

## Chapitre 1

# Modélisation des expressions faciales des émotions

### 1.1. Les agents conversationnels expressifs

Ces dernières années, on observe un intérêt croissant pour le développement d'agents conversationnels animés (ACA) exprimant des émotions. Les ACAs sont des entités, des logiciels, capables de communiquer de façon autonome avec un usager, que ce soit à travers des modes verbaux ou non-verbaux. L'intérêt pour le développement d'une expressivité affective crédible chez les ACAs est motivé par la recherche de l'amélioration de l'interaction homme-machine (voir chapitre 8 et chapitre 9). Pour être capable d'exprimer des émotions, l'agent doit avoir accès à un modèle déterminant une communication pouvant être comprise par les humains ainsi qu'avoir des capacités techniques de communiquer non-verbalement.

Les études montrent que les humains communiquent leurs émotions à travers diverses modalités à la fois, bien que ce soit le visage qui est considéré le site propice pour l'expression de celles-ci [KAI 01, EKM 72, DAR 72, DUC 99]. Dans une interaction homme-machine, interagir avec un ACA émotionnellement expressif crée un contexte plus motivant pour l'utilisateur qu'un contact avec un agent affichant un visage d'expression neutre [WAL 94]. En plus de maintenir l'intérêt des usagers, les expressions non-verbales peuvent être utiles dans la désambiguïsation d'un texte transmis

---

Chapitre rédigé par Sylwia Julia HYNIEWSKA and Radosław NIEWIADOMSKI and Catherine PELACHAUD.

verbalement [ELL 97]. Ceci dans le cas d'expressions adéquates à la situation rencontrée, les expressions inappropriées pouvant mener à un effet contraire de celui souhaité [BEC 05, WAL 94]. De plus, les expressions faciales contribuent à la perception de l'agent en tant qu'entité. Un même agent, selon la qualité de ses expressions faciales, peut être perçu comme plus ou moins crédible ou digne de confiance [REH 05]. Selon certains auteurs, les interactions des humains avec des personnages virtuels seraient similaires à celles développées avec des humains réels [SCH 06, REE 96, BRA 05](pour plus d'information sur l'interaction homme-machine voir chapitre 8). Ceci permet de postuler qu'un modèle d'émotion humaine pourrait être appliqué pour la modélisation d'émotion artificielle.

Quelques approches théoriques du domaine de la psychologie affective et la manière dont certaines de ces théories ont contribué à la modélisation de comportements faciaux d'agents conversationnels sont présentés dans les sections suivantes. En particulier nous présentons comment les théories des émotions discrètes, celles des émotions dimensionnelles et les théories componentielles des émotions traitent les expressions faciales dans le processus complexe que sont les émotions. Les modèles computationnels pour déterminer les expressions des ACAs sont décrits suivant les modèles théoriques sur lesquels ils reposent. Le chapitre conclut en rapportant des travaux sur les expressions correspondant aux mélanges d'émotions et tenant en compte les contraintes sociales.

### 1.2. Expressions et états émotionnels sous-jacents

Définir les mécanismes régissant les émotions est un problème d'actualité. Classiquement, trois approches divergentes majeures s'opposent, les théories des émotions discrètes, dimensionnelles et componentielles (pour une revue des principales théories contemporaines voir chapitre 1). Pour illustrer cette polémique, nous allons nous appuyer sur leur compréhension divergente du traitement des expressions faciales émotionnelles :

- 1) les théories des émotions discrètes [EKM 84, EKM 89, EKM 92, IZA 71, IZA 93, TOM 62, TOM 84] postulent un certain nombre d'émotions universelles déterminées par des programmes neuromoteurs. Ces programmes déclencheraient une réponse émotionnelle prototypique, avec un pattern d'expressions faciales fixes, spécifique à chaque émotion ;

- 2) les théories des émotions dimensionnelles [RUS 80, FON 07, MEH 96] définissent les émotions comme des points dans un espace multidimensionnel continu, où chaque dimension est une propriété fondamentale sur laquelle toutes les émotions peuvent être évaluées. La théorie dimensionnelle prédit un lien entre une émotion, une expression faciale, ou ses composantes, et les dimensions [RUS 80] ;

3) les théories componentielles des émotions [ELL 03, ROS 01, SCH 84, SCH 87, SCH 01, SMI 85] postulent que les éléments individuels de l'expression faciale, les micro-expressions, sont déterminés par les résultats des évaluations cognitives.

Nous allons à présent regarder un peu plus en détails en quoi consistent ces trois courants théoriques et comment ils conçoivent les expressions faciales des émotions.

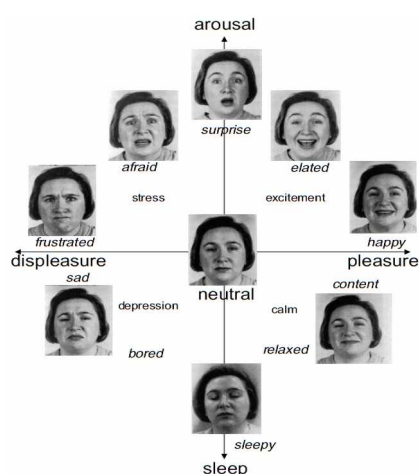
### **1.2.1. L'expression des émotions discrètes**

Les théoriciens des émotions discrètes partent de l'idée que les émotions sont déclenchées par des mécanismes automatiques, tels que les programmes émotionnels neuromoteurs. Ces programmes seraient indépendants des évaluations cognitives (voir par exemple [EKM 72]). Tomkins a décrit ces programmes d'affects comme menant à des patterns d'expressions uniques caractéristiques d'une émotion particulière [TOM 63]. Les études de cette approche se sont focalisées sur quelques patterns prototypiques d'émotions dites "de base". Chaque émotion de base se caractériserait par une fonction adaptative, une expression (ex. un comportement facial spécifique), un ensemble de changements physiologiques et un ressenti conscient qui lui sont propres [KEL 97, MAN 05]. Selon cette théorie, non seulement les émotions, mais aussi les expressions faciales de celles-ci sont considérées discrètes. Ainsi, toute expression doit être comprise comme un élément défini et non comme un ensemble d'éléments indépendants et variables. Toutes les composantes de l'expression ont un déroulement commun, sans variations temporelles entre les sous-expressions. Par exemple, le relèvement des sourcils et l'abaissement des coins des lèvres composeraient une expression de tristesse. Ces deux éléments, décomposés, ne conserveraient pas leur attribut d'expression de la tristesse. L'abaissement des coins des lèvres n'est pas un signal de tristesse, et pourrait ne pas être un indice d'un affect en soi. Lors de l'expression de la tristesse, l'activité des lèvres et des sourcils commencerait et finirait en même temps. Les études des théoriciens de l'approche discrète aux émotions reposent majoritairement sur des photographies d'expressions à leur point culminant (apex) et supposent un développement linéaire des expressions.

### **1.2.2. L'expression des émotions selon une approche dimensionnelle**

Selon certains théoriciens les émotions peuvent être comprises non pas en terme de catégories discrètes, mais comme des variations continues sur des dimensions. Un grand nombre de dimensions a été proposé. Les deux dimensions les plus acceptées aujourd'hui sont celles de la valence (positivité versus négativité des affects) et de l'arousal ou de l'activation générale (haut ou bas niveau d'activation) [RUS 80], toutefois certains théoriciens en proposent d'autres. Le modèle circomplexe de Russell permet de prédire un lien direct entre chaque action musculaire faciale et sa position sur le niveau d'activation et celui de valence. Selon Russell, le visage ne communique

pas plus les émotions que le reste du corps (intonation, posture, etc.), mais transmet uniquement des informations générales sur l'état interne sous-jacent [GRA 06] qui peuvent être comprises en terme des deux dimensions. Ces informations du visage ne permettraient pas une catégorisation discrète avec une attribution d'un label concret. Russell fait juger des expressions faciales à des participants et montre qu'ils sont incapables de donner un nom aux états perçus, tant qu'ils ne connaissent pas leur contexte. La perception de la valence et de l'activation semble, au contraire, aisée [RUS 91].



**Figure 1.1.** Représentation dimensionnelle proposée par Breazeal [BRE 03] et inspiré de Russel [RUS 97]

Une autre théorie bi-dimensionnelle a été proposée par Schlosberg [SCH 52] qui a organisé l'expression faciale en un modèle géométrique, un cercle avec des diagonales correspondantes aux dimensions plaisant-déplaisant et attention-rejet. Il a ordonné six expressions en cercle : joie, surprise, peur, tristesse, dégoût, colère, selon les motifs de confusion apparaissant entre elles. Le modèle d'état émotionnel PAD (Plaisir-Activation-Dominance), quant à lui, prône une approche tridimensionnelle. Les trois dimensions de ce modèle basé sur les fondements théoriques de Mehrabian [MEH 80, MEH 95], seraient indépendantes et permettraient la description et la mesure d'états émotionnels : Plaisir-déplaisir, Activation-Désactivation, et Dominance-Soumission. Les termes définissant les émotions peuvent être visualisés comme des points dans un espace tridimensionnel. Quand des scores PAD sont standardisés, chaque terme émotionnel peut être décrit brièvement en terme de ses valeurs sur chacun des axes. Les évaluations des émotions se présentent sous la forme de scores de -1 à +1. Par exemple, la colère est un état émotionnel fortement désagréable (-0.51), fortement actif (0.59) et moyennement dominant (0.25) [MEH 97]. Dans le modèle émotionnel PAD il y a huit

regroupements d'émotions, définis par les combinaisons de plaisir haut ou bas, activation haute ou basse et dominance haute ou basse. Ainsi, les états d'anxiété (plaisir bas, activation haute et dominance basse) par exemple, regrouperaient la nervosité, l'insécurité ou la souffrance. L'importance d'utiliser ces trois dimensions et non seulement le plaisir et l'activation a été largement démontré [MEH 86, SOR 06, MEH 87].

Selon un autre modèle quatre dimensions sont nécessaires pour représenter de façon satisfaisante les émotions [FON 07]. Fontaine et collègues basent leur travail sur des concepts théoriques, selon lesquels les émotions sont des changements inter-reliés de six composantes : évaluations cognitives des événements, changements psychophysiques (sensations corporelles), expressions motrices (ex. expression faciale), tendances à l'action, expérience subjective et régulation émotionnelle [ELL 03]. Les auteurs ont fait évaluer à des participants de trois langues différentes 24 labels émotionnels prototypiques sur des échelles de Likert de 144 caractéristiques représentant l'activité des émotions. Une analyse en composantes principales fait ressortir que la dimension qui explique le plus la variance est l'évaluation-valence, la seconde la maîtrise de la situation, la troisième l'activation et la quatrième l'imprévu. Ce modèle permet de comprendre les émotions en terme de dimensions et de caractéristiques les définissant. Parmi ces dernières on retrouve les comportements expressifs liés à chacune des dimensions, par exemple pour la dernière (événement imprévu et nouveau) ce serait le relèvement des sourcils, le relâchement de la mâchoire, etc.

### 1.2.3. *L'expression componentielle des émotions*

Les théoriciens cognitivistes [ORT 90, KAI 98, KAI 01] issus de l'approche componentielle des émotions s'opposent au concept d'émotions en tant que résultantes de programmes biologiques fixes. Selon eux, il existe un grand nombre d'états émotionnels très différenciés, que les labels verbaux ne capturent que par regroupement ou à travers des tendances centrales des états les plus récurrents. Scherer, un chercheur de l'approche componentielle, attribue à ces derniers le terme d'émotions modales [SCH 84]. De plus, selon les théoriciens componentiels les émotions sont la conséquence d'évaluations cognitives (d'appraisal). L'idée est que l'état émotionnel serait créé par la signification attribuée à différents éléments d'un événement. L'émotion n'est pas définie et déclenchée directement par une situation ou un stimulus, mais dépend de la relation qu'un individu établit avec son environnement. Cette relation est créée à travers l'appraisal (pour une revue voir [KAI 01]) et serait perceptible à travers différentes modalités. L'expression faciale, entre autres, serait étroitement liée aux différentes étapes d'appraisals. Scherer décrit ces changements faciaux en terme d'unités d'action (UA, telles que définies par [EKM 78]), qui représentent une activation particulière de muscles durant une expression. Pour chaque étape d'évaluation, Scherer propose plusieurs combinaisons d'UA et l'expression finale est la superposition de toutes les expressions particulières des étapes d'évaluations. Ainsi, avec les

nombreuses variations de combinaisons d'UA il serait possible d'obtenir un grand nombre d'expressions faciales.

### **1.3. Modèles computationnels des expressions faciales des émotions**

Dans cette section nous nous tournons vers les modèles computationnels existants qui offrent aux ACAs une palette d'expressions. Nous proposons une présentation suivant les modèles théoriques sur lesquels ils reposent.

Plusieurs modèles d'expression faciale ont été proposés pour enrichir le comportement facial des agents virtuels. Ces modèles existants reposent souvent sur la génération de nouvelles expressions par moyennage de valeur des paramètres des expressions discrètes des émotions de base (voir 1.2.1 ; [EKM 75, EKM 03a]). Il y a aussi quelques modèles qui utilisent des approches dimensionnelles (voir Section 1.2.2) et componentielles (voir Section 1.2.3) à la modélisation des expressions faciales.

#### **1.3.1. Représentation discrète des expressions faciales**

Le standard MPEG-4 [PAN 03] s'appuie sur une représentation discrète des émotions. Ce standard introduit la paramétrisation de l'expression faciale en terme de 68 paramètres d'actions faciales "FAPs" (Facial Action Parameters). La grande majorité (66) est liée aux déplacements des éléments particuliers du visage animé, comme les sourcils ou les coins de la bouche. Toutefois, il y a aussi deux paramètres globaux. Un d'eux spécifie les visèmes (mouvements articulatoires des lèvres) et le deuxième (FAP 2) est utilisé pour l'affichage d'une des six expressions faciales prédéfinies : colère, joie, tristesse, dégoût, surprise ou peur tel que définis par Ekman [EKM 75]. Ce dernier paramètre permet aussi d'obtenir des mélanges de ces six émotions. Les mélanges peuvent être générés en spécifiant le poids de leurs différents composants émotionnels. Ainsi, une nouvelle expression peut être générée en combinant les poids associés aux expressions de base [OST 02]. Finalement, les deux, la définition des expressions faciales de base et l'algorithme d'interpolation entre les expressions clef (key frames) dépendent de l'implémentation directe du standard. Ainsi, en s'appuyant sur la définition des expressions en terme de représentations discrètes, on peut obtenir un très grand nombre d'expressions faciales. Toutefois, contrairement à d'autres approches qui seront décrites dans les paragraphes suivants (1.3.2 et 1.3.3), ces modèles ne permettent pas la création de nouvelles expressions faciales dont l'émotion exprimée pourrait être verbalement identifiée par un label spécifique.

#### **1.3.2. Représentation dimensionnelle des expressions faciales**

Tsapatsoulis et al. [TSA 02] et Albrecht et al. [ALB 05] ont développé des modèles qui peuvent être utilisés pour générer des expressions. Ils utilisent des expressions d'émotions situées côte-à-côte, dans un espace dimensionnel des émotions, pour

générer des expressions faciales pour des expressions autres que celles des émotions de base [EKM 75]. Pour ce faire, ils utilisent différents espaces multidimensionnels dans lesquels les labels émotionnels sont placés. Dans ces deux approches, de nouvelles expressions sont construites en partant des six expressions de base d'Ekman : colère, dégoût, tristesse, joie, surprise, peur [EKM 75]. Tsapatsoulis et collègues introduisent dans leur modèle un algorithme pour la construction de nouvelles expressions qui opère au niveau de paramètres d'animation faciale (FAPs) définis par le standard MPEG-4. La nouveauté de cette approche repose dans l'utilisation de catégories d'expressions faciales. Chaque expression faciale est définie par un ensemble d'intervalles : pour chaque paramètre d'animation, les auteurs définissent un intervalle de valeurs plausibles par expression. Afin de générer la nouvelle expression qui est aussi déterminée par des intervalles, des transformations arithmétiques sont appliquées aux intervalles des expressions originales. Tsapatsoulis et collègues utilisent dans leurs travaux [TSA 02] deux approches. Premièrement, une expression peut être dérivée à partir d'une expression de base par "échelonnage" de toutes les valeurs de FAPs d'une expression d'une émotion de base. Deuxièmement, l'expression peut être générée en utilisant les définitions d'expressions des deux émotions de base les plus proches, telles que définies dans l'espace dimensionnel de [WHI 89] et [PLU 80]. Whissell a proposé l'utilisation de deux valeurs (d'activation et d'évaluation) pour certains labels émotionnels, tandis que Plutchik a défini des valeurs d'angles, et non des coordonnées, sur la roue émotionnelle pour chaque émotion. Tsapatsoulis et collègues utilisent et les coordonnées bi-dimensionnelles et la valeur de l'angle pour le calcul des expressions. Les paramètres des expressions (FAPs) sont pondérées par ces valeurs de l'émotion recherchée et les deux émotions de base adjacentes. Albrecht et collègues [ALB 05] proposent une amélioration par l'utilisation d'un visage avec une base anatomique. Ils travaillent avec une représentation de contraction de muscles au lieu d'utiliser les paramètres d'animation faciale MPEG-4. Ces auteurs utilisent un espace tridimensionnel d'états émotionnels défini par l'activation, l'évaluation et la force, tel que proposé par Cowie et collègues [COW 99].

Quant au modèle appelé EmotionDisc [RUT 03], bien qu'il repose sur les six expressions de base [EKM 75], il peut être considéré dimensionnel de par son utilisation de l'interpolation bi-linéaire entre les différentes expressions. Dans l'EmotionDisc six expressions sont réparties de façon équilibrée autour du cercle, tandis que l'expression neutre est représentée par le milieu du cercle (voir Figure 1.2). L'expression synthétisée est le résultat de l'interpolation entre deux expressions de base qui sont proches sur le cercle et l'expression neutre d'un agent virtuel. La distance à partir du cercle central représente l'intensité de l'expression. Les relations spatiales sont utilisées pour établir les expressions correspondantes de tout point du EmotionDisc. Cette méthode permet l'obtention d'un continuum d'expression entre deux expressions particulières.

Un autre modèle dimensionnel pour la génération d'expressions faciales d'états émotionnels variés a été introduit par Grammer et Oberzaucher [GRA 06]. Les patrons caractéristiques de mouvements faciaux sont localisés dans un espace bi-dimensionnel

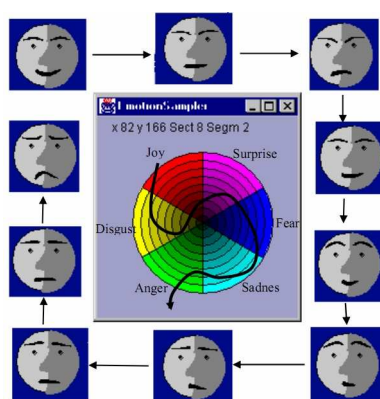


Figure 1.2. *EmotionDisc* [RUT 03]

d'activation et de valence. Ces auteurs ont mis en avant des configurations particulières d'unités d'action qui caractérisent les quatre extrêmes de l'espace émotionnel de Russell [RUS 80] : activation haute et basse, valence positive et négative. L'approche de Grammer et Oberzaucher permet de générer de nouvelles expressions à partir de deux dimensions et en utilisant des unités d'action [EKM 78]. Les auteurs ont fait évaluer à des participants des expressions faciales composées d'ensembles aléatoires d'unités d'action. L'évaluation consistait à attribuer des étiquettes aux expressions. Une analyse factorielle a été conduite sur ces attributions et trois facteurs expliquant une grande partie des variations dans les jugements des visages ont pu être annotés comme facteur de valence, facteur de dominance et facteur d'activation. Les facteurs d'activation et de valence attribués aux visages ont été retenus pour le calcul des scores des unités d'action particulières composant ces expressions. Ainsi, la configuration d'unités d'action qui caractérisent certaines valeurs d'activation et de valence a pu être obtenue par analyse statistique. Enfin, pour vérifier ce modèle, les six émotions de base d'Ekman [EKM 75] ont été reprises et reconstruites dans les espaces de valence et d'activation. En résumé, cette approche est une tentative de réconciliation de différentes théories d'expressions faciales. Elle peut être utilisée pour la création d'expressions faciales déterminées par des unités d'action du FACS [EKM 78] et ceci pour tout état émotionnel décrit dans un espace bidimensionnel d'activation et de valence.

### 1.3.3. Représentation componentielle des expressions faciales

D'autres chercheurs ont utilisé une approche purement componentielle pour générer les expressions d'un ACA. Wehrle et collègues [WEH 00] par exemple ont créé un outil spécial pour appliquer le modèle componentiel de Scherer [SCH 01] en permettant la génération d'expressions par détermination d'unités d'action impliquées. Cet



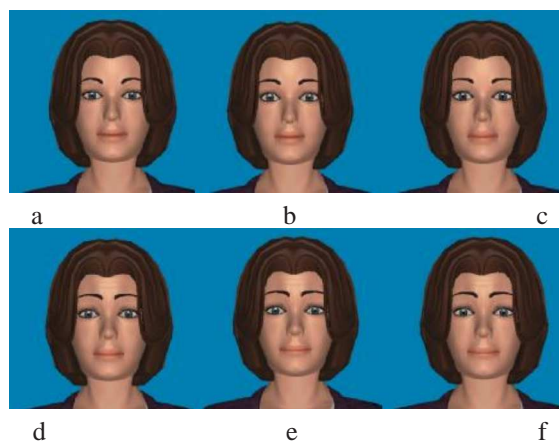
outil, le Facial Action Composing Environnement (FACE), permet la création d'expressions faciales tridimensionnelles schématiques. Il permet de dissocier les différents éléments composant l'expression et de varier la dynamique de certaines composantes de façon indépendante. De plus, les éléments peuvent subir des changements de mouvements asymétriques, comme par exemple des demi-sourires. Le nombre d'expressions créées peut être très grand, les différentes manipulations permettant de dépasser les caractéristiques des expressions de base. La théorie de Scherer a aussi été utilisée dans la création d'expressions synthétiques par deux équipes de chercheurs, sous la direction de Lisetti [PAL 06, GRI 06] et celle de Kollias [MAL 07]. Paleari et Lisetti [PAL 06] utilisent l'agent Cherry, une plateforme avec un avatar humanoïde, pour afficher des expressions générées manuellement en appliquant les prédictions de Scherer [SCH 01] quant aux émotions de colère, de dégoût, de peur, de joie et de tristesse (voir Fig. 1.3). Les expressions générées sont limitées en nombre et l'intérêt du travail réside dans l'emphase mise dans la relation temporelle entre les différents éléments dynamiques composant l'expression et liés à différentes étapes d'évaluations cognitives.



**Figure 1.3.** L'agent Cherry affichant une possible évolution de l'expression de peur selon la théorie de Scherer [PAL 06]

L'expression faciale n'est pas activée en une fois et de façon uniforme, mais les paramètres d'animation sont activés à différents moments. Le résultat final est une animation d'une séquence de plusieurs configurations de micro-expressions d'évaluations cognitives. Pour ce faire, les auteurs ont converti les UA liées par la théorie à des évaluations cognitives en des paramètres d'animations de l'agent Cherry. Ils ont aussi recherché des intensités et des contraintes temporelles adéquates pour ces paramètres, pouvant mener à des expressions crédibles [PAL 06].

Malatesta, Raouzaïou, Karpouzis et Kollias [MAL 07] utilisent aussi de façon similaire une animation faciale MPEG-4 en convertissant les UAs en des FAPs. Ils créent les séquences prédites par la théorie componentielle d'évaluation cognitive [SCH 01] et les appliquent à l'ACA Greta [BEV 07]. Chaque expression est dérivée à partir de "l'addition" d'une nouvelle UA aux précédentes.



**Figure 1.4.** Prédictions pour les micro-expressions intermédiaires de l'expression de la peur : a) expression neutre b) nouveauté-soudaineté c) valence négative d) incohérence e) obstruction aux buts f) manque de maîtrise de la situation/expression finale de peur (selon la théorie de l'appraisal de Scherer adapté par [MAL 07])

#### 1.3.4. Les mélanges d'émotions et les contraintes sociales

Certains chercheurs ont voulu élargir leur compréhension des expressions faciales et inclure des aspects du contexte, avec les règles socio-culturelles contraignant les expressions.

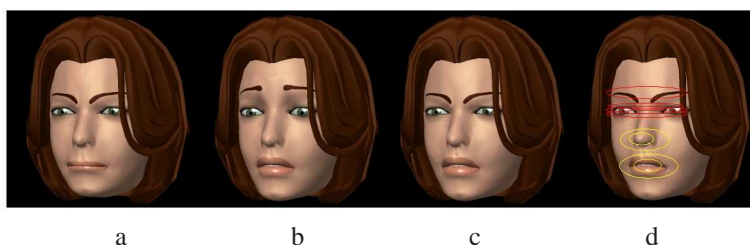
Ainsi, Ekman et Friesen ont décrits les changements faciaux pouvant intervenir lorsque le contexte ne favorise par l'expression directe d'une émotion ressentie. Dans certaines situations, on observe même l'apparition d'une autre expression, socialement plus acceptée [EKM 75]. Selon Ekman [EKM 03a], un grand nombre d'expressions émotionnelles observées peut être expliqués à travers six émotions "de base" (colère, joie, peur, dégoût, tristesse et surprise) et leurs mélanges ("blend"). On entend par mélange une expression impliquant plus d'une émotion. Ekman et Friesen [EKM 69] observent dans une étude que différents types de mélanges sont rencontrés dans la vie de tous les jours. Le contexte et les règles socio-culturelles encouragent parfois la superposition des émotions, la dissimulation (expression d'un émotion ressentie est masquée par une autre expression), la simulation (expression d'une émotion non ressentie) ou l'inhibition d'une émotion. Ces mélanges d'émotions seraient obtenus, selon Ekman, par une composition d'expressions sur différentes parties du visage. Lors de la superposition de deux émotions par exemple, l'expression est composée de comportements faciaux d'une émotion pour la partie supérieure du visage et d'une autre pour la partie inférieure du visage [EKM 75]. La limite entre les deux parties n'est toutefois pas strictement définie : pour certaines paires d'émotions les yeux peuvent

être considérés inclus dans la partie supérieure (ex. colère et tristesse), dans d'autres paires non [EKM 75]. Ekman a décrit dix-huit expressions différentes de superposition de paires impliquant six émotions [EKM 75, EKM 03a]. Les combinaisons de la partie supérieure et inférieure ne sont pas toutes plausibles. Par exemple, la joie superposant la tristesse sera exprimée par la partie inférieure du visage et la tristesse sera exprimée par la partie inférieure. Le cas contraire n'apparaît pas.

Les chercheurs ont aussi montré que les humains sont capables de différencier l'expression d'émotions véritablement ressenties des émotions feintes [EKM 69, FRA 95, GOS 95]. Ekman a suggéré dans son travail une liste de signes de simulation [EKM 75, EKM 89, EKM 03b], c'est-à-dire de caractéristiques utiles à la différenciation entre les émotions ressenties et feintes. Etant donné que les humains ne sont pas capables de contrôler volontairement tous leurs muscles faciaux, l'observation de comportements faciaux qui sont réalisés avec difficulté dans des expressions maîtrisées permettrait une différenciation par des tiers de ces expressions "feintes" des expressions "réelles" d'états émotionnels. L'expression de certaines émotions pourraient ainsi être associée à certains changements caractéristiques, comme l'activation de l'orbicularis oculi (contraction de la partie inférieure de la paupière) dans la joie [EKM 03a]. Non seulement les caractéristiques de référence sont absentes dans les expressions feintes, mais aussi elles sont difficilement inhibées lors du ressenti de certaines émotions. De plus, les expressions véridiques peuvent être différenciées des feintes par leur variation dans la symétrie, la synchronisation et la durée [EKM 75, EKM 89]. Les expressions feintes seraient plus souvent asymétriques [EKM 03b], plus abruptes [FRA 95, EKM 82] et souvent exprimées pendant de plus longues périodes que les ressenties [EKM 03b].

Bui [BUI 04] utilisent le concept d'Ekman et Friesen selon lequel les mélanges d'émotions sont construits en tant qu'expressions composées de différentes parties d'expressions de base [EKM 75]. Il utilise un ensemble de règles floues pour déterminer le mélange des six expressions de base [EKM 75]. Un sous-ensemble de règles est attribué à chaque paire d'émotions. Le modèle de Bui permet de déterminer, par inférence floue, le degré de contraction des muscles de l'expression finale. Ce calcul est réalisé en relation avec l'intensité de l'état émotionnel de l'agent [BUI 04]. Rehm et André ont aussi étudiés différents types d'expressions en situation complexe chez les ACAs, entre autre celles de simulation [REH 05]. En se basant sur les descriptions d'Ekman [EKM 75, EKM 03b, EKM 03a], les auteurs ont défini manuellement les paramètres des expressions feintes. Ces dernières se caractérisent par plus d'asymétries et par un manque de mouvements typiques d'une émotion, mais qui sont difficilement contrôlables consciemment. Dans leur étude sur les ACAs menteurs, ils montrent que ces caractéristiques d'expressions mensongères sont suffisantes pour que les usagers les différencient des expressions représentant des émotions ressenties par les agents [REH 05]. Niewiadomski et Pelachaud [NIE 07c], se sont aussi basé sur les travaux de la partition du visage d'Ekman [EKM 75, EKM 03b, EKM 03a]. Ils ont développé leur propre modèle d'expressions pour la modélisation de mélanges d'expressions, qui

regroupent les expressions de simulation, l'inhibition d'une émotion, comme la superposition (Fig. 1.5) et la dissimulation (Fig. 1.6) d'une émotion par une autre. Dans ces expressions, que les auteurs qualifient d'expressions complexes [NIE 07a], chaque expression est définie par un ensemble de huit aires du visage (sourcils, paupières supérieures, direction des yeux, paupières inférieures, joues, nez, lèvres, tension des lèvres). Chaque expression est composée de huit sous-expressions de ces aires, chacune pouvant communiquer un signal émotionnel : plusieurs émotions peuvent être exprimées sur différentes parties du visage. Dans le cas d'une expression de tristesse masquée par la joie, par exemple, la tristesse est exprimée dans la région des sourcils alors que la joie est exprimée dans la région de la bouche.

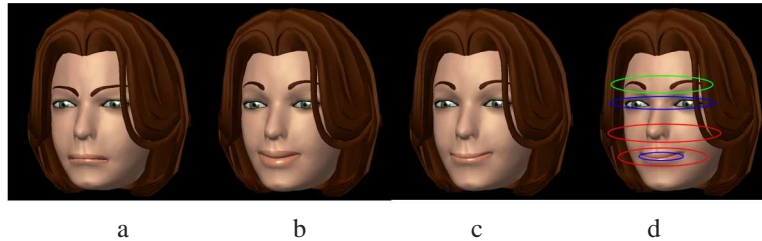


**Figure 1.5.** *Superposition des expressions de colère et de tristesse : a) expression de colère, b) expression de tristesse, c) superposition de colère et tristesse, d) superposition de la colère et de la tristesse avec un marquage de la partition du visage.*

La tâche principale de l'algorithme est d'attribuer des expressions d'émotions aux différentes parties du visage. Pour ce faire, les auteurs ont définis pour chaque type d'expressions un ensemble de règles de logique floue qui décrit la composition de ces aires faciales. Ces règles se basent sur la description proposée par Ekman qui fait référence aux six émotions de base. Pour la génération des expressions dépassant ces six et n'étant pas explicitées dans les règles de l'algorithme, celui-ci choisit la solution la plus appropriée. Un algorithme de similarité est utilisée à cet effet [NIE 07b]. Dans cette approche chaque expression faciale est décrite par des ensembles flous, un ensemble flou par paramètre d'animation (les FAPs du standard MPEG-4). La similarité floue est utilisée pour le calcul du degré de ressemblance visuelle entre deux expressions.

### 1.3.5. Séquences des expressions des émotions

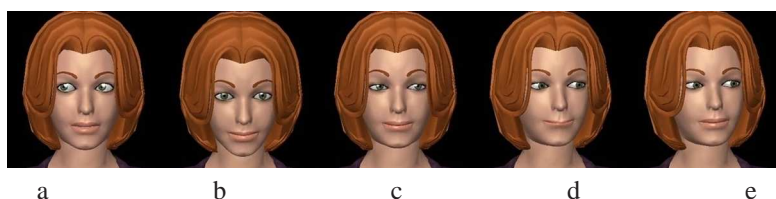
En accord avec la théorie componentielle des émotions, selon laquelle l'émotion est un épisode dynamique qui produit une séquence de patrons de réponses, qu'elles soient gestuelles, faciales ou vocales [SCH 07], il pourrait s'avérer avantageux pour la crédibilité des agents conversationnels d'inclure plus de variations temporelles et la



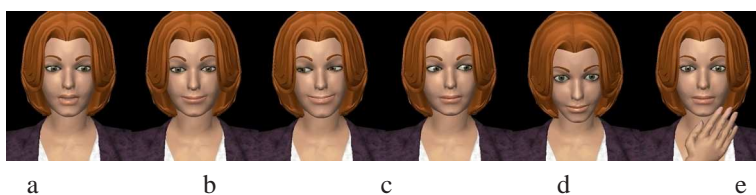
**Figure 1.6.** *Dissimulation de la colère par une expression de joie : a) expression de colère, b) joie, c) dissimulation de la colère par une expression de joie, d) dissimulation de la colère par une expression de joie avec un marquage de la partition du visage.*

multimodalité dans leurs expressions. Effectivement, malgré une grande concentration de recherches sur le visage, certaines études montrent que les émotions peuvent aussi être reconnues à partir de mouvements du corps [WAL 98, POL 01]. Il est possible d'obtenir ce genre d'information par une observation directe, qu'elle soit guidée par la théorie ou non. Quelques études ont exploré la complexité des expressions des émotions en se penchant sur leur multimodalité. Ainsi, Keltner [KEL 95] a étudié la séquence de gestes et de mouvements faciaux dans l'état d'embarras. Elle s'est appuyée sur la fréquence d'apparition de certains patrons de mouvements dans des bases de données audio-visuelles. Shiota et collègues, quant à eux, ont étudiés trois émotions : l'admiration, l'amusement et la fierté [SHI 03]. Ils ont montré que les expressions de ces trois émotions dépassent la simple image statique prédite par les travaux de [EKM 75] sous la forme prototypique de joie. Ces expressions seraient plutôt un ensemble de signaux possibles, apparaissant parfois avec des déroulements asynchrones de ces différents signaux. Chacune des expressions ne doit plus être perçue comme discrète et tous les éléments la composant n'ont pas à apparaître en même temps pour qu'elle soit reconnue comme l'extériorisation d'un état émotionnel particulier. Dans l'expression de l'admiration, par exemple, Shiota et collègues [SHI 03] observent un haussement de la partie intérieure des sourcils, une plus grande ouverture des yeux et de la bouche, un penché de la tête vers l'avant et une grande inspiration visible. Bien que les mouvements des sourcils, des yeux et de la bouche soient présents dans la grande majorité des expressions d'admiration, les deux derniers n'apparaissent que dans un tiers des cas. Shiota a analysé de façon similaire les expressions d'amusement et de fierté, fournissant des informations détaillées sur la présence exacte des mouvements faciaux en termes d'UA, mais aussi sur leur fréquence d'apparition. Shiota différencie ces trois émotions et dépassent l'idée d'une expression commune. Ainsi, le sourire de Duchenne, qui est souvent considéré l'unique élément fondamental de l'expression d'un affect positif, ne peut être utilisé comme l'unique expression de différents états internes positifs ; ce sont bien des séquences multimodales qui en permettent la différenciation.

Niewiadomski et collègues [NIE 09] ont créé un algorithme générant des expressions émotionnelles composées de différents signaux (ou comportements), pouvant être réparties de façons différentes dans le temps et utilisant plusieurs canaux de transmission (visage, regard, position de la tête et gestes). Ces auteurs se sont appuyés sur les travaux de Keltner [KEL 95, KEL 97, HAI 99], Shiota et collègues [SHI 03] et Harrigan et O'Connell [HAR 96]. Ces travaux accentuent la nécessité de dépasser les expressions faciales statiques des émotions. L'algorithme de Niewiadomski et collègues permet la création d'expressions multimodales de durées indéterminées alors que les différents signaux (ou micro-expressions) les composants sont de durées déterminées. Pour chaque état émotionnel un ensemble des comportements a été défini : un ensemble des signaux exprimant des affects particuliers et un ensemble de contraintes définissant les relations entre ces signaux. A partir d'un label émotionnel, le système génère une séquence d'expressions, c'est-à-dire une animation d'une certaine durée composée d'une séquence de signaux de différentes modalités. Le système réalise ceci en choisissant un sous-ensemble cohérent de l'ensemble des comportements, leur durée, et l'ordre d'affichage, respectant les contraintes sur les signaux. Pour un même label d'émotion, cet algorithme permet de générer un grand nombre d'animations qui respectent les contraintes imposées auparavant. Les figures 1.7 et 1.8 sont deux exemples d'animation de l'expression d'embarras.



**Figure 1.7.** Greta affichant une séquence de signaux exprimant l'embarras a) regard vers la droite b) tête et regard vers le bas, c) regard vers la gauche d) regard vers la gauche et un sourire tendu, e) regard vers la gauche



**Figure 1.8.** Agent Greta affichant un exemple d'expression multimodale d'embarras. Figure 1.8 a) expression neutre, b) léger sourire, c) léger sourire et regard vers la droite, d) regard gauche, e) regard et tête vers le bas, f) geste auto-centré.

Xueni Pan et collègues [PAN 07] ont proposé une approche pour l’affichage d’émotions qui ne peuvent être exprimés par des images statiques, mais par une séquence de signaux, tels qu’expressions faciales et mouvements de la tête. Des séquences de signaux ont été extraites d’un corpus vidéo et à partir de ces données les auteurs ont construit un graphe orienté (appelé “ motion graph ”). Dans celui-ci les arcs représentent les séquences de signaux observées et les points les transitions possibles entre eux. Les différents chemins du graphe correspondent aux différentes expressions d’émotion. Les nouvelles animations peuvent être générées par un réarrangement d’expressions observées.

#### 1.4. Conclusions

Ainsi, les différents modèles conceptualisant les émotions contribuent, par leurs spécificités, à une focalisation par les chercheurs sur différents aspects de l’expression faciale synthétique. En effet, au niveau de la modélisation des expressions émotionnelles, les apports des théories discrètes, dimensionnelles et componentielles ne s’excluent pas mutuellement, mais permettent des apports complémentaires.

La théorie des émotions discrètes fournit des prédictions très concrètes pour un certain nombre d’expressions faciales. Leur universalité est une caractéristique particulièrement recherchée dans la création d’expressions synthétiques étant donné que l’objectif est de générer des expressions largement reconnaissables. Ces prédictions ont été appliquées à la synthétisation d’expressions de différents agents virtuels [RUT 03, OST 02, PAN 03]. De plus, la nature unitaire des expressions est attrayante pour la modélisation par sa simplicité : la théorie prédit un déroulement continu de l’expression, une synchronie avec un seul début, un apex atteint au même moment par toutes les unités d’action faciale et une fin commune.

Toutefois, malgré leur réelle facilité de catégorisation, les expressions définies par cette théorie restent trop simplifiées et il est nécessaire d’avoir recours à des théories et des études complémentaires. Les expressions faciales peuvent aussi être générées en se basant sur diverses dimensions, les plus connues étant celles de valence et d’activation. Des espaces pluri-dimensionnels peuvent être construits en partant des six expressions de base et en permettant une continuité d’expression entre les différentes émotions discrètes, en appliquant les changements liés à chaque dimension. Il est aussi possible de créer des expressions faciales en ne définissant que la position de l’état sur les différentes dimensions. Bien que les expressions finales ne mènent pas à la perception d’un état facilement catégorisé en terme de labels verbaux, la possibilité de générer aisément un très grand nombre d’expressions différentes est un grand avantage.

L’approche componentielle permet aussi de créer un grand nombre d’expressions émotionnelles, mais par modification de leurs différentes composantes et de leur parcours temporel. Quant à cette articulation de ces composantes de l’expression, certains

chercheurs ont utilisé une division du visage en plusieurs parties, chacune pouvant exprimer des émotions différentes. D'autres chercheurs se sont penchés sur les séquences possibles de ces micro-expressions. Cette dernière méthode définit des comportements expressifs qui peuvent apparaître lors d'un état émotionnel particulier en évitant des manifestations répétitives par un même comportement fixe, alors que cette répétition est une faiblesse d'un grand nombre d'autres algorithmes qui déterminent des comportements expressifs.

Il est aujourd'hui primordial de dépasser les expressions prototypiques figées et d'inclure une manipulation des aspects temporeux aux différents éléments contribuant à l'expression. Le visage est un vecteur subtil dont les différents aspects doivent être animés de façon précise et en harmonie avec l'apport complémentaire des autres modalités, comme le mouvement du corps ou encore la prosodie.

### 1.5. Remerciements

Le travail présent dans ce chapitre a été partiellement fondé par le projet du sixième PCRDT de la Communauté Européenne, CALLAS grant agreement n 34800.

### 1.6. Bibliographie

- [ALB 05] ALBRECHT I., SCHRÖDER M., HABER J., SEIDEL H., « Mixed feelings : expression of non-basic emotions in a muscle-based talking head », *Special issue of Journal of Virtual Reality on Language, Speech & Gesture*, vol. 8, n°4, p. 201-212, 2005.
- [BEC 05] BECKER C., WACHSMUTH I., PRENDINGER H., ISHIZUKA M., « Evaluating Affective Feedback of the 3D Agent Max in a Competitive Cards Game », TAO J., TAN T., PICARD R. W., Eds., *Proceedings of the International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, Pékin, Chine, Springer, 2005.
- [BEV 07] BEVACQUA E., MANCINI M., NIEWIADOMSKI R., PELACHAUD C., « An expressive ECA showing complex emotions », *Proceedings of the AISB Annual Convention*, Newcastle, UK, p. 208–216, 2007.
- [BRA 05] BRAVE S., NASS C., HUTCHINSON K., « Computers that care : Investigating the effects of orientation of emotion exhibited by an embodied computer agent », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 62, p. 161-178, 2005.
- [BRE 03] BREAZEL C., « Emotion and sociable humanoid robots », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 59, p. 119-155, 2003.
- [BUI 04] BUI T. D., *Creating Emotions And Facial Expressions For Embodied Agents*, PhD thesis, University of Twente, Department of Computer Science, 2004.
- [COW 99] COWIE R., DOUGLAS-COWIE E., APOLLONI B., TAYLOR J., ROMANO A., FELLENZ W., « What a neural net needs to know about emotion words », MASTORAKIS N., Ed., *Computational Intelligence and Applications. Word Scientific Engineering Society*, p. 109–114, Society Press, 1999.



- [DAR 72] DARWIN C., *The expression of the emotions in man and animals*, John Murray, 1872.
- [DUC 99] DUCHENNE G. B. A., *The mechanism of human facial expression*, R. A. Cuthbertson, Ed. & Trans, Cambridge, England : Cambridge University Press. (Original work published 1876), 1999.
- [EKM 69] EKMAN P., FRIESEN W., « The Repertoire of Nonverbal Behavior's : Categories, Origins, Usage and Coding », *Semiotica*, vol. 1, p. 49–98, 1969.
- [EKM 72] EKMAN P., « Universals and cultural differences in facial expression of emotion », COLE R., Ed., *Nebraska symposium on motivation*, Lincoln, Nebraska, University of Nebraska Press, p. 207-283, 1972.
- [EKM 75] EKMAN P., FRIESEN W., *Unmasking the Face. A guide to recognizing emotions from facial clues*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
- [EKM 78] EKMAN P., FRIESEN W., *Facial Action Coding System*, Consulting Psychologists Press, 1978.
- [EKM 82] EKMAN P., FRIESEN W., « Felt, false, miserable smiles », *Journal of Nonverbal Behavior*, vol. 6 (4), p. 238–251, 1982.
- [EKM 84] EKMAN P., « Expression and the nature of emotion », SCHERER K., EKMAN P., Eds., *Approaches to emotion*, p. 319-344, Hillsdale New Jersey : Lawrence Erlbaum, 1984.
- [EKM 89] EKMAN P., « The argument and evidence about universals in facial expressions of emotion », MANSTEAD A., WAGNER H., Eds., *Handbook of social psychophysiology*, p. 485-498, Wiley, Chichester, England, 1989.
- [EKM 92] EKMAN P., « An argument for basic emotions », *Cognition and Emotion*, vol. 6, p. 169-200, 1992.
- [EKM 03a] EKMAN P., « Darwin, deception, and facial expression », *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, vol. 1000, p. 205–221, 2003.
- [EKM 03b] EKMAN P., *Emotions Revealed : Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life*, Times Books, 2003.
- [ELL 97] ELLIOTT C., « I picked up Catapia and other stories : A multimodal approach to expressivity for 'emotionally intelligent' agents », *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents*, Marina del Rey, CA, p. 451-457, 1997.
- [ELL 03] ELLSWORTH P., SCHERER K., « Children's ability to control the facial expression of laughter and smiling : Knowledge and behavior », DAVIDSON R. J., GOLDSMITH H., SCHERER K. R., Eds., *Handbook of the Affective Sciences*, p. 572-595, Oxford University Press, New York and Oxford, 2003.
- [FON 07] FONTAINE J. R., SCHERER K. R., ROESCH E. B., ELLSWORTH P., « The world of emotion is not two-dimensional », *Psychological Science*, vol. 13, p. 1050-1057, 2007.
- [FRA 95] FRANK M., EKMAN P., FRIESEN W., « Behavioral Markers and Recognizability of the Smile of Enjoyment », EKMAN P., ROSENBERG E., Eds., *What the Face Reveals : Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System (FACS)*, p. 217–238, Oxford University Press, 1995.

- [GOS 95] GOSSELIN P., KIROUAC G., DORÉ F., « Components and Recognition of Facial Expression in the Communication of Emotion by Actors », EKMAN P., ROSENBERG E., Eds., *What the Face Reveals : Basic and Applied Studies of Spontaneous Expression Using the Facial Action Coding System (FACS)*, p. 243–267, Oxford University Press, 1995.
- [GRA 06] GRAMMER K., OBERZAUCHER E., « The Reconstruction of Facial Expressions in Embodied Systems », 2006.
- [GRI 06] GRIZARD A., PALEARI M., LISETTI C. L., « Adaptation d'une théorie psychologique pour la génération d'expressions faciales synthétiques pour des agents d'interface », *WACA 2006, 2eme Workshop sur les Agents Conversationnels Animés, 26-27 octobre 2006, Toulouse, France*, 2006.
- [HAI 99] HAIDT J., KELTNER D., « Culture and facial expression : Open-ended methods find more expressions and a gradient of recognition », *Cognition and Emotion*, vol. 13, n°3, p. 225–266, 1999.
- [HAR 96] HARRIGAN J. A., O'CONNELL D. M., « Facial Movements during anxiety states », *Personality and Individual Differences*, vol. 21, p. 205–211, 1996.
- [IZA 71] IZARD C., *The face of emotion*, Appleton-Century-Crofts, New York, 1971.
- [IZA 93] IZARD C., « Four systems for emotion activation : Cognitive and noncognitive processes », *Psychological Review*, vol. 100, p. 68-90, 1993.
- [KAI 98] KAISER S., SCHERER K. R., *Models of 'normal' emotions applied to facial and vocal expressions in clinical disorders*, Emotions in psychopathology, Oxford University Press, New York, 1998.
- [KAI 01] KAISER S., WEHRLE T., « Facial expressions as indicators of appraisal processes », SCHERER K. R., SCHORR A., JOHNSTONE T., Eds., *Appraisal processes in emotions : Theory, methods, research*, p. 285–300, Oxford University Press, New York, 2001.
- [KEL 95] KELTNER D., « Signs of appeasement : Evidence for the distinct displays of embarrassment, amusement, and shame », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 68, p. 441–454, 1995.
- [KEL 97] KELTNER D., BUSWELL B., « Embarrassment : its distinct form and appeasement functions », *Psychological Bulletin*, vol. 122, p. 250–270, 1997.
- [MAL 07] MALATESTA L., RAOUZAIYOU A., KARPOUZIS K., KOLLIAS S., « MPEG-4 facial expression synthesis », *Personal and Ubiquitous Computing, Special issue on Emerging Multimodal Interfaces*, Springer, 2007.
- [MAN 05] MANSTEAD A., FISCHER A., JAKOBS E., « The Social and Emotional Functions of Facial Displays », PHILIPPOT P., FELDMAN R., COATS E., Eds., *The Social Context of Nonverbal Behavior (Studies in Emotion and Social Interaction)*, p. 287–316, Cambridge University Press, 2005.
- [MEH 80] MEHRABIAN A., *Basic Dimensions for a General Psychological Theory : Implications for Personality, Social, Environmental, and Developmental Studies*, Oelgeschlager, Gunn & Hain, Cambridge, Mass, 1980.
- [MEH 86] MEHRABIAN A., *Eating characteristics and temperament : general measures and interrelationships*, New York : Springer Verlag, 1986.

- [MEH 87] MEHRABIAN A., DE WETTER R., « Experimental test of an emotion-based approach to fitting brand names to products », *Journal of Applied Psychology*, vol. 72, p. 125-130, 1987.
- [MEH 95] MEHRABIAN A., « Framework for a comprehensive description and measurement of emotional states. », *Genetic, social, and general psychology monographs*, vol. 121, n°3, p. 339-361, August 1995.
- [MEH 96] MEHRABIAN A., « Pleasure-arousal-dominance : A general framework for describing and measuring individual differences in temperament », *Current Psychology : Developmental, Learning, Personality, Social*, vol. 14, p. 261-292, 1996.
- [MEH 97] MEHRABIAN A., « Analysis of affiliation-related traits in terms of the PAD Temperament Model », *Journal of Psychology*, vol. 131, p. 101-117, 1997.
- [NIE 07a] NIEWIADOMSKI R., A model of complex facial expressions in interpersonal relations for animated agents, PhD thesis, University of Perugia, 2007.
- [NIE 07b] NIEWIADOMSKI R., PELACHAUD C., « Fuzzy Similarity of Facial Expressions of Embodied Agents », PELACHAUD C., MARTIN J.-C., ANDRÉ E., CHOLLET G., KARPOUZIS K., PELÉ D., Eds., *Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA)*, Springer, p. 86-98, 2007.
- [NIE 07c] NIEWIADOMSKI R., PELACHAUD C., « Model of Facial Expressions Management for an Embodied Conversational Agent », PAIVA A., PRADA R., PICARD R.W., Eds., *Second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, Springer, p. 12-23, 2007.
- [NIE 09] NIEWIADOMSKI R., HYNIEWSKA R., PELACHAUD C. « Integrated model of expressive and attentive capabilities », *to appear in : Proceedings of 3rd International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction*, Amsterdam, 2009.
- [ORT 90] ORTONY A., TURNER T. J., « What's basic about basic emotions ? », *Psychological Review*, vol. 97, n°3, p. 315-331, July 1990.
- [OST 02] OSTERMANN J., « Face Animation in MPEG-4 », PANDZIC I., FORCHHEIMER R., Eds., *MPEG-4 Facial Animation - The Standard Implementation and Applications*, p. 17-55, Wiley, England, 2002.
- [PAL 06] PALEARI M., LISETTI C. L., « Psychologically grounded avatars expressions », *1rst Workshop on Emotion and Computing at KI 2006, 29th Annual Conference on Artificial Intelligence, June, 14-19, 2006, Bremen, Germany*, 2006.
- [PAN 03] PANDZIC I., FORCHHEIMER R., Eds., *MPEG-4 Facial Animation : The Standard, Implementation and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 2003.
- [PAN 07] PAN X., GILLIES M., SEZGIN T. M., LOSCOS C., « Expressing Complex Mental States Through Facial Expressions », TAO J., TAN T., PICARD R. W., Eds., *Proceedings of the International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, Springer, p. 745-746, 2007.
- [PLU 80] PLUTCHIK R., « *Emotion : Theory, research, and experience : Vol. 1. Theories of emotion* », Chapitre A general psychoevolutionary theory of emotion, p. 3-33, R. Plutchik & H. Kellerman, 1980.

- [POL 01] POLLICK F., PATERSON H.M., BRUDERLIN A., SANFORD A.J., « Perceiving affect from arm movement », *Cognition*, vol. 82, p. 51 - 61, 2001.
- [REE 96] REEVES B., NASS C., *The media equation : how people treat computers, television, and new media like real people and places*, Cambridge University Press, 1996.
- [REH 05] REHM M., ANDRÉ E., « Catch me if you can - Exploring Lying Agents in Social Settings », DIGNUM F., DIGNUM V., KOENIG S., KRAUS S., SINGH M. P., WOOLDRIDGE M., Eds., *Proceedings of International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS)*, Utrecht, The Netherlands, ACM, p. 937-944, 2005.
- [ROS 01] ROSEMAN I. J., SMITH C. A., « Appraisal Theory : Overview, Assumptions, Varieties, Controversies », SCHERER K., SCHORR A., T. J., Eds., *Appraisal Processes in Emotion : Theory, Methods, Research*, p. 68-91, Oxford University Press, 2001.
- [RUS 80] RUSSELL J., « A circumplex model of affect. », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, p. 1161-1178, 1980.
- [RUS 91] RUSSELL J., « In defense of a prototype approach to emotion concepts », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 60, p. 425-438, 1991.
- [RUS 97] RUSSELL J., FERNANDEZ-DOLS J., « What does a facial expression mean ? », RUSSELL J., FERNANDEZ-DOLS J., Eds., *The Psychology of Facial Expression*, Cambridge University Press, 1997.
- [RUT 03] RUTTKAY Z., NOOT H., HAGEN P. T., « Emotion Disc and Emotion Squares : tools to explore the facial expression face », *Computer Graphics Forum*, vol. 22, n°1, p. 49-53, 2003.
- [SCH 52] SCHLOSBERG H., « The description of facial expression in terms of two dimensions, *Journal of Experimental Psychology* », *Journal of Experimental Psychology*, vol. 44, n°4, p. 229-237, 1952.
- [SCH 84] SCHERER K., « Emotion as a multicomponent process : A model and some cross-cultural data », SHAVER P., Ed., *Review of Personality and Social Psychology*, Vol. 5, p. 37-63, CA : Sage, Beverly Hills, 1984.
- [SCH 87] SCHERER K. R., « Toward a dynamic theory of emotion : The component process model of affective states », *Geneva Studies in Emotion and Communication*, vol. 1, n°1, p. 1-98, 1987.
- [SCH 01] SCHERER K. R., « Appraisal Considered as a process of Multilevel Sequential Checking », SCHERER K., SCHORR A., JOHNSTONE T., Eds., *Appraisal Processes in Emotion : Theory, Methods, Research*, p. 92-119, Oxford University Press, 2001.
- [SCH 06] SCHILBACH L., WOHLSCHLÄGER A., KRÄMER N., NEWEN A., SHAH N., FINK G., VOGLEY K., « Being with virtual others : Neural correlates of social interaction », *Neuropsychologia*, vol. 44, p. 718-730, 2006.
- [SCH 07] SCHERER K. R., ELLGRING H., « Multimodal Expression of Emotion : Affect Programs or Componential Appraisal Patterns ? », *Emotion*, vol. 7, p. 158-171, 2007.
- [SHI 03] SHIOTA M. N., CAMPOS B., KELTNER D., « The Faces of Positive Emotion : Prototype Displays of Awe, Amusement, and Pride », *Annals of the New York Academy of Sciences*, Blackwell Publishing, 2003.

- [SMI 85] SMITH C., ELLSWORTH P., « Patterns of cognitive appraisal in emotion », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 48, p. 813-838, 1985.
- [SOR 06] DE SORIANO M. Y., FOXALL G., « The emotional power of place : The fall and rise of dominance in retail research », *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 13, p. 403-416, 2006.
- [TOM 62] TOMKINS S., *Affect, imagery, consciousness : Vol I : The positive affects*, Springer, 1962.
- [TOM 63] TOMKINS S., *Affect, imagery, consciousness : Vol. II. The negative affects*, Springer, 1963.
- [TOM 84] TOMKINS S., « Affect theory », SCHERER K. R., EKMAN P., Eds., *Approaches to emotion*, p. 163-196, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1984.
- [TSA 02] TSAPATSOU LIS N., RAOUZAI O U A., KOLL IAS S., CROW I E R., DOUGLAS-COW I E E., « Emotion Recognition and Synthesis Based on MPEG-4 FAPs », PANDZIC I., FORCHHEIMER R., Eds., *MPEG-4 Facial Animation - The standard, implementations, applications*, p. 141-168, John Wiley & Sons, 2002.
- [WAL 94] WALKER J., SPROULL L., SUBRAMANI R., « Using a human face in an interface », *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems : celebrating interdependence*, Boston, Massachusetts, United States, p. 85 - 91, 1994.
- [WAL 98] WALLBOTT H., « Bodily expression of emotion », *European Journal of Social Psychology*, vol. 28, p. 879-896, 1998.
- [WEH 00] WEHRLE T., KAISER S., SCHMIDT S., SCHERER K., « Studying the dynamics of emotional expression via synthesized facial muscle movements », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 78, n°1, p. 105-119, 2000.
- [WHI 89] WHISSELL C., « The Dictionary of Affect in Language », PLUTCHIK R., KELLERMAN H., Eds., *Emotion : Theory, Research, and Experience, volume 4 : The Measurement of Emotions*, Academic Press, page113-131, Inc., SanDiego, 1989.