-461. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2012.05.003>

Shorter, E. (2009). Darwin's contribution to psychiatry. *The British Journal of Psychiatry*, *195*(6), 473-474. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.109.072116>

Siegel, E. H., Sands, M. K., Van den Noortgate, W., Condon, P., Chang, Y., Dy, J., Quigley, K. S., & Barrett, L. F. (2018). Emotion Fingerprints or Emotion Populations? A Meta-Analytic Investigation of Autonomic Features of Emotion Categories. *Psychological bulletin*, *144*(4), 343-393. <https://doi.org/10.1037/bul0000128>

Simpson, E. A., Jakobsen, K. V., Frigaszy, D. M., Okada, K., & Frick, J. E. (2014). The development of facial identity discrimination through learned attention. *Developmental Psychobiology*, *56*(5), 1083-1101. <https://doi.org/10.1002/dev.21194>

Sinha, R., Lovallo, W., & Parsons, O. (1992). Cardiovascular differentiation of emotions. *Psychosomatic Medicine*, *54*(4), 422-435. <https://doi.org/10.1097/00006842-199207000-00005>

Song, W., Dai, M., Xuan, L., Cao, Z., Zhou, S., Lang, C., Lv, K., Xu, M., & Kong, J. (2017). Sensorimotor Cortical Neuroplasticity in the Early Stage of Bell's Palsy. *Neural Plasticity*, *2017* <https://doi.org/10.1155/2017/8796239>

Spielberger, C. D. (2010). State-Trait anxiety inventory. *The Corsini encyclopedia of psychology*, 1–1.

Stefani, E. D., Nicolini, Y., Belluardo, M., & Ferrari, P. F. (2019). Congenital facial palsy and emotion processing : The case of Moebius syndrome. *Genes, Brain and Behavior*, *18*(1), e12548. <https://doi.org/10.1111/gbb.12548>

Storbeck, F., Schlegelmilch, K., Streitberger, K.-J., Sommer, W., & Ploner, C. J. (2019). Delayed recognition of emotional facial expressions in Bell's palsy. *Cortex*, *120*, 524-531. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.07.015>

Strack, F., Martin, L. L., & Stepper, S. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smile : A nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, *54*(5), 768-777. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.54.5.768>

Strengé, H., Benz, B., & Weber, H. (1994). Respiratory-Related Electromyographic Activity of Facial Muscles. In E. R. Stennert, G. W. Kreutzberg, O. Michel, & M. Jungehülsing (Éds.), *The Facial Nerve* (p. 107-108). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-85090-5_29

Strohl, K. P., O' Cain, C. F., & Slutsky, A. S. (1982). Alae nasi activation and nasal resistance in healthy subjects. *Journal of Applied Physiology*, *52*(6), 1432-1437. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.52.6.1432>

Tavares-Brito, J., Veen, M. M. van, Dusseldorp, J. R., Bahmad, F., & Hadlock, T. A. (2019). Facial Palsy-Specific Quality of Life in 920 Patients : Correlation With Clinician-Graded Severity and Predicting Factors. *The Laryngoscope*, *129*(1), 100-104. <https://doi.org/10.1002/lary.27481>

Thibault, P., Levesque, M., Gosselin, P., & Hess, U. (2012). The Duchenne Marker is Not a Universal Signal of Smile Authenticity – But it Can Be Learned! *Social Psychology*, *43*(4), 215-221. <https://doi.org/10.1027/1864-9335/a000122>

Thorstenson, C. A., Pazda, A. D., & Lichtenfeld, S. (2020). Facial blushing influences perceived embarrassment and related social functional evaluations. *Cognition and Emotion*, *34*(3), 413-426. <https://doi.org/10.1080/02699931.2019.1634004>

Tia, B., Saimpont, A., Paizis, C., Mourey, F., Fadiga, L., & Pozzo, T. (2011). Does Observation of Postural Imbalance Induce a Postural Reaction? *PLOS ONE*, *6*(3), e17799. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017799>

Tian, Y.-L., Kanade, T., & Cohn, J. F. (2005). Facial Expression Analysis. In S. Z. Li & A. K. Jain (Éds.), *Handbook of Face Recognition* (p. 247-275). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-27257-7_12

Tieman, T. E., Chaiet, S. R., Luijmes, R., Sanches, E., de Jongh, F. W., Ingels, K. J. A. O., Beurskens, C. H. G., Monstrey, S. J., Siemann, I., Erasmus, C. E., Verhage-Damen, G. W. J. A., Kunst, D., & Pouwels, S. (2020). A closer look at the paralyzed face; a narrative review of the

neurobiological basis for functional and aesthetic appreciation between patients with a left and a right peripheral facial palsy. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 73(8), 1434-1441. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2020.03.030>

Tomkins, S. S. (1980). Affect as amplification : some modification in theory. *Theories of Emotion* (p. 141-164). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-558701-3.50012-0>

Traser, L., Özen, A. C., Burk, F., Burdumy, M., Bock, M., Richter, B., & Echternach, M. (2017). Respiratory dynamics in phonation and breathing—A real-time MRI study. *Respiratory physiology & neurobiology*, 236, 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2016.11.007>

Vaiman, M., Shlamkovich, N., Kessler, A., Eviatar, E., & Segal, S. (2005). Biofeedback training of nasal muscles using internal and external surface electromyography of the nose. *American Journal of Otolaryngology*, 26(5), 302-307. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2005.02.004>

Vaissière, J. (2011). *Le signal de parole et la phonétique acoustique : Vol. 2e éd.* (p. 57-70). Presses Universitaires de France; Cairn.info. <https://www.cairn.info/la-phonetique-9782130586500-p-57.htm>

VanSwearingen, J. M., Cohn, J. F., & Bajaj-Luthra, A. (1999). Specific Impairment of Smiling Increases the Severity of Depressive Symptoms in Patients with Facial Neuromuscular Disorders. *Aesthetic Plastic Surgery*, 6(23), 416-423. <https://doi.org/10.1007/s002669900312>

Versace, R., Brouillet, D., & Vallet, G. (2018). *Cognition incarnée : Une cognition située et projetée*. Mardaga.

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

Vroomen, J., Driver, J., & Gelder, B. D. (2001). Is cross-modal integration of emotional expressions independent of attentional resources? *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(4), 382-387. <https://doi.org/10.3758/CABN.1.4.382>

Wientjes, C. J. (1992). Respiration in psychophysiology : Methods and applications. *Biological Psychology*, 34(2-3), 179-203. [https://doi.org/10.1016/0301-0511\(92\)90015-m](https://doi.org/10.1016/0301-0511(92)90015-m)

Williams, L. E., & Bargh, J. A. (2008). Keeping One's Distance : The Influence of Spatial Distance Cues on Affect and Evaluation. *Psychological Science*, 19(3), 302-308. <https://doi.org/10.1111/j.1467->

9280.2008.02084.x

Wollmer, M. A., de Boer, C., Kalak, N., Beck, J., Götz, T., Schmidt, T., Hodzic, M., Bayer, U., Kollmann, T., Kollewe, K., Sönmez, D., Duntsch, K., Haug, M. D., Schedlowski, M., Hatzinger, M., Dressler, D., Brand, S., Holsboer-Trachsler, E., & Kruger, T. H. C. (2012). Facing depression with botulinum toxin : A randomized controlled trial. *Journal of Psychiatric Research*, *46*(5), 574-581. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2012.01.027>

Wood, A., Rychlowska, M., Korb, S., & Niedenthal, P. (2016). Fashioning the Face : Sensorimotor Simulation Contributes to Facial Expression Recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(3), 227-240. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.12.010>

Zhang, W., Xu, L., Luo, T., Wu, F., Zhao, B., & Li, X. (2020). The etiology of Bell's palsy : A review. *Journal of Neurology*, *267*(7), 1896-1905. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09282-4>

Zhang, Z., Sun, Y., & Wang, Z. (2018). Representation of action semantics in the motor cortex and Broca's area. *Brain and Language*, *179*, 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2018.02.003>

Annexes

1 Sunnybrook Facial Grading System (Ross et al., 1996)

Sunnybrook Facial Grading System												
Resting Symmetry		Symmetry of Voluntary Movement					Synkinesis					
Compared to normal side		Degree of muscle EXCURSION compared to normal side					Rate the degree of INVOLUNTARY MUSCLE CONTRACTION associated with each expression					
Eye (choose one only) normal <input type="checkbox"/> 0 narrow <input type="checkbox"/> 1 wide <input type="checkbox"/> eyelid surgery <input type="checkbox"/>							NONE: no synkinesis or mass movement MILD: slight synkinesis of one or more muscles MODERATE: obvious synkinesis of one or more muscles SEVERE: disfiguring synkinesis/gross mass movement of several muscles					
Cheek (naso-labial fold) normal <input type="checkbox"/> absent <input type="checkbox"/> less pronounced <input type="checkbox"/> more pronounced <input type="checkbox"/>		Standard Expressions Unable to initiate movement Initiates slight movement Initiates movement with mild excursion Movement almost complete Movement complete										
Mouth normal <input type="checkbox"/> corner drooped <input type="checkbox"/> corner pulled up/out <input type="checkbox"/>												
Total <input type="checkbox"/>												
Resting Symmetry score Total X 5 <input type="checkbox"/>												
Patient's Name _____ Diagnosis _____ Date _____		Gross Asymmetry Severe Asymmetry Moderate Asymmetry Mild Asymmetry Normal Asymmetry Total <input type="checkbox"/>										
		Voluntary movement score: Total X 4 <input type="checkbox"/>					Synkinesis score: Total <input type="checkbox"/>					
		Vol mov't score <input type="checkbox"/> - Resting symm score <input type="checkbox"/> - Synk score <input type="checkbox"/> = Composite Score: <input type="checkbox"/>										
		Brow lift (FRO) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					
		Gentle eye closure (OCS) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					
		Open mouth Smile (SYG/RIS) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					
		Snarl (LLA/LLS) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					
		Lip Pucker (OOS/OOI) <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					

© 1996 Ross BG, Fradet G, Nedzelski JM
 Sunnybrook Health Science Centre
 Permission not required to produce unaltered

2 Échelle MBLF (Picard et al., 2020)

Zones du visage	Tâche de réalisation motrice	Muscles	Cotation 0,1,2,3
Face	Symétrie de la face au repos		
	Modification de la face lors du sourire		
Oeil	Fermer les yeux avec force	<i>Orbiculaire inférieure des paupières</i>	
	Lever les sourcils	<i>Occipito-frontal</i>	
	Froncer les sourcils	<i>Sourcilier</i>	
Lèvres	Pincer les lèvres	<i>Compresseur / buccinateur</i>	
	Étirer les lèvres	<i>Zygomatique / risorius</i>	
	Maintenir les lèvres fermées avec force	<i>Orbiculaire / masseter</i>	
	Sourire en ouvrant la bouche	<i>Zygomatique / risorius</i>	
	Découvrir les dents du haut	<i>Canin / releveur du nez</i>	
	Découvrir les dents du bas	<i>Mentonnier</i>	
	Faire « u »	<i>Orbiculaire des lèvres</i>	
	Siffler	<i>Orbiculaire</i>	
	Souffler	<i>Orbiculaire</i>	
Joues et Mandibules	Ouvrir la bouche	<i>Buccinateur / orbiculaire</i>	
	Fermer la bouche	<i>Masseter / orbiculaire</i>	
	Gonfler les joues	<i>Buccinateur / orbiculaire</i>	
	Gonfler la joue G	<i>Buccinateur / orbiculaire</i>	
	Gonfler la joue D	<i>Buccinateur / orbiculaire</i>	
	Faire passer l'air d'une joue à l'autre	<i>Buccinateur / orbiculaire</i>	
	Mâchoire à G	<i>Ptérygoïdiens</i>	
	Mâchoire à D	<i>Ptérygoïdiens</i>	
	Rentrer les joues	<i>Buccinateur / orbiculaire</i>	
	Mâcher bouche fermée		
Langue	Tirer la langue	<i>Génioglosse / transverse</i>	
	Rentrer la langue	<i>Hypoglosse /lingual supérieur</i>	
	Mettre la langue à droite	<i>Pharyngoglosse</i>	
	Mettre la langue à gauche	<i>Pharyngoglosse</i>	
	La mettre en haut	<i>Lingual supérieur</i>	
	La mettre en bas	<i>Lingual supérieur</i>	
	Passez la langue sur les dents	<i>Styloglosse / hyoglosse</i>	
	Déplacer la langue dans la joue G		
	Déplacer la langue dans la joue D		
	Élever la pointe dans la bouche	<i>Pharyngoglosse</i>	
	Élever la pointe hors de la bouche	<i>Styloglosse</i>	
	Clic de réprobation	<i>Styloglosse</i>	
	Galop du cheval	<i>Styloglosse</i>	

Cotation symétrie de la face :

- 0 : très asymétrique
- 1 : asymétrie importante
- 2 : asymétrie légère
- 3 : absence d'asymétrie

Cotation motricité :

- 0 : aucune contraction
- 1 : ébauche de mouvement
- 2 : contraction ample mais non maintenue
- 3 : contraction normale

Production et Perception des émotions chez les patients paralysés faciaux : Marqueurs respiratoires, phonatoires et expressivité faciale

Résumé :

La paralysie faciale périphérique idiopathique (PFPI) altère la communication verbale et non-verbale des patients. L'objectif principal de ce travail de thèse consistait en l'identification d'un ou plusieurs marqueurs de la PFPI lors de la contagion émotionnelle. Nous nous sommes particulièrement intéressés aux implications respiratoires, vocales et faciales de la contagion de l'émotion, auprès de 60 patients présentant une PFPI. Dans une première étude, nous avons observé une accélération de la fréquence respiratoire, signe habituel d'un épisode de stress, en cas d'hémispasme séquellaire ($F(57)=6,49$, $p=0,0014$) et de difficultés de perception des émotions faciales ($F(58)=13,10$, $p<0,001$). Notre deuxième étude portait sur la production et la perception de la prosodie émotionnelle. Plus la PFPI était sévère, plus les patients accélèrent leur débit de parole ($F(59)=7,589$, $p=0,008$). De plus, les patients n'identifiant pas correctement les expressions vocales de joie (sourire sonore), présentaient une PFPI plus sévère ($Z=2,733$, $p=0,006$). Finalement, nous avons confirmé les difficultés de perception des émotions des patients PFPI par modification de leur rétroaction faciale. Plus le sourire des patients était asymétrique, plus la perception de l'expression faciale de joie était éteinte ($F(59)=5,502$, $p=0,022$). À partir de ces résultats, nous avons développé un modèle de contagion émotionnelle appliquée à la PFPI, où nous y suggérons des perspectives d'optimisation des interactions sociales des patients.

Mots-clés : Paralysie faciale périphérique idiopathique ; Contagion émotionnelle ; Respiration ; Phonation ; Expressivité Faciale

Emotional Perception and Production in Facial Palsy : Respiratory, Vocal and Facial Markers

Abstract :

Bell's palsy impacts patients' communication. As patients are unable to smile symmetrically, they have difficulties to convey their emotions during social interactions. The main objective of this thesis was to identify markers of Bell's palsy during emotional contagion. We studied the respiration, the phonation and the facial motor skills of 60 patients with Bell's palsy. First, we observed an increase of respiratory rate, a usual sign of a stress episode, in patients with post-paralytic hemispasm ($F(57)=6.49$, $p=.0014$). Then, we analysed the production and perception of emotional prosody in Bell's palsy. The more severe the facial palsy, the more patients increased their speech rate ($F(59)=7,589$, $p=.008$). In addition, patients who did not correctly identify auditory smile had more severe facial palsy ($Z=2.733$, $p=.006$). Finally, we confirmed emotion perception difficulties in Bell's palsy. Arousal of facial expression of joy decreased when the patients' smiles were asymmetric ($F(59)=5.502$, $p=.022$). Based on these results, we developed a model of emotional contagion in Bell's palsy, according to Prochazkova & Kret's (2017) new model of emotional contagion. We suggested perspectives for improving the social interactions of patients with Bell's palsy and their healthcare.

Keywords : Bell's Palsy ; Emotional contagion ; Respiration ; Voice ; Facial display