

Approche Comparative des Modèles Informatiques des Émotions pour l'Animation Faciale en Situation d'Interaction

M.Courgeon¹
courgeon@limsi.fr

C. Clavel^{1,2}
clavel@limsi.fr

J-C. Martin^{1,2}
martin@limsi.fr

¹Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Science de l'Ingénieur
Bâtiment 508, 91403 Orsay CEDEX, France

²Université Paris Sud
15 rue Georges Clémenceau 91405 Orsay cedex

Résumé :

Les émotions et leurs expressions par des agents virtuels sont deux enjeux importants pour les interfaces homme-machine affectives à venir. En effet, les évolutions récentes des travaux en psychologie des émotions, ainsi que la progression des techniques de l'informatique graphique, permettent aujourd'hui d'animer des personnages virtuels réalistes et capables d'exprimer leurs émotions via de plusieurs modalités. Si plusieurs systèmes d'agents virtuels existent, ils restent encore limités par la diversité des modèles d'émotions utilisés, par leur niveau de réalisme, et par leurs capacités d'interaction temps réel. Dans cet article, nous présentons quatre modélisations complémentaires des émotions en informatique orientées vers l'animation faciale interactive. Ces modèles ont été intégrés au sein de la plateforme d'agents virtuels expressive MARC.

Mots-clés : Informatique affective, animation faciale, modèles émotionnels

Abstract:

Emotions and their expressions by virtual characters are two important issues for future affective human-machine interfaces. Recent advances in psychology of emotions as well as recent progress in computer graphics allow us to animate virtual characters that are capable of expressing emotions in a realistic way through various modalities. Existing virtual agent systems are often limited in terms of underlying emotional models, visual realism, and real-time interaction capabilities. In this paper, we present four computational models of emotions oriented toward interactive facial animation. These models have been integrated into the platform MARC expressive virtual agents.

Keywords: Affective computing, Facial animation, Computational models of emotion

1 Introduction

La notion de réalisme d'un agent virtuel est souvent associée à son apparence graphique. Pourtant, le réalisme d'un agent virtuel repose également sur sa capacité à exprimer des émo-

tions en situation d'interaction avec l'utilisateur. On parle de « réalisme comportemental ».

Cependant, doter un agent de réactions expressives pertinentes et dynamiques nécessite une modélisation informatique des émotions et de leurs réactions expressives faciales associées. Ces travaux sont donc à la croisée des recherches en psychologie des émotions et des recherches en informatique affective.

Dans cet article, nous présentons nos travaux de modélisation de ces processus émotionnels et de leur animation faciale. L'ensemble des développements logiciels associés ont été intégrés dans la plateforme MARC, dédiée à l'animation multimodale d'agents virtuels expressifs.

2 Etude de l'existant

En psychologie, la définition de ce qu'est une émotion ne fait pas consensus (Russell, 2012). Différentes approches coexistent et s'influencent et plusieurs théories des émotions tentent de formaliser ce qu'est une émotion. Ces approches ne sont pas totalement exclusives, ainsi certaines théories relèvent de plusieurs approches (Gross et Feldman-Barrett, 2011). La plupart des théories supposent l'existence d'un processus cognitif sous-jacent aux émotions. Pourtant, certaines théories considèrent l'existence d'un processus cognitif dédié à chaque émotion (Ekman et Friesen, 1975, Tomkins, 1984), alors que d'autres considèrent un processus cognitif unique, commun à toutes les émotions (Scherer, 1984).

Le traitement informatique des émotions se heurte donc au problème de devoir sélectionner une ou plusieurs théories parmi l'ensemble des théories formulées en psychologie. Cette sélection doit être effectuée en fonction de

l'application ciblée. Plusieurs types d'application ont été explorés (Niewiadomski et al., 2009, Kopp et Jung, 2000, Swartout et al., 2010, Leite et al., 2009) pour plusieurs de ces approches. Dans le domaine de l'informatique affective, plusieurs modèles computationnels ont été proposés pour augmenter le réalisme comportemental des agents virtuels (Cassell et al., 2001, Kopp et al., 2007, Marsella et Gratch, 2006).

L'animation faciale de personnages virtuels expressifs peut être effectuée à partir de plusieurs de ces approches des émotions. Il est donc nécessaire de concevoir différents modèles computationnels à partir de chacune des approches possibles et de concevoir les méthodes d'animation faciale associées. Les différents modèles conçus doivent également être évalués par des études perceptives afin de comparer les différentes approches possibles dans le cadre d'applications interactives incluant des agents virtuels expressifs.

3 Modèles émotionnels pour l'animation faciale interactive

3.1 Objectifs de recherche

L'objectif principal de nos travaux est de modéliser, implémenter, et évaluer différentes approches des émotions et de l'animation faciale temps-réel afin de contribuer à l'amélioration de l'interaction temps-réel entre les agents expressifs et l'utilisateur. Nous avons donc proposé différents modèles émotionnels informatiques, inspirés de différentes approches des émotions issues de la psychologie. Pour chacun des modèles proposés, nous avons exploré ses liens avec l'animation faciale.

Tous les travaux que nous avons effectués ont été validés par des études perceptives. En effet, comme Wallraven *et al.* (2005) l'ont montré, les agents virtuels peuvent être utilisés pour étudier la perception humaine, et réciproquement, la perception humaine peut être utilisée pour évaluer, étudier et améliorer les modèles et les rendus d'agents virtuels. Les résultats de ces études ont ainsi contribué à l'élaboration des modèles successifs que nous avons proposés.

3.2 Modèles proposés

3.2.1 Approche catégorielle

La première approche que nous avons explorée est l'approche catégorielle des émotions. Après avoir conçu un système d'animation faciale permettant de contrôler l'expressivité de l'agent par des labels émotionnels, nous avons mené plusieurs études perceptives.

Nous avons commencé par évaluer la reconnaissance catégorielle des expressions des émotions de base mise en place avec notre système d'animation. Pour cela, nous avons présenté des stimuli animés non interactifs à un ensemble de sujet. Ces stimuli se composaient chacun d'une animation faciale d'une émotion sur le modèle onset-apex-offset. Nous avons montré que ces expressions étaient correctement reconnues par les participants (Courgeon et al, 2009), avec des taux similaires à ceux de la littérature en perception des expressions humaines, issus de la liste des études établie par Russell (1994).

En utilisant une approche similaire, nous avons également mené une étude sur la perception de la dynamique des expressions faciales. Nous avons montré que les sujets anticipent la dynamique expressive du visage selon une courbe composée d'un pic expressif suivi d'un déclin d'intensité. Nous avons ainsi observé le phénomène d'anticipation suggéré par Thornton et al. (1998) et que nous avons appelé le *moment émotionnel* (Courgeon et al, 2010).

Ces différentes études nous ont permis de nous confronter à un certain nombre de limitations de l'approche catégorielle. Par exemple, le modèle catégoriel impose de spécifier chaque état émotionnel, ainsi que la ou les expressions faciales associées. De plus, il n'établit pas de relation entre les émotions. Les émotions sont considérées comme des états indépendants et possédant leurs propres mécanismes neuronaux. Cette approche limite donc les raisonnements de plus haut niveau sur les émotions, puisque chaque émotion doit avoir ses propres conditions d'apparition.

3.2.2 Approche dimensionnelle

Notre démarche itérative nous a ensuite conduits à aborder l'approche dimensionnelle des émotions. Dans le modèle informatique à trois dimensions, inspiré du modèle P.A.D. (Pleasure Arousal Dominance), (Russell et Mehrabian, 1977, Broekens, 2012) que nous avons proposé, nous obtenons un espace continu qui nous permet de créer des relations de continuité entre les émotions. Ces relations imposent un certain nombre de contraintes implicites. Par exemple, l'état affectif de l'agent doit conserver une trajectoire continue dans l'espace, et ne peut passer d'une position à l'autre de manière discontinue (Courgeon et al, 2008).

En utilisant notre modèle informatique, nous avons mis en place un système de profils expressifs individuels permettant de moduler l'expressivité du personnage en fonction de paramètres liés aux dimensions P.A.D. Ainsi, la manipulation par l'utilisateur de l'expression faciale du personnage était modulée par des paramètres expressifs liés au modèle émotionnel dimensionnel. Pour évaluer ce modèle, nous avons mis en place une étude dans laquelle le participant devait contrôler manuellement l'expression du personnage virtuel l'aide d'une souris 3D, en manipulant un curseur dans l'espace P.A.D. L'expressivité étant modulée par le profil expressif, le sujet avait pour consigne de décrire ce qu'il percevait de ce profil. Cette étude nous a permis de montrer d'une part que l'utilisation d'un espace dimensionnel des émotions permet la manipulation de l'expression d'un agent virtuel, et d'autre part que les profils expressifs modulant l'expression sont bien perçus par les sujets manipulant l'agent virtuel.

Cependant, l'approche dimensionnelle ne nous a pas semblé suffisamment complexe pour permettre à l'agent de manifester un comportement autonome, car elle ne modélise pas le traitement de l'information ni le processus de prise de décision, et ne permet donc pas de déterminer la réaction émotionnelle dans un contexte dynamique.

3.2.3 Approche cognitive

Pour aborder l'approche cognitive des émotions, nous avons choisi de nous inspirer du modèle CPM (*Componential Process Model*, Scherer, 2001) et de proposer un modèle dynamique de l'émotion. Ce modèle nous a semblé pertinent pour créer une interaction avec un agent virtuel autonome car il simule une évaluation cognitive de la situation. Ainsi, le système est capable de gérer de manière continue l'état émotionnel et l'expressivité de l'agent virtuel durant une interaction avec l'utilisateur. Pour spécifier notre module, nous avons effectué un certain nombre de choix d'implémentations. De plus, dans notre étude, nous avons limité le contexte d'interaction à un jeu de plateau de société (Fig 1), afin de mieux contrôler les différentes situations possibles durant l'interaction (Courgeon et al, 2009).



Fig. 1- Jeu Othello pour l'Interaction avec le Modèle Cognitif

Ce système nous a permis lors d'une étude expérimentale avec des utilisateurs de comparer l'expressivité générée par le modèle cognitif proposé avec l'expressivité issue de l'approche catégorielle des émotions. En effet, le modèle cognitif propose une animation faciale séquentielle de l'évaluation cognitive. La comparaison avec l'approche catégorielle a été possible en masquant cette dynamique issue de l'évaluation cognitive. Ainsi, nous avons pu montrer que l'utilisation d'un modèle cognitif modifie la perception que les utilisateurs ont de l'agent. En effet, nos résultats montrent que les sujets attribuent plus d'états mentaux à l'agent lorsqu'il exprime son évaluation de la situation à travers

ses expressions faciales. De plus, l'agent est perçu comme étant plus expressif avec le modèle cognitif qu'avec le modèle catégoriel. Pour finir, nos résultats montrent que le modèle cognitif modifie le comportement de l'utilisateur. En effet, en mode cognitif, les utilisateurs ont passé plus de temps à jouer, mais ont gagné plus souvent que dans le mode catégoriel.

3.2.4 Approche cognitive et sociale¹

Considérant les limites de notre modèle cognitif, nous avons cherché à prendre en compte les aspects sociaux du processus cognitif émotionnel. Pour cela, nous avons étudié un phénomène social particulier nommé le *social appraisal*. Le social appraisal, ou évaluation cognitive sociale, est défini par Manstead et Fisher (2001) comme la prise en compte de l'évaluation cognitive d'autrui dans notre propre évaluation d'un événement. Nous avons donc proposé un modèle de réévaluation des stimuli cognitifs, basé sur la prise en compte de l'évaluation d'un second personnage virtuel (agent observé). Ce modèle s'appuie sur notre modèle cognitif pour réaliser l'animation faciale.

Aucune donnée n'étant disponible sur les mécanismes responsables de l'influence sociale sur le processus d'évaluation cognitive, nous avons proposé deux approches. La première consiste à copier le résultat de l'un des critères d'évaluation de l'agent observé. La seconde méthode consiste à utiliser un ensemble de règles logiques pour établir la seconde réaction de l'agent social, en fonction des premières évaluations des deux agents. Ces deux approches ont été comparées lors d'une expérimentation perceptive. Afin de limiter la complexité des règles logiques, nous avons limité notre modèle à quatre émotions : Peur, Joie, Colère et Tristesse.

Dans cette étude, nous avons montré que l'utilisation d'un modèle de réévaluation sociale permet d'augmenter la perception de l'expressivité de l'agent dans le contexte social. Cependant, nous n'avons pas pu déterminer quelle méthode de simulation du processus

social était la plus efficace. Pour cela, d'autres modèles devront être proposés et évalués. Néanmoins, les sujets semblent percevoir la communication émotionnelle entre les deux agents. L'agent doté d'une réaction sociale est en effet perçu comme s'adaptant mieux à l'autre agent que l'inverse.

Malgré ses limites, notre modèle expérimental de *social appraisal* semble donc permettre la prise en compte automatique de réactions sociales dans l'évaluation cognitive. Ces résultats sont encourageants, et d'autres travaux devront être effectués.

3.3 Modèles proposés

L'ensemble des modèles présentés ci-dessus ont été intégrés dans la plateforme d'agents virtuels expressifs MARC. L'architecture (Fig. 2) est donc composée d'une boucle d'interaction temps réelle permettant l'utilisation de plusieurs dispositifs d'interaction et d'immersion, ainsi que l'utilisation des quatre approches émotionnelles présentées ci-dessus.

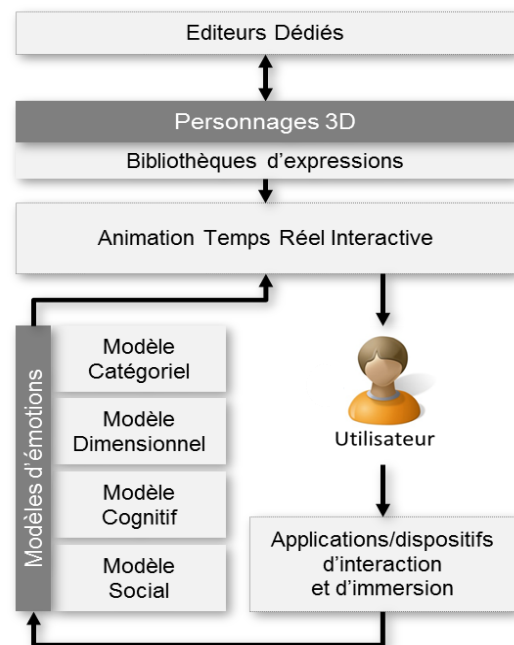


Fig. 2 - Architecture de la plateforme MARC (v11)

4 Perspectives de recherche

4.1 Approche Catégorielle

Les perspectives ouvertes par nos travaux sur l'approche catégorielle concernent principale-

¹ Collaboration avec David Sanders

ment l'animation faciale. Pour commencer, plusieurs questions restent ouvertes concernant la gestion de la dynamique des émotions et de leurs expressions faciales. En effet, si plusieurs travaux adressent ce problème (Pelachaud et al., 2005), le phénomène du *moment émotionnel* que nous avons mesuré pourrait permettre de proposer de nouvelles approches sur la gestion de la dynamique des émotions et de leurs expressions faciales.

Nos travaux n'abordent que partiellement les mélanges d'émotions. Pourtant, ces phénomènes sont régulièrement observés dans l'interaction humaine (Scherer, 1997, Abrillan et al. 2005), et des phénomènes tels que le masquage d'expressions, la politesse et plus généralement le contexte social, ont une grande influence sur nos émotions et la façon de les exprimer. L'approche catégorielle des émotions, par sa simplicité théorique, permet d'explorer ces phénomènes émotionnels et leurs expressions faciales.

4.2 Approche Dimensionnelle

Notre modèle dimensionnel inspiré de P.A.D. pourrait être étendu de plusieurs façons. D'une part, nous avons effectué un certain nombre de simplifications, comme le placement des émotions aux coins du cube. En utilisant un plus grand nombre d'émotions, localisées différemment dans l'espace dimensionnel, nous pourrions obtenir une expressivité plus fine. De plus, nos travaux sur les profils expressifs individuels montrent que l'approche dimensionnelle peut être mise en relation avec des paramètres individuels. Nos profils expressifs continus pourraient donc être étendus à des phénomènes affectifs à plus long terme, tels que les humeurs, où la personnalité.

4.3 Approche Cognitive

Notre premier modèle cognitif inspiré du modèle CPM, associé à l'animation faciale des évaluations séquentielles, nous a donc permis de montrer l'apport d'un modèle cognitif sur l'animation faciale en situation d'interaction. Cependant, pour permettre une interaction plus riche et à plus long terme, le modèle doit être étendu pour prendre en compte l'historique de

l'interaction. De plus, pour permettre la simulation de raisonnements cognitifs plus complexes, le modèle nécessiterait une représentation plus détaillée de la situation et de l'état interne de l'agent virtuel. Par exemple, l'intégration d'un modèle de type *Belief-Desire-Intention* (Ochs et al., 2005, Rivière et al., 2011) permettrait de modéliser l'état interne de l'agent et d'apporter des informations importantes pour l'évaluation cognitive des événements. L'intégration d'un modèle BDI permettrait donc de rendre notre modèle cognitif plus complet et applicable à d'autres types d'applications.

Notre modèle cognitif pourrait également bénéficier de la prise en compte de l'état émotionnel de l'utilisateur. L'ajout de systèmes de capture d'expressions faciales et de capteurs physiologiques (Knapp et al., 2011) permettrait d'améliorer notre système cognitif et ainsi de créer une boucle affective complète.

4.4 Approche Sociale

En ce qui concerne notre modèle d'évaluation cognitive sociale, nos travaux sur le *social appraisal* ne sont que préliminaires. Le modèle que nous avons proposé est empirique et l'étude effectuée nécessite d'être étendue à d'autres émotions, et d'être menée sur un plus grand nombre de sujets. Cependant, à l'instar des travaux de Mumenthaler et Sander (2010), nos premiers résultats sont encourageants et suggèrent que notre approche est pertinente.

Pour étendre ce modèle, l'une de nos perspectives est d'utiliser l'utilisateur comme source de l'influence sociale. Ainsi, l'agent aurait un comportement social vis-à-vis de l'utilisateur. En effet, en plus de la prise en compte de l'état émotionnel de l'utilisateur dans le traitement, rendre l'agent capable d'interpréter les réactions faciales de l'utilisateur pour effectuer une seconde évaluation cognitive et sociale permettrait une plus grande adaptabilité de l'agent.

L'utilisation de deux agents pour l'interaction sociale ouvre également la voie à une autre problématique, celles des relations sociales et hiérarchiques. En effet, nous posons l'hypothèse que la relation de statut entre les deux personnages influence l'effet de l'évaluation cognitive sociale. Si l'un des agents

est le supérieur hiérarchique de l'autre, son influence sera probablement différente que si les deux agents ont le même statut. La modélisation de ces relations permettrait donc d'obtenir une évaluation sociale plus complexe, basée sur des informations sociales plus larges. Une autre extension possible et ambitieuse de nos travaux serait d'intégrer notre modèle de réévaluation sociale dans les systèmes de simulations sociales multi-agents à plus large échelle. Ainsi, il serait possible d'augmenter le nombre d'agents pris en compte dans l'évaluation sociale. Nous pourrions ainsi simuler des évaluations cognitives sociales dans un groupe d'agents virtuels, par exemple, dans le cas d'interaction en réalité virtuelle, propice à l'utilisation de plusieurs agents virtuels (Fig 3).



Fig. 3- MARC et Réalité Virtuelle dans EVE (Martin et al., 2011) pour l'interaction sociale avec plusieurs agents virtuels.

4.5 Perspectives générales

La plateforme logicielle MARC que nous avons développée permet d'explorer différentes approches des émotions. Si nos travaux se sont focalisés sur quatre d'entre elles, d'autres approches pourraient être pertinentes pour l'animation faciale interactive temps réel. Par exemple, dans la classification de Scherer (2010), on trouve les approches motivationnelles et adaptatives, que nous n'avons pas abordées.

De plus, nous n'avons pas étudié la relation entre les différentes approches des émotions afin de déterminer si elles sont ou non exclu-

sives. En effet, le continuum proposé par Gross et Feldman-Barrett (2011) suggère que les différentes approches partagent certaines caractéristiques et qu'elles ne sont donc pas opposées. Du point de vue des modèles informatiques, nos travaux sur l'approche sociale mélangent l'approche cognitive et l'approche sociale. De plus, certains travaux (Becker-Asano et Wachsmuth, 2008) présentent également des systèmes tirant partie de plusieurs approches simultanément. Ainsi, si nos travaux présentent un certain nombre d'informations importantes pour choisir entre différentes approches des émotions, de nombreuses études sont encore nécessaires pour établir clairement les apports et les limites de chacune, ainsi que la manière de les combiner, pour se diriger vers un modèle intégratif, capable de combiner simultanément plusieurs approches des émotions.

De plus, nous n'avons pas considéré les phénomènes affectifs de plus longue durée, telles que l'humeur ou la personnalité. Pourtant, ces phénomènes sont importants pour la modélisation des comportements affectifs d'agent virtuels (André et al., 2000) et des agents relationnels (Bickmore et al., 2011). Ils impactent à la fois l'évaluation cognitive à l'origine de l'émotion et la manière d'exprimer l'émotion. Nos modèles cognitifs semblent pertinents pour permettre de prendre en compte ces phénomènes. En effet, il serait ainsi possible de moduler l'expressivité de l'agent et d'influencer la simulation du processus émotionnel en fonction de paramètres de personnalité (Clavel et Martin, 2009). Cependant, cela soulève de nombreuses problématiques, en particulier : comment modéliser et représenter la personnalité de l'agent ? Comment la personnalité de l'agent impacte son évaluation cognitive ? Pour la gestion des interactions prolongées avec l'agent, il semble également pertinent de considérer l'utilisation de la mémoire autobiographique (Ho et Watson, 2006), et de la mémoire émotionnelle (Kensinger et Corkin, 2004). Le modèle FATIMA (Dias et Paiva, 2005) utilise par exemple une combinaison du modèle cognitif OCC et d'une mémoire autobiographique.

Le traitement des informations à plus long terme semble donc pouvoir apporter une cohérence dans une interaction à long terme avec l'utilisateur en évitant que l'agent ne devienne répétitif, et que l'utilisateur se désengage de l'interaction.

5 Conclusion

Les agents virtuels expressifs sont à l'intersection de nombreux domaines de recherche en informatique et en sciences humaines et sociales. Nos travaux se sont focalisés uniquement sur l'informatique affective (et plus particulièrement la simulation des émotions), et sur l'animation faciale interactive. Pourtant, les agents virtuels sont également liés à d'autres domaines, telles que la synthèse et la reconnaissance de la parole, l'intelligence artificielle, le traitement automatique des langues, la représentation des connaissances, la psychologie, les sciences sociales, etc. Ainsi, les agents virtuels sont un carrefour interdisciplinaire où de nombreuses collaborations scientifiques sont possibles. Les travaux que nous avons présentés nous ont permis de répondre à certaines questions de recherches, mais nous sommes encore loin de savoir simuler le comportement affectif humain dans toute sa complexité. Cet objectif ne peut être atteint que par une collaboration interdisciplinaire forte.

De plus, les agents virtuels expressifs peuvent servir d'outils pour étudier la perception humaine et la communication émotionnelle. En retour, ces études permettent de contribuer à l'amélioration des systèmes d'agents virtuels expressifs en fournissant des informations importantes et des règles de conception basées sur des validations perceptives. En appliquant ce principe d'enrichissement réciproque, nous espérons que nos travaux, ainsi que la plateforme MARC qui en résulte, contribueront à mieux comprendre et à améliorer l'interaction avec les agents virtuels expressifs réalistes et temps-réel.

6 Références

- [1] Russell, J. (2012) Introduction to Special Section: On Defining Emotion, in *Emotion Review*, Vol 4 (4) pp 337-338
- [2] Gross, J., & Feldman Barrett, L. (2011). Emotion generation and emotion regulation: One or two depends on your point of view. *Emotion review*, 3(1), 8-16.
- [3] Ekman, P., & Friesen, W. (1975). *Unmasking the Face. A guide to recognizing facial clues.* Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- [4] Tomkins, S. S. (1984). Affect theory. Dans K. Scherer, & P. Ekman, *Approaches to emotion* (pp. 163-195). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [5] Scherer, K. R. (1984). On the nature and function of emotion: a component process approach. *Approaches to emotion*, 293-317.
- [6] Niewiadomski, R., Bevacqua, E., Mancini, M., & Pelachaud, C. (2009). Greta: an interactive expressive ECA system. *Proceedings of The 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, (pp. 1399-1400).
- [7] Kopp, S., & Jung, B. (2000). An Anthropomorphic Assistant for Virtual Assembly: MAX. *Workshop on Communicative Agents in Intelligent Virtual Environments*.
- [8] Swartout, W., Traum, D., Artstein, R., Noren, D., Debevec, P., & Bronnenkant, K. (2010). Ada and Grace: Toward Realistic and Engaging Virtual Museum Guides. *Intelligent Virtual Agents*, (pp. 286-300).
- [9] Leite, I., Castellano, G., Pereira, A., & P., M. (2009). Designing a Game Companion for Long-Term Social Interaction. *International Conference on Multimodal Interaction AFFINE Workshop*.
- [10] Cassell, J., Vilhjálmsón, H., & Bickmore, T. (2001). BEAT: the behavior expression animation toolkit. *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, (pp. 477-486).
- [11] Kopp, S., Stocksmeier, T., & Gibbon, D. (2007). Incremental multimodal feedback for conversational agents. *Intelligent Virtual Agents*, (pp. 139-146).
- [12] Wallraven, C., Breidt, M., Cunningham, D., & Bühlhoff, H. H. (2005). Psychophysical evaluation of animated facial expressions. *2nd Symposium on Applied Perception in Graphics and Visualization* (pp. 17-24). ACM Press, New York, NY.
- [13] Courgeon, M., Buisine, S., Martin, J-C. (2009) Impact of Expressive Wrinkles on Perception of a Virtual Character's Facial Expressions of Emotions, In: *Proceedings of the 9th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA 09)* (pp 201-214), Amsterdam, The Netherlands, 10-12 septembre 2009
- [14] Russell, J. (1994). Is there universal recognition of emotion from facial expressions? A review of the cross-cultural studies. *Psychological Bulletin*, 115(1), 102-114.
- [15] Thornton, I. (1998). *The Perception of Dynamic Human Faces.* PhD Thesis, University of Oregon.

- [16] Courgeon, M., Amorim, M-A., Giroux, C., Martin, J-C. (2010), Do Users Anticipate Emotion Dynamics in Facial Expressions of a Virtual Character?, in: Proceedings of the 23rd International Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA 2010), Saint Malo, France, 31 mai - 2 juin 2010
- [17] Russell, J. A., & Mehrabian, A. (1977). Evidence for a three-factor theory of emotions. *Research on Personality* 11(3), 273-294.
- [18] Broekens, J. (2012). In Defense of Dominance: PAD Usage in Computational Representations of Affect. *International Journal of Synthetic Emotions (IJSE)*, 3(1), pp 33-42
- [19] Courgeon, M., Martin, J-C., Jacquemin, C. (2008) User's Gestural Exploration of Different Virtual Agents' Expressive Profiles, in: Proceedings of 7th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 08), vol 3 (pp 1237-1240), Estoril, Portugal, 12-16 mai 2008
- [20] Scherer, K. R. (2001). Appraisals Considered as a Process of Multilevel Sequential Process. *Emotion: Theory, Methods, Research*, 92-120.
- [21] M. Courgeon, C. Clavel, J-C. Martin, (2009) Appraising Emotional Events during a Real-time Interactive Game, in: Proceedings of the ICMI 2009 Workshop on Affective Computing (AFFINE), Cambridge, U.S.A., 1-6 novembre 2009
- [22] Manstead, A. S., & Fischer, A. H. (2001). Social appraisal: The social world as object of and influence on appraisal processes. Dans K. R. Scherer, A. Schorr, & T. Johnstone, *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*. (pp. 221-232).
- [23] Marsella, S., & Gratch, J. (2006). EMA: A computational model of appraisal dynamics. *Agent Construction and Emotions*.
- [24] Pelachaud, C. (2005). Multimodal expressive embodied conversational agents. *ACM international conference on Multimedia*, (pp. 683--689).
- [25] Scherer, K. R., & Ceschi, G. (1997). Lost Luggage: A Field Study of Emotion-Antecedent Appraisal. *Motivation and Emotion*, 21(3), 211-235.
- [26] Abrilian, S., Devillers, L., Buisine, S., & Martin, J.-C. (2005). EmoTV: Annotation of Real-life Emotions for the Specification of Multimodal Affective Interfaces. *HCI International*.
- [27] Ochs, M., Niewiadomski, R., Pelachaud, C., & Sadek, D. (2005). Intelligent Expressions of Emotions. *Affective Computing and Intelligent Interaction*, (pp. 707-714).
- [28] Riviere, J., Adam, C., Pesty, S., Pelachaud, C., Guiraud, N., Lorini, E., et al. (2011). Expressive Multimodal Conversational Acts for SAIBA agent. *Intelligent Virtual Agents*, (pp. 316--323).
- [29] R., Kim, J., & André, E. (2011). Physiological Signals and Their Use in Augmenting Emotion Recognition for Human-Machine Interaction. *Emotion-Oriented Systems*, 133-159.
- [30] Mumenthaler, C., & Sander, D. (2010). Social Appraisal, how the Evaluation of Others Influences our Own Perception of Emotional Facial Expressions. XVII Annual Cognitive Neuroscience Society Meeting, (pp. 17-20).
- [31] Devillers, L., Vidrascu, L., & Lamel, L. (2005). Emotion detection in real-life spoken dialogs recorded in call center. *Journal of Neural Networks, Emotion and Brain*, 18(4), 407-422.
- [32] Kulms, P., Krämer, N. C., Gratch, J., & Kang, S. H. (2011). It's in Their Eyes: A Study on Female and Male Virtual Humans' Gaze. *Intelligent Virtual Agents*, 80-92.
- [33] Schroder, M., Burkhardt, F., & Krstulovic, S. (2010). Synthesis of Emotional Speech. *Blueprint for affective computing*, 222-231.
- [34] Scherer, K. R. (2010). The component process model: a blueprint for a comprehensive computational model of emotion. Dans K. Scherer, T. Bänziger, & E. Roesch, *A Blueprint for Affective Computing: A sourcebook and manual*.
- [35] Becker-Asano, C., & Wachsmuth, I. (2008). Affect Simulation with Primary and Secondary Emotions. *Intelligent Virtual Agent*, (pp. 15-28).
- [36] Martin, P., Bourdot, P. ; Touraine, D. (2011) A reconfigurable architecture for multimodal and collaborative interactions in Virtual Environments, in: *3D User Interfaces (3DUI) 2011*, pp 11-14
- [37] André, E., Klesen, M., Gebhard, P., Allen, S., & Rist, T. (2000). Integrating models of personality and emotions into lifelike characters. *Affective interactions*, 150-165.
- [38] Bickmore, T., Pfeifer, L., & Schulman, D. (2011). Relational Agents Improve Engagement and Learning in Science Museum Visitors. *Intelligent Virtual Agents*, (pp. 55-67). Reyjavik, Iceland.
- [39] Clavel, C., & Martin, J. C. (2009). PERMUTATION: A Corpus-Based Approach for Modeling Personality and Multimodal Expression of Affects in Virtual Characters. *Digital Human Modeling*, 211-220.
- [40] Ho, W., & Watson, S. (2006). Autobiographic knowledge for believable virtual characters. *Intelligent Virtual Agents*, 383-394.
- [41] Kensinger, E., & Corkin, S. (2004). Two Routes to Emotional Memory: Distinct Neural Processes for Valence and Arousal. *National Academy of Sciences of the United States of America*, (pp. 3310-3320).
- [42] Dias, J., & Paiva, A. (2005). Feeling and reasoning: a computational model for emotional agents. *EPIA*, 127-140.