

# THÈSE

## En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences

*Présenté par : BOUAZZA Hasna*

### *Intitulé*

Les interactions émotionnelles des agents virtuels intelligents

*Faculté : Mathématiques et Informatique*

*Département : Informatique*

*Spécialité : Intelligence Artificielle*

*Devant le Jury Composé de :*

<i>Membres de Jury</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Domiciliation</i>
<i>BENYETTOU Abdelkader</i>	<i>Pr</i>	<i>Président</i>	<i>USTO-MB</i>
<i>BENDELLA Fatima</i>	<i>Pr</i>	<i>Encadrant</i>	<i>USTO-MB</i>
<i>RAHAL Sid Ahmed El Hebri</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>USTO-MB</i>
<i>TAGHEZOUT Noria</i>	<i>MCA</i>	<i>Examineur</i>	<i>Université Oran 1</i>
<i>BENAISSA Moussa</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Université Oran 1</i>
<i>BOUAMRANE Karim</i>	<i>Pr</i>	<i>Examineur</i>	<i>Université Oran 1</i>

*Année Universitaire : 2016-2017*

# Table des Matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>8</b>
1.1	ORGANISATION DU DOCUMENT	10
1.2	REFERENCES	12
<b>2</b>	<b>EVOLUTION DES AGENTS CONVERSATIONNELS ANIMES</b>	<b>14</b>
2.1	INTRODUCTION	14
2.2	LES PERSONNAGES VIRTUELS COMME INTERFACE UTILISATEUR	14
2.3	PERSONNAGES VIRTUELS	15
2.3.1	<i>Avatars et Agents Conversationnels Animés (ACA)</i>	15
2.3.2	<i>Le rôle des Agents Conversationnels Animés</i>	17
2.3.3	<i>Les différentes familles d'ACA</i>	18
2.4	ARCHITECTURE D'UN ACA	20
2.4.1	<i>Le planificateur d'intentions</i>	21
2.4.2	<i>Le planificateur de comportements</i>	22
2.4.3	<i>Le réalisateur du comportement</i>	22
2.5	AGENTS VIRTUELS ET INFORMATIQUE AFFECTIVE	23
2.5.1	<i>Expressions faciales chez les agents virtuels expressifs</i>	24
2.5.2	<i>Le system FACS pour les expressions faciales</i>	25
2.5.3	<i>Les Gestes</i>	26
2.5.4	<i>Réalisme et crédibilité des personnages virtuels</i>	27
2.6	CONCLUSION	27
2.7	REFERENCES	28
<b>3</b>	<b>APPROCHES, ET THEORIES DES MODELES EN EMOTION EN PSYCHOLOGIE</b>	<b>33</b>
3.1	INTRODUCTION	33
3.2	ETAT DE L'ART : QU'EST-CE QUE L'EMOTION ?	33
3.2.1	<i>Etymologie</i>	33
3.2.2	<i>Définition d'une émotion</i>	34
3.2.3	<i>Les bases neurobiologiques des émotions</i>	35
3.3	HISTORIQUE DES THEORIES DE L'EMOTION	36
3.3.1	<i>La théorie de Darwin</i>	36
3.3.2	<i>La théorie de James &amp; Lange</i>	37
3.3.3	<i>La théorie d'Arnold</i>	38
3.3.4	<i>La théorie de Schachter &amp; Singer</i>	38
3.3.5	<i>La théorie de Tomkins</i>	39
3.3.6	<i>La théorie d'Ekman</i>	40
3.3.7	<i>La théorie de Plutchik</i>	40
3.3.8	<i>Modèle de Roseman</i>	41
3.3.9	<i>La structure cognitive de l'émotion « OCC »</i>	43
3.3.10	<i>La théorie de Lazarus</i>	45
3.3.11	<i>La théorie de Scherer</i>	47
3.3.12	<i>La théorie de Frijda : les tendances à l'action</i>	50
3.4	APPROCHES CONTEMPORAINES DE L'EMOTION	52
3.4.1	<i>Approche des émotions de base</i>	52
3.5	APPROCHE DE L'EVALUATION COGNITIVE DE L'EMOTION	53
3.6	APPROCHE PSYCHO-CONSTRUCTIVISTE	55

3.7	APPROCHE SOCIOCONSTRUCTIVISTE.....	55
3.8	EXPRESSION DES EMOTIONS.....	56
3.8.1	Émotions à travers les expressions faciales.....	56
3.8.2	Mesure des expressions faciales FACS.....	57
3.8.3	Expression des émotions primaires.....	58
3.9	CONCLUSION.....	60
3.10	REFERENCES.....	62
<b>4</b>	<b>MODELES COMPUTATIONNELS DES EMOTIONS.....</b>	<b>66</b>
4.1	INTRODUCTION.....	66
4.2	PRINCIPES D'UN MODELE INFORMATIQUE DES EMOTIONS.....	66
4.3	MODELES COMPUTATIONNELLES AFFECTIFS.....	69
4.3.1	<i>Affective Reasoner</i> .....	69
4.3.2	<i>Cathexis</i> .....	71
4.3.3	<i>FLAME</i> .....	72
4.3.4	<i>ParleE</i> .....	74
4.3.5	<i>Greta</i> .....	75
4.3.6	<i>Le modèle ALMA</i> .....	77
4.3.7	<i>EMA</i> .....	78
4.3.8	<i>Coppélia</i> .....	81
4.3.8.1	CoMERG.....	81
4.3.8.2	I-PEFiC.....	81
4.3.9	<i>FAtiMA</i> .....	81
4.4	CONCLUSION.....	83
4.5	REFERENCES.....	84
<b>5</b>	<b>CONTRIBUTIONS ET VALIDATIONS.....</b>	<b>89</b>
5.1	INTRODUCTION.....	89
5.2	LES EMOTIONS DANS FATIMA.....	89
5.3	LA PERSONNALITE DANS FATIMA.....	90
5.4	L'ARCHITECTURE.....	92
5.5	5.4.1 NIVEAU REACTIF (REACTIVE LAYER).....	92
5.5.1	5.4.1.1 <i>Evaluation réactive (Reactive Appraisal)</i> .....	92
5.5.1.1	Sélection de la réaction en fonction de l'action.....	96
5.5.2	<i>Niveau délibératif (Deliberative Layer)</i> .....	98
5.5.2.1	Buts et intentions.....	98
5.5.2.2	Evaluation délibérative (Deliberative appraisal).....	100
5.6	CREATION D'UN MODELE COGNITIF.....	100
5.6.1	<i>La personnalité de l'agent</i> .....	101
5.7	INTRODUCTION.....	104
5.8	CONCEPT DE LA GESTION EMOTIONNELLE.....	104
5.8.1	<i>La régulation des émotions</i> .....	106
5.8.2	<i>Définition</i> .....	106
5.8.3	<i>Les stratégies d'une régulation émotionnelle</i> .....	107
5.8.4	<i>La formalisation de la théorie de Gross</i> .....	109
5.9	INTEGRATION DE LA FONCTION DE LA REGULATION DANS FATIMA.....	110
5.9.1	<i>Création du module régulation</i> .....	111
5.9.2	<i>Architecture du modèle FAtiMA avec le module de régulation</i> .....	111
5.9.2.1	Activation de la fonction de régulation.....	113
5.9.2.2	Paramètres de personnalité.....	114

5.9.2.3	L'humeur et la régulation .....	115
5.9.3	<i>Conclusion</i> .....	116
5.10	INTRODUCTION .....	118
5.11	LE MODELE OCEAN.....	118
5.12	CALCUL DES TRAITS O.C.E.A.N .....	120
5.12.1	<i>Calcul de l'humeur</i> .....	123
5.12.2	<i>Calcul de la persistance <math>\theta</math> à partir de l'humeur</i> .....	125
5.13	INTEGRATION DU MODELE DANS UN AGENT CONVERSATIONNEL ANIME.....	126
5.14	CONCLUSION .....	127
5.15	REFERENCES .....	129
<b>6</b>	<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>131</b>
6.1	PERSPECTIVES .....	132

## Table des figures

Figure 1: Ines de Nespresso.....	15
Figure 2: Laurent de EDF.....	15
Figure 3: Exemple d'un assistant.....	17
Figure 4: Exemple d'un partenaire .....	18
Figure 5: Exemple d'un tuteur.....	18
Figure 6: Exemple d'un agent animal.....	19
Figure 7: Exemple d'un agent fantaisiste .....	20
Figure 8: GRETA .....	20
Figure 9: Animation Gestuel .....	20
Figure 10: Architecture SAIBA.....	21
Figure 11: Points-clés de la norme MPEG-4 [37] .....	25
Figure 12: Système limbique du cerveau humain.....	35
Figure 13: La théorie de Cannon & Bard [3] .....	37
Figure 14: Processus de déclenchement d'une émotion selon la théorie de Cannon-Bard .....	38
Figure 15: Processus de déclenchement d'une émotion selon la théorie de Schachter-Singer ..	39
Figure 16: Les émotions de base selon Ekman .....	40
Figure 17: Le modèle de Plutchik .....	42
Figure 18: Structure hiérarchique des 22 émotions du modèle OCC.....	45
Figure 19: Processus de déclenchement de l'émotion selon la théorie de Lazarus .....	47
Figure 20: Quatre couches d'évaluation d'un processus émotionnel selon Scherer. ....	50
Figure 21 : Les émotions classées dans un continuum selon Gross et Feldman Barrett .....	56
Figure 22: Principe de fonctionnement d'Affective Reasonner (Elliott, 1993) .....	70
Figure 23: Architecture de Cathexis (Velasquez, 1997) .....	71
Figure 24: Architecture de FLAME [11].....	73
Figure 25: Architecture de ParleE.....	75
Figure 26: Architecture des réseaux dynamiques de croyance de Greta.....	76
Figure 27: EMA (EMotion and Adaptation) .....	79
Figure 28: Architecture FAtiMA Core [8] .....	82
Figure 29: Architecture de FAtiMA .....	93
Figure 30: Théorie d'équilibrage .....	95
Figure 31: Représentation d'un agent. ....	101
Figure 32: Un but défini par l'importance de succès/échec.....	102
Figure 33: Deux actions engendrant des réactions en fonction des variables « Desirability » et « Praiseworthiness » .....	102
Figure 34: situation de stress.....	105
Figure 35: Illustration du modèle de régulation de l'émotion (Gross 1998). ....	108
Figure 36: diagramme de la régulation. ....	110
Figure 37: Action to hug (faire un calin).....	111
Figure 38: L'action kick (donner un coup de pied).....	112
Figure 39: Diagramme de régulation.....	113
Figure 40: L'intensité avec une régulation.....	114
Figure 41 : intensité avec une régulation. ....	114
Figure 42: Intensité émotionnelle avec des différentes persistances.....	115

Figure 43: Intensité émotionnelle avec des humeurs t <sub>0</sub> différentes.....	115
Figure 44: Personnalité Anxieuse .....	123
Figure 45: personnalité relaxée .....	124
Figure 46: Personnalité HOSTILE .....	125
Figure 47: Agent conversationnel animé de notre scenario .....	126
Figure 48: ACA exprimant des émotions négatives.....	127
Figure 49: ACA exprimant des émotions positives.....	127

## Liste des tableaux

Tableau 1: Les 22 émotions définies par le modèle OCC.....	44
Tableau 2: Huit critères d'évaluation issue de la théorie de Scherer.....	50
Tableau 3: Caractéristiques d'une émotion .....	91
Tableau 4: Représentation d'une situation.....	93
Tableau 5: Attribution reaction en rapport avec "PraiseWorthiness" .....	94
Tableau 6: Les émotions combinées .....	96
Tableau 7: Propriétés définissant une règle d'action.....	96
Tableau 8: Exemple d'une tendance à l'action .....	97
Tableau 9: Attributs de l'active-pursuit goals .....	98
Tableau 10: Attributs de l'interest goals.....	99
Tableau 11: Attributs de l'intention.....	100
Tableau 12: Les Variables de la fonction de régulation émotionnelle.....	110
Tableau 13: Tableau des huit humeurs .....	121
Tableau 14: Correspondance de l'humeur à partir des valeurs OCEAN. ....	121
Tableau 15: Relation entre les 22 Emotions du modèle OCC et les huit humeurs. ....	123
Tableau 16 : Résultats d'un agent anxieux .....	124
Tableau 17: Résultats d'un agent relaxé.....	124
Tableau 18: Résultats d'un agent Hostile. ....	125
Tableau 19: Tableau des persistance selon les émotions. ....	126

# Introduction Générale

### 1 Introduction générale

Les machines occupent de nos jours une place prépondérante dans notre quotidien, ces dernières années les personnages virtuels utilisés comme intermédiaire entre l'utilisateur et les systèmes informatiques ont fait naître un intérêt grandissant. Ils incarnent généralement des rôles typiquement joués par des humains, tel que par exemple celui de tuteur ou d'animateur face à ses interlocuteurs virtuels. L'un des objectifs des chercheurs est alors de doter ces personnages virtuels d'une intelligence sociale pour interagir naturellement et aisément avec l'utilisateur.

L'informatique affective cherche depuis plusieurs décennies de concevoir une intelligence artificielle dotée de capacités d'apprentissage, d'analyse et de décision de plus en plus sophistiquées, intégrant de plus en plus profondément une composante émotionnelle dans les interactions émotionnelles. Et si la dimension émotionnelle était la pièce manquante dans l'élaboration d'un programme artificiel intelligent et crédible ?

Etant donnée l'utilité de l'émotion dans la prise de décision dans la vie humaine, dans l'apprentissage et l'interaction sociale, les chercheurs psychologues ont consacré beaucoup d'efforts pour définir l'émotion, afin de comprendre la composition essentielle d'un processus émotionnel chez l'humain.

La mise en place de processus émotionnels nous permet de prendre des décisions rapides et en adéquation avec la situation lorsque celle ci réclame une réaction urgente. En revanche, si le contexte ne requiert aucune précipitation, les décisions ont tendance à s'appuyer sur des processus plus rationnels impliquant raisonnement et déduction. Suivant les théories cognitivistes, un individu peut alors décider de la supprimer, l'intensifier, l'atténuer, la masquer ou la remplacer pour exprimer une émotion consistante avec des règles conventionnelles.

Des recherches récentes [1][4][5] ont fait apparaître un nouveau versant de l'intelligence sociale appelé intelligence émotionnelle, qui se définit comme la capacité d'une part, d'exprimer, de comprendre et de gérer ses propres émotions et d'autre part de percevoir et d'interpréter celles d'autrui. Mais, il n'existe pas de consensus pour définir une émotion, sa nature ou son processus de déclenchement. Les théories en

psychologie des émotions définissent l'émotion comme un phénomène complexe qui intervient de manière synchrone au niveau psychologique, et physiologique [6] [7].

L'émotion prend forme d'une manifestation psychologique interne qui se traduit par une réaction comportementale face à une situation. Tandis que d'un point de vue psychologique, l'émotion représente l'influence à la prise de décision. En effet, la plupart du temps un individu feint une émotion particulière pour être conforme à certaines conventions socioculturelles, ou pour atteindre un but particulier, comme prendre des décisions rapides en accord avec la situation, propre à lui, à son passé et à ses capacités intellectuelles. Par contre, si une situation ne requiert aucune précipitation, les décisions ont tendance à obéir à des processus plus rationnels impliquant raisonnement et déduction. Les émotions impliquent des répercussions physiques du ressenti psychologique initial : la tristesse peut provoquer les larmes, la peur peut déclencher un cri, et la joie génère un grand sourire, voire même des larmes. Une même situation implique des émotions différentes suivant l'individu concerné, le contexte et l'implication. [3]

Introduire une intelligence émotionnelle dans un personnage virtuel animé signifie tout d'abord lui donner les capacités d'exprimer des émotions. La plupart des recherches portent sur les émotions déclenchées des personnages virtuels animés. Un agent doit être capable d'identifier la signification émotionnelle d'une situation pour exprimer l'émotion appropriée.

Les travaux de recherche de cette thèse portent sur l'étude et la formalisation des interactions émotionnelles Humain-Machine. Le but est d'élaborer plusieurs modèles de l'émotion, basés sur les connaissances généralement admises concernant les processus émotionnels, afin de les mettre en place au sein d'un modèle informatique calculatoire d'émotion. Ces programmes se heurtent à un obstacle particulièrement délicat à surmonter et dont nous tenterons de fournir un éclairage modeste sur l'informatique affective initiée par Picard. L'objectif est de personnifier les programmes qui nous entourent et leurs donner des propriétés et une apparence humaine avec des émotions et une personnalité. Le but de cette thèse met l'accent sur la régulation émotionnelle et l'influence de la personnalité sur cette régulation. Les deux modèles s'appuient sur des modèles en psychologie. Le modèle de régulation, initialement

introduit par les études en psychologie clinique puis réhabilitée par James Gross (Gross, 1998). Le concept est communément défini comme la possibilité d'exercer un contrôle sur la nature et l'intensité de l'émotion ou encore sur le moment ou la manière dont elle s'exprime, constitue une réponse adaptative aux réactions émotionnelles potentiellement inappropriées. Le second modèle est l'étude de l'émotion sur le long terme, qu'on appellera plus tard la personnalité [2]. Notre étude se base sur le modèle OCEAN, composé de cinq dimensions répliquables de la description de la personnalité : E (Extraversion, Énergie, Enthousiasme) ; A (Agréabilité, Altruisme, Affection) ; C (Conscience, Contrôle, Contrainte) ; N (émotions Négatives, Névrosisme, Nervosité) ; O (Ouverture, Originalité, Ouverture d'esprit). Ces cinq facteurs seront la clé de calcul de la persistance pour une meilleure régulation émotionnelle des agents virtuels.

### 1.1 Organisation du document

La thèse comporte 5 chapitres, organisés comme suit :

- Le chapitre actuel, qui introduit la problématique des interactions émotionnelles dans des agents virtuels, surnommés agents conversationnels animés.
- Le chapitre 2, « L'évolution des agents conversationnels animés » qui présente des définitions sur les agents virtuels et leurs évolutions.
- Le chapitre 3, est un état de l'art sur les différentes théories des émotions issues de la psychologie. Nous commençons par avancer le concept de l'émotion en donnant une définition de celle-ci puis d'explorer son historique sur quelques perspectives, des points de vue psychologiques et physiologiques.
- Le chapitre 4 définit quelques modèles computationnels d'émotions, appelé aussi modèle calculatoire d'émotions. Nous nous intéresserons en particulier aux modèles informatiques qui simulent des catégories d'émotion, de sorte que ces catégories influencent le processus de sélection d'un comportement.
- Le chapitre 5 est la partie contribution et validation de notre travail. Il se compose de trois parties. La première est une définition du modèle FAtiMA (Fearnot Affective Mind Architecture) et son architecture. La deuxième partie

est consacrée à l'intégration de la régulation émotionnelle dans le modèle FAtiMA.

- La dernière partie, contribue à l'amélioration du modèle personnalité FAtiMA avec le calcul de la persistance, qui intervient à son tour au processus de régulation.
- La thèse se conclue par une conclusion générale et des perspectives futures de nos travaux.

### 1.2 Références

1. Aylett, R., Dias, J., & Paiva, A. (2006, June). An Affectively Driven Planner for Synthetic Characters. In *Icaps* (pp. 2-10).
2. Bach, J. (2012). Functional Modeling of Personality Properties Based on Motivational Traits. In *Proceedings of ICCM-7, International Conference on Cognitive Modeling, Berlin, Germany* (pp. 271-272).
3. Campano, S., de Sevin, E., Corruble, V., & Sabouret, N. (2013). Une approche pour la simulation de comportements émotionnels fondée sur la théorie de la conservation des ressources. *Technique et Science Informatiques*, 32(1), 113-138.
4. Courgeon, M., Martin, J. C., & Jacquemin, C. (2008). Marc: a multimodal affective and reactive character. In *Proceedings of the 1st Workshop on Affective Interaction in Natural Environments* (p. 20).
5. Mascarenhas, S., Degens, N., Paiva, A., Prada, R., Hofstede, G. J., Beulens, A., & Aylett, R. (2016, May). Modeling culture in intelligent virtual agents—from theory to implementation. In *Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems* (pp. 909-910). International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems.
6. Scherer, K. R. (2001). Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking. *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*, 92(120), 57.
7. Scherer, K. R. (1984). On the nature and function of emotion: A component process approach. *Approaches to emotion*, 2293, 317.

# Chapitre 2

## L'évolution des Agents Conversationnels Animés

## 2 Evolution des agents conversationnels animés

### 2.1 Introduction

La recherche dans le domaine informatique a souvent fait appel à l'étude comportementale perceptive et réactive de l'humain. Le développement dans les domaines d'intelligence artificielle, de reconnaissance des formes et de vision artificielle, a permis de donner naissance à une nouvelle perspective, fusionnant harmonieusement ces disciplines dans le but d'implanter les capacités cognitives, conversationnelles et interactives des êtres humains dans la machine, et qu'on a baptisé Agent Conversationnel Animé.

Le concept d'agent a été l'objet d'étude pour plusieurs décennies dans différentes disciplines. Aujourd'hui avec l'arrivée des nouvelles technologies et l'expansion de l'internet ce concept a été encore associé à plusieurs nouvelles applications telles que le Smartphone et les robots.

### 2.2 Les personnages virtuels comme interface utilisateur

L'interface informatique prend une forme humaine et le personnage virtuel devient l'entité dans laquelle l'utilisateur situe l'intelligence du système [6]. Les ACA semblent donc offrir une interface intuitive et naturelle car ils utilisent les modalités de la communication humaine. [9]

Les ACA que l'on trouve aujourd'hui prennent généralement la forme d'un programme interactif avec une forme graphique, soit d'un personnage schématique, soit d'une forme plus ou moins réaliste humanoïde dans des rôles différents, typiquement personnifiés par des humains. Un ACA peut être un tuteur, un compagnon de jeu, ou encore un négociateur [13]. Ils permettent d'accumuler différentes tâches, la recherche d'information, l'aide à la navigation, le divertissement, etc. Les ACA sont de plus en plus répandus, figure 1 et 2, on les trouve sur le web [24], pour répondre aux questions des visiteurs d'un site, ou aider à trouver une information. On les trouve également dans les applications du *e-learning*, dans les Serious Games et les applications ludiques. Cependant, l'interactivité des agents virtuels est limitée, suite à leur comportement déjà prédéfini.

Les avancées récentes des technologies informatiques ont rendu possible la création de ces agents virtuels, appelés *Agents Conversationnels Animés (ACA)* [12][22]. La génération de ces agents humanoïde en forme 3D, suggère de créer des avatars qui ressemblent à leurs utilisateurs, chaque joueur devrait avoir son propre avatar pour jouer à des jeux vidéo ou des simulations. [16]



**Figure 1:**Ines de Nespresso



**Figure 2:** Laurent de EDF

### 2.3 Personnages virtuels

#### 2.3.1 Avatars et Agents Conversationnels Animés (ACA)

Différents types de personnages virtuels existent dans les univers virtuels. Leurs apparences peut être humanoïdes ou imaginaires, et peuvent avoir une représentation 2D ou 3D. Dans [3], un « avatar » est une représentation numérique perceptible dont les comportements sont exécutés en temps réel par un être humain. Par contre, ils définissent un « agent animé » comme un type de représentation numérique

perceptible dont les comportements sont exécutés par un agent (une entité qui perçoit son environnement et agit sur celui-ci de façon autonome pour atteindre les buts pour lesquels il a été conçu).

(Cassell, 2001) définit un ACA comme « un personnage graphique conçu sur ordinateur qui possède la capacité de dialoguer en face-à-face avec un utilisateur, en utilisant non seulement le discours mais d'autres modalités non verbales telles que le geste, le regard, l'intonation et la posture physique ».

Le personnage virtuel est donc né de la nécessité d'exprimer un nouveau moyen d'interaction. Ces personnages, lorsqu'ils intègrent toutes les modalités de communication de l'interaction humaine, sont définis comme des Agents Conversationnels Animés (ACA ou ECA- Embodied Conversational Agent en anglais).

[5] définit les « Agents Conversationnels Animes » (ACA) comme des personnages virtuels interactifs, qui se définissent par une présence animée au sein d'un dispositif visuel qui a un rôle communicatif quel qu'en soit son degré d'élaboration et la modalité d'expression. Pour [7] les ACA correspondent à un type d'humain virtuel qui possède des capacités sociales et linguistiques permettant de converser avec un utilisateur d'une façon naturelle à travers un langage verbal (la parole) et non-verbal (gestuelle, émotion,..).

Nous donnons ci-dessous, la définition suivante au sigle ACA permet de préciser la problématique abordée :

- Agent : composant autonome capable de raisonnement sur des représentations symboliques, en situation, par exemple concernant une tâche dans une application ou un service ;
- Conversationnel : composant interactif capable d'interactions multimodales (aussi bien linguistiques que physiques (gestes attitudes etc.) ou encore via les événements de l'interface graphique, avec l'utilisateur ;
- Animé : désigne un composant interactif doté d'une apparence effective face à l'utilisateur, aussi appelé personnification (à ne pas confondre avec la personnalisation qui vise généralement à constituer un profil de l'utilisateur).

Nous identifions quatre caractéristiques importantes pour les ACA :

- La capacité à reconnaître et répondre à des entrées verbales et non verbales,
- La capacité à produire des expressions verbales et non verbales,
- L'utilisation des fonctions conversationnelles comme la prise de tour de parole, le feedback ou le rire [19].
- l'exploitation d'un modèle de performance qui permet la négociation du processus conversationnel ainsi que l'ajout de nouvelles propositions au discours [13].

Nous considérons les ACAs dans notre thèse, comme personnages virtuels humanoïdes.

### 2.3.2 Le rôle des Agents Conversationnels Animés

Le domaine applicatif général des ACA est celui des personnages virtuels interactifs, placés dans des environnements médiatisés, qui peuvent jouer trois rôles principaux :

- Assistants : pour accueillir les utilisateurs et les aider à comprendre et à utiliser la structure et le fonctionnement d'applications et de services informatiques ;



Figure 3: Exemple d'un assistant

- Partenaires : des acteurs dans des environnements virtuels : participant dans les systèmes de conception participative, membre d'une communauté mixte, etc.



**Figure 4:** Exemple d'un partenaire

- **Tuteurs** : Personne chargée d'accompagner, d'encadrer, de former durant une période de formation. Exemple : des patients dans les systèmes de suivi psychologique/ pathologique, pour le handicap (par exemple, la Langue des Signes Française, l'autisme ...) [11].



**Figure 5:** Exemple d'un tuteur

### 2.3.3 Les différentes familles d'ACA

Les chercheurs doivent développer des modèles informatiques supportant les différentes fonctions nécessaires à ces agents qui doivent gérer la communication et les émotions à des niveaux perceptifs, rationnels (raisonnement symbolique) et expressifs. Cela nécessite la représentation et la gestion de nombreuses connaissances liées par exemple à la compréhension du comportement des utilisateurs, au raisonnement, et à la génération de comportements multimodaux [7].

Nous pouvons classer les Agents conversationnels selon des différentes manières :

### A. Classement par niveau de complexité

- Classique: Agents simples, peu évolutifs (ex: ELIZA)
- Complexe: Agents personnalisables (i.e. programmable)
- Amicaux: Agent capable de tenir des conversations sur des domaines plus généraux (ex: AMDI)
- Apprenant: Agent capable d'apprendre tout au long d'une conversation (ex: DOBOT)

### B. Classement par type d'apparence

- Agent Humanoïde : soit on trouve un corps d'agent complet soit partiel (corps-bras) exemple : agent EDF et agent Nespresso.
- Agent Animale : c'est agent avec une forme d'un animale, comme le help de office Microsoft.



Figure 6: Exemple d'un agent animal

- **Agents Fantaisiste** : ces agents ont la forme d'une fantaisie, comme le génie de mille et une nuits ou des personnages de dessins animés.



Figure 7: Exemple d'un agent fantaisiste

### C. Classement selon l'expression émotionnel

- **Animation faciale** : Les Têtes Parlantes proposent des agents fixes, réalistes et sont associées à la recherche sur l'expression des émotions.



Figure 8: GRETA

- **Animation gestuelle** : les agents utilisent des gestes durant l'interaction.



Figure 9: Animation Gestuel

### 2.4 Architecture d'un ACA

SAIBA [36][4] est une référence de recherche internationale visant à spécifier une architecture modulaire pour la planification et la génération de comportements multimodaux d'ACA. L'architecture SAIBA se compose de trois modules, qui

communiquent avec deux types de protocoles, basés sur des langages XML [15]. (Figure 10).

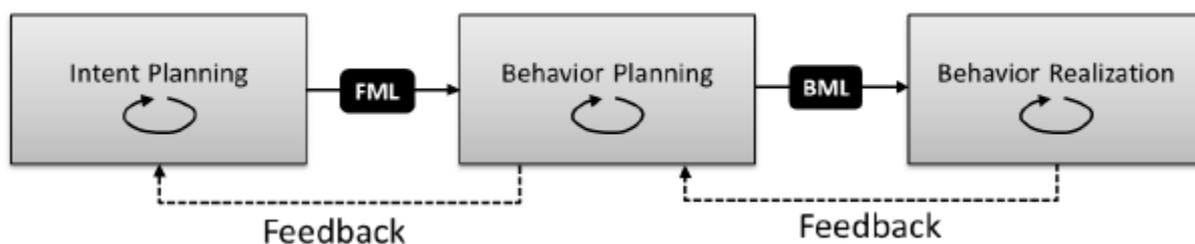


Figure 10: Architecture SAIBA

### 2.4.1 Le planificateur d'intentions

Le premier module est appelé le *planificateur d'intentions* (*Intent Planner*). C'est dans ce module que sont définies les intentions communicatives de l'agent en un ensemble de signaux, par exemple, l'émotion qu'il doit exprimer, gestes, voix ou expressions faciales. Ce module haut niveau est généralement dépendant de l'application interactive dans laquelle évolue l'agent. Les signaux pouvant être utilisés pour exprimer chaque intention communicative générées par ce module sont exprimées en langage FML (*Function Markup Language*) et transmises au second module. Plusieurs types de langages FML existent, exemple EmotionML, il est spécifiquement dédié aux émotions.

Le langage FML permet de combiner plusieurs comportements avec différentes balises. Les balises permettent de spécifier, notamment, les émotions de l'ACA, les participants et le sujet de la conversation, ainsi que l'acte de discours de l'agent.

De nombreux travaux [2][18][32] s'intéressent à l'amélioration du langage FML en introduisant de nouvelles balises ou en définissant de nouveaux actes. Par exemple, Pelachaud et Mancini [18] ont introduit le langage FML-APML utilisé par l'ACA Greta, et ajouté plusieurs balises (e.g. le degré d'intensité des émotions, si elles sont ressenties ou fictives) et un certain nombre d'actes de discours [15] dans une bibliothèque de comportements (e.g. ordonner, proposer, supplier).

### 2.4.2 Le planificateur de comportements

Le second module est appelé Le *planificateur de comportements* (*Behavior Planner*), son but est de convertir les intentions communicatives, reçues en langage FML, en un ensemble de signaux, représentant un comportement verbal et non verbal (voix, expressions faciales, parole, émotion). Ce comportement multimodal est exprimé en langage BML (*Behavior Markup Language*), et transmis à son tour au dernier module.

### 2.4.3 Le réalisateur du comportement

Le troisième et dernier module, nommé *réalisation de comportements* (*Behavior Realizer*) est chargé de calculer les paramètres d'animation exprimant l'intention communicative définie par le *planificateur d'intentions*, en utilisant les paramètres d'animation définis par *planificateur de comportements*. Ce troisième module est généralement un moteur d'animation et de rendu d'agents virtuels (2D ou 3D) ou de gestion robotique dans le cas de robot expressifs.[35]

La force de l'architecture SAIBA réside dans sa généricité et dans l'interopérabilité. En théorie, changer de logiciel d'agent virtuel ne nécessite pas de changement dans les modules de haut niveau. Dans la pratique, les plateformes d'animation acceptant le format BML n'implémentent qu'une sous partie du format. Ainsi, la généricité n'est que théorique, car une partie de l'intention communicative sera potentiellement ignorée par le *behavior realizer* lors de l'animation. Pour gérer ce genre de cas, l'architecture SAIBA prévoit un système de feedback entre les différents modules, par exemple pour que le *Behavior Realizer* puisse informer le *Behavior Planner* qu'il ne supporte pas un certain type de comportement. Néanmoins, l'objectif de SAIBA est d'uniformiser les langages entre les différentes plateformes d'agents expressifs, et de permettre de partager plus rapidement des ressources et d'interconnecter les systèmes.

Enfin, le module réalisation de comportements fournit en sortie les paramètres d'animation pour chacun des signaux par exemple, ce module produit en sortie les paramètres d'animation des sourcils et des mouvements de tête suivant l'émotion de l'ACA.

L'architecture SAIBA est étendue avec différents modules pour ajouter certains raisonnements cognitifs de l'agent et la prise en compte de la dimension interactive. Le module Etat mental contient une représentation des paramètres socio-affectifs de l'agent tels que ses émotions, ses relations sociales, ses buts et ses croyances. Il contient de plus des modèles de raisonnement permettant de calculer la dynamique de ses paramètres au cours de l'interaction. Les émotions et les relations sociales sont calculées par des modèles intégrés dans l'Etat mental [23].

### 2.5 Agents virtuels et informatique affective

En 1981, Sloman et Croucher introduisent les émotions dans l'intelligence artificielle. Cette idée est étendue plus largement par le livre « Affective computing » de Picard. Elle engage une réflexion sur la notion d'ordinateur émotionnel (Picard 1997). L'auteur suggère que les ordinateurs véritablement intelligents doivent avoir la capacité de reconnaître, comprendre, simuler, ou exprimer des émotions. [27].

Dans ce cadre, la recherche sur les agents virtuels essaie d'imiter la richesse et la dynamique du comportement humain. Ces recherches s'appuient en général sur des théories psychologiques, sociologiques et de la communication pour modéliser correctement les émotions, la personnalité, et les comportements non verbaux[23]. Selon [8] simuler une interaction humaine affective implique l'expression de l'état émotionnel interne et reconnaître l'état émotionnel de l'utilisateur.

Par exemple, doter un agent d'un état affectif propre sollicite de modéliser un processus émotionnel autonome et dynamique. Pour cela, il est nécessaire d'étudier les travaux en psychologie sur les processus émotionnels de l'être humain. Cependant, en psychologie, aucune définition de ce qu'est une émotion ne fait totalement consensus [14]. Plusieurs théories coexistent et s'influencent [14]. Dans le cadre d'une application informatique avec des agents virtuels expressifs et interactifs, l'agent doit être doté d'un modèle informatique des émotions. Plusieurs modèles de gestion informatique des émotions ont été proposés [14], [31] et évalués [20], mais il reste nécessaire de sélectionner, modéliser et d'implémenter plusieurs approches des émotions afin de les évaluer avec des utilisateurs et de comparer leur impact en situation d'interaction.

[11] ont classé les expressions faciales de certaines émotions en six émotions de base (Joie, Colère, Peur, Surprise, Dégout, Tristesse). Beaucoup de travaux ont servi de base pour l'animation faciale de nombreux agents virtuels expressifs. Dans ses premiers travaux sur l'animation faciale, [37] a mis en évidence qu'un visage virtuel permet d'exprimer un état émotionnel.

La plupart des agents virtuels expressifs se limitent aux émotions de base définies par Ekman et peu d'entre eux explorent d'autres émotions et états mentaux. De plus, la plupart de ces agents se limitent seulement à une expression par émotion. Pourtant ces émotions de base apparaissent rarement lors des interactions humaines. Lorsqu'elles apparaissent, elles sont souvent mélangées avec d'autres états mentaux plus complexes [34][33][1]. Ainsi, il est nécessaire d'explorer d'autres approches des émotions que les émotions de base, ainsi que les liens entre ces approches et l'animation faciale de personnages virtuels expressifs. De plus, peu de plateformes permettent simultanément d'utiliser et d'étudier un agent virtuel réaliste et interagissant en temps réel avec un utilisateur. Pourtant, l'application temps réel est souvent la finalité recherchée, et elle nécessite donc d'être étudiée de manière formelle.

### 2.5.1 Expressions faciales chez les agents virtuels expressifs

Ekman et Friesen (1975) ont étudié les expressions faciales de certaines émotions appelées émotions de base (Joie, Colère, Peur, Surprise, Dégout, Tristesse). Leurs travaux décrivent en détail les différents indices visibles sur les familles d'expressions pouvant être associées à ces émotions. Ces travaux ont donc logiquement servi de base pour l'animation faciale de nombreux agents virtuels expressifs.

Dans ses premiers travaux sur l'animation faciale (Figure 11), Parke (1974) a mis en évidence qu'un visage virtuel permet de véhiculer un contenu émotionnel. Bien que ces travaux ne traitent pas directement des émotions, ils ouvrent la voie aux travaux sur la simulation des expressions faciales d'émotions. La qualité graphique des visages virtuels a depuis nettement progressé. Néanmoins, la plupart des agents virtuels expressifs se limitent aux émotions de base proposées par Ekman et peu d'entre eux explorent d'autres émotions et états mentaux. De plus, la plupart de ces agents se limitent seulement à une expression par émotion. Pourtant ces émotions de base

apparaissent rarement lors des interactions humaines. Lorsqu'elles apparaissent, elles sont souvent mélangées avec d'autres états mentaux plus complexes [34], [1].

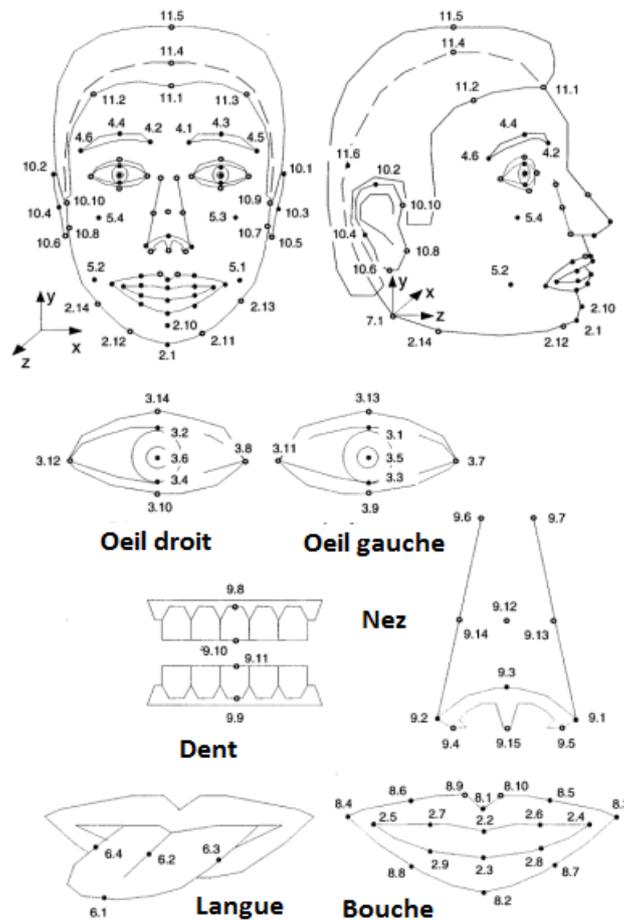


Figure 11: Points-clés de la norme MPEG-4 [37]

Ainsi, il est nécessaire d'explorer d'autres approches des émotions que les émotions de base, ainsi que les liens entre ces approches et l'animation faciale de personnages virtuels expressifs. De plus, peu de plateformes permettent simultanément d'utiliser et d'étudier un agent virtuel réaliste et interagissant en temps réel avec un utilisateur. Pourtant, l'application temps réel est souvent la finalité recherchée, et elle nécessite donc d'être étudiée de manière formelle.

### 2.5.2 Le system FACS pour les expressions faciales

La méthode des FACS (Facial Action Coding System) de Ekman est un standard d'annotation qui codifie de façon standard tous les mouvements possibles sur un

visage afin de décrire les actions faciales (baisser les paupières, bouger les lèvres) et permettre de contrôler l'animation indépendamment de la géométrie du visage. Ce système définit les mouvements musculaires du visage, décomposés en 66 Unités d'Actions (AU), auxquelles on peut associer des valeurs et que l'on peut combiner pour former des expressions faciales.

Les émotions primaires, selon Ekman telles que la joie, la peur ou la tristesse peuvent ainsi être exprimées, en combinant les AU pour former ces expressions faciales ainsi que des émotions complexes qui seront détaillées dans le chapitre 3.

Un autre standard pour l'animation du visage, le standard ISO MPEG-4 [25], il définit des paramètres d'animation communs basés sur les muscles du visage pour définir les FAP (Facial Animation Paramètres), utilisées pour l'animation d'un visage virtuel et la reproduction de mouvements à partir d'une capture d'expressions faciales.

Le regard est également très important dans la communication humaine, notamment pour réguler la conversation (distribuer la parole à tour de rôle), pour signaler de l'intérêt et pour exprimer des émotions. On retrouve dans les AU décrites ci-dessus douze AU pouvant être utilisées pour diriger le regard et le rendre expressif, en jouant sur l'ouverture des paupières, le plissement des yeux etc. De nombreux ACA développent des modèles de regard pour contribuer à l'expression multimodale et à la crédibilité de l'ACA.

### 2.5.3 Les Gestes

La plupart des ACA utilisent un lexique gestuel, notamment ceux des bras et des mains, construits à partir des "illustrateurs" (illustrators en anglais) d'Ekman et Friesen [11]. Ces gestes peuvent être liés :

- A la sémantique de l'énoncé exprimé par l'agent ;
- au sens, comme les "emblèmes", gestes culturels qui remplacent la parole [28]. Exemple serrer le poignet pour dire bonjour)
- à l'intonation du langage en fonction de l'émotion qu'on appelle aussi la prosodie.

- L'état émotionnel influence aussi le comportement de l'agent : par exemple, lorsque l'ACA est en colère, ses gestes sont plus brusques et leur amplitude plus grande. D'autres travaux ont mis en évidence la faculté des gestes à exprimer clairement les émotions primaires telles que la joie, la peur etc. [31].

### 2.5.4 Réalisme et crédibilité des personnages virtuels

Il est important de définir un agent réaliste et un agent crédible. Le réalisme se résume dans le domaine de l'informatique graphique qui contribue à son tour à améliorer l'apparence physique et cognitive appelée le comportement esthétique du personnage virtuel. Cette apparence se situe au niveau des expressions faciales, des gestes ainsi que le rendu de la peau, les rides et même la chevelure. [32]

L'apparence de l'agent virtuel qui s'appuie sur le réalisme influence sa crédibilité, qui se résume en trois points :

1. un comportement approprié à une situation;
2. Exprimer des émotions faciales ou gestuelles ;
3. Raisonnement et prise de décision selon son environnement.

Dans la mesure où notre travail se situe en intelligence artificielle, nous aborderons l'aspect crédibilité liée au comportement cognitif du personnage virtuel c'est-à-dire un comportement émotionnel, un comportement social [30], et peut également prendre en compte la personnalité de l'agent [21].

## 2.6 Conclusion

Les agents virtuels peuvent également servir d'outils pour mener des expérimentations contrôlées en psychologie. Ils permettent ainsi de mieux comprendre la perception humaine et l'interaction entre les humains. L'intelligence artificielle et la psychologie sont les domaines de recherche qui concernent l'aspect cognitif du comportement des agents. L'une des limitations majeures des agents virtuels est qu'ils ignorent généralement une caractéristique importante de la communication humaine qui est l'émotion. Les émotions sont reconnues comme une facette fondamentale de la communication humaine. Lorsque des humains communiquent, ils créent une boucle conversationnelle affective dans laquelle chacun s'adapte aux émotions exprimées par

l'autre. Il semble donc nécessaire de simuler ce comportement affectif lors d'une interaction avec un humain virtuel.

### 2.7 Références

1. Abrilian, S., Devillers, L., Buisine, S., & Martin, J.-C. (2005). EmoTV: Annotation of Real-life Emotions for the Specification of Multimodal Affective Interfaces. In The 11th International Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, Nevada, USA, 2005
2. Adam.C et Cavedon.L. An extension of FML for a lexicon of engaging communicative strategies. In in Proceedings of the EDAML at at the 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS '09), Budapest, Hungary, 2009.
3. Bailenson, J.N., Beall, A.C., Blascovich, J., & Rex, C. Examining virtual busts: Are photogrammetrically-generated head models effective for person identification? *PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments*, **13**(4), (pp416-427), 2004.
4. Bevacqua, E., Prepin, K., de Sevin, E., Niewiadomski, R., & Pelachaud, C. (2008). Reactive behaviors in SAIBA architecture. In *Autonomous Agents and Multi Agents Systems*, Estoril, Portugal, May 2008.
5. Buisine.S, Abrilian.C, Martin.J-C. "Evaluation of multimodal behaviour of embodied agents." *From brows to trust*. Springer Netherlands, (pp217-238), 2004.
6. Cassell, J. Embodied Conversational Agents: Representation and Intelligence in User Interfaces. *AI Magazine* 22(4), (pp67-84), 2001a.
7. Cassell, J., Vilhjálmsón, H., & Bickmore, T. BEAT: the behavior expression animation toolkit. *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, (pp. 477--486), 2001b.
8. Courgeon.M, Buisine.S, Martin.J-C. Impact of expressive wrinkles on perception of a virtual character's facial expressions of emotions. In *Intelligent Virtual Agents*, Springer Berlin/Heidelberg, (pp. 201-214), 2009.
9. Courgeon.M, Jacquemin.C, Martin.J-C, *User's Gestural Exploration Of Different Virtual Agents' Expressive Profiles*, in: Proceedings of 7th International Conference on

- Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 08), 3, pp 1237-1240, Estoril, Portugal, may 2008
10. Diesbach B.P., Galan J.-Ph. (2006), L'agent virtuel incarné dans la distribution en ligne : cadre théorique et revue de littérature, 5ème Journée Nantaise de Recherche sur le e-Marketing, 2006.
  11. Ekman, P., & Friesen, W. *Unmasking the Face. A guide to recognizing facial clues*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
  12. Gratch, J, Rickel, J, André, E, Cassell, J, Petajan, E Badler, B: Creating interactive virtual humans: Some assembly required IEEE Intelligent systems 17 (4), 54-63, 2016.
  13. Gratch, J., DeVault, D., & Lucas, G. The Benefits of Virtual Humans for Teaching Negotiation. In *International Conference on Intelligent Virtual Agents* (pp. 283-294). Springer International Publishing , California, September, 2016.
  14. Gross, J., & Feldman Barrett, L. Emotion generation and emotion regulation: One or two depends on your point of view. *Emotion review*, 3(1), 8-16, 2011.
  15. John R. Searle. *Speech acts : an essay in the philosophy of language*. Cambridge University Press, New York, USA, 1969.
  16. Kopp, s. Krenn, b. Marsella, s. Marshall, a. N. Pelachaud, c. Pirker, h. Thrisson, k.r. And vilhjmsson. H. Towards a common Framework for multimodal generation: the behavior markup language, on *Intelligent Virtual Agents Conference*, pp21-23, Marina Del Rey, 2006.
  17. Lucas. GM, Szablowski.E, Gratch.j, Feng.A, Huang.T, Boberg.J, Shapiro.A. Do Avatars that Look Like Their Users Improve Performance in a Simulation? On *International Conference on Intelligent Virtual Agents*. Springer International Publishing , pp351-354, Californie , Septenber,2016.
  18. Mancin.M, Pelachau.C : Dynamic behavior qualifiers for conversational agents. *Intelligent Virtual Agents, IVA'07*, Paris, September 2007.
  19. Mancin.M, Pelachau.C . The FML - APMML language. In *The First FML workshop, AAMAS'o8*, Estoril, Portugal, 2008.
  20. Mancini.M, Biancardi.B, Pecune.F, Varni.G, Ding.Y, Pelachaud.C, Volpe.G. Implementing and evaluating a laughing virtual character (2017) *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, vol. 17, no 1, p. 3, 2017.

21. Marsella, S., & Gratch, J. EMA: A computational model of appraisal dynamics. *Cognitive Systems Research*, vol. 10, no 1, pp70-90 , 2009.
22. McRorie.M, Sneddon.I, Sevin.E, Bevacqua.E et Pelachaud.C. A Model of Personality and Emotional Traits. In *Proc. of the 9th Int. Conf. on Intelligent Virtual Agents (IVA'09)*, Springer-Verlag, pp27-33, Amsterdam, 2009.
23. Ochs .M, Ding.Y, Fourati.N, Chollet.M, Ravenet.B, Pelachaud.C. Vers des Agents Conversationnels Animés dotés d'émotions et d'attitudes sociales. *Journal d'Interaction Personne-Système (JIPS)*, AFIHM, 3 (2), pp. 1-23, 2014.
24. Ortony, A., Clore, G., & Collins, A. *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge: Cambridge, 1988.
25. Paiva, A., & Machado, I. Life-long training with vincent, a web-based pedagogical agent. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning* 12(1), pp254 – 266, 2002.
26. Pandzic, Igor S., and Robert Forchheimer, eds. *MPEG-4 facial animation: the standard, implementation and applications*. John Wiley & Sons, 2003.
27. Pelachaud, C., & Bilvi, M. Computational model of believable conversational agents. *Communication in multiagent systems*, vol. 2650, p. 300-317, 2003.
28. Picard, R. (2010). Affective Computing: From Laughter to IEEE. *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 1, no 1, p. 11-17, 2010.
29. Helmut Prendinger and Mitsuru Ishizuka. Simulating affective communication with animated agents. *Proc 8th IFIP TC.13 Conf on Human-Computer Interaction (INTERACT'01)*, Tokyo, Japan, 2001, pp 182-189, 2001.
30. Prendinger.H et Ishizuka.M. Let's Talk ! Socially Intelligent Agents for Language Conversation Training. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A : Systems and Humans*, vol. 31, pp465-471, 2001.
31. Poggi.I, Pelachaud.C, Rosis.F, Caroglio .V et Carolis.B. GRETA. A Believable Embodied Conversational Agent. *Multimodal Communication in Virtual Environments*, pp27-45. Springer, 2005.
32. Rivière, J., & Pesty, S. Actes des conversations multimodaux et émotions. In *WACA , 4e Workshop sur les Agents Conversationnels Animés* ,pp. 39-46, 2010.

33. Samtani.P, A. Valente.A et Johnson.W.L. Applying the SAIBA framework to the tactical language and culture training system. In *Why Conversational Agents do what they do ? Functional Representations for Generating Conversational Agent Behavior*. On seventh International Conference in Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, AAMASo8, Estoril, Portugal, 2008.
34. Scherer, K. R. The component process model: a blueprint for a comprehensive computational model of emotion. *A Blueprint for Affective Computing: A sourcebook and manual*. Oxford University Press, 2010.
35. Scherer, K. R., & Ceschi, G. Lost Luggage: A Field Study of Emotion–Antecedent Appraisal. *Motivation and Emotion*, vol21(3), pp211-235, 1997.
36. Sloman, A., & Croucher, M. (1981). Why Robots will have Emotions. *International Joint Conference on Artificial Intelligence*. *Cognition and Emotion*, vol. 1, no 3, p. 217-233, 1987.
37. Vilhjálmsson H, Cantelmo N, Cassell J, E. Chafai N, Kipp M, Kopp S, Mancini M, Marsella S, and al. (2007). The behaviour markup language : recent developments and challenges. On 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents, Paris, pp. 99-110, 2007.

# Chapitre 3

## Approches, théories et modèles des émotions en psychologie

Everyone knows what an emotion is, until asked to give a definition.

**B. Fehr & J.A. Russell**

### 3 Approches, et théories des modèles en émotion en psychologie

#### 3.1 Introduction

Les émotions ont eu un rôle central dans l'évolution humaine pour communiquer et interagir socialement. La recherche scientifique a prouvé que l'état émotionnel d'une personne influence ses activités. Cette théorie donne lieu à l'intégration de la notion d'émotion dans différents domaines (la communication, la négociation, l'apprentissage, etc.). L'informatique affective à son tour essaie d'intégrer l'aspect émotionnel dans ses applications pour une meilleure interaction homme-machine.

Dans cette première partie de l'état de l'art, nous allons nous concentrer sur les différentes théories des émotions issues de la psychologie. Nous commençons par avancer le concept de l'émotion en donnant une définition de celle-ci puis d'explorer son historique sur quelques perspectives, des points de vue psychologiques et physiologiques.

#### 3.2 Etat de l'art : Qu'est-ce que l'émotion ?

Nous abordons dans les sections qui suivent les théories utilisées pour la modélisation du processus émotionnel. Chacune de ces théories définit un processus de fonctionnement et de gestion des émotions par un individu, décrivant les éléments qui le caractérisent, qui l'influencent ou qu'il influence, etc.

##### 3.2.1 Etymologie

Le mot « émotion » du verbe « émouvoir » est dérivé du latin « ex motus » et « ex mover », où « ex » signifie « à l'extérieur » et « motus/movere » veulent dire « mouvement ». [1]

Ce qui sous-entend que l'émotion est susceptible de nous mettre en mouvement, car biologiquement parlant, elle se manifeste par des modifications d'apparence notamment dans les expressions faciales.

### 3.2.2 Définition d'une émotion

L'émotion est un phénomène physiologique considérée comme un facteur explicatif déterminant du comportement humain. Elle prend forme d'une manifestation psychologique interne qui se traduit par une réaction physique face à une situation.

James (1984) soutient que « nous sommes tristes parce que nous pleurons, nous avons peur parce que nous tremblons » etc. Cette causalité a depuis largement été remise en question.

Il n'existe pas de consensus pour définir une émotion, sa nature ou son processus de déclenchement. Les théories en psychologie des émotions définissent l'émotion comme un phénomène complexe qui intervient de manière synchrone au niveau psychologique, et physiologique [33][34].

D'un point de vue physiologique, l'émotion est perçue comme une modification sur l'aspect physique de la personne, tandis que du point de vue cognitif, l'émotion représente l'influence à la prise de décision. D'un point de vue cérébral, les émotions sont gérées par l'hippocampe, qui enregistre le contexte des événements et par l'amygdale qui retient la connotation émotionnelle qui leur est attachée.

D'un point de vue psychologique, il existe beaucoup de définitions, et beaucoup d'axes de théories. Cependant, il est possible de trouver certaines relations [7]. Concernant les théories des émotions, le point de départ est toujours un stimulus ou une perturbation, quelque chose qui va faire changer la situation. De ces changements s'effectue un traitement qui aboutit à une réaction émotionnelle. La plupart des différences entre les théories portent sur ces fameux traitements. Cependant, on retrouve souvent la notion d'évaluation. L'organisme évalue la situation à la réception du stimulus et réagit en fonction de ses connaissances. Ces dernières sont basées sur de la subjectivité ou alors parfois on parle de mémoire émotionnelle (au même sens que le point de vue cérébral l'expliquait). De plus, une émotion a une nature et une intensité. Cette explication est semblable à la définition des différentes théories hormis quelques-unes qui sont totalement différentes.

### 3.2.3 Les bases neurobiologiques des émotions

Le système limbique est le support des réactions émotionnelles en lien avec la substance réticulée (modulant l'alerte) et avec les structures corticales permettant les représentations (visuelles, auditives...) ainsi que les évaluations (lobe frontal) et adaptant le comportement émotionnel en fonction de l'histoire et de l'environnement propres à chaque individu.

L'amygdale est l'élément central parmi les structures impliquées dans la gestion émotionnelle. Il se situe en profondeur dans la partie antérieure du lobe temporal. Son rôle est le lieu d'intégration de la composante émotionnelle des informations véhiculées par les voies sensitives et sensorielles dont elle permettrait en lien avec la mémoire, d'en dégager la signification et de moduler les réponses biologiques et comportementales.

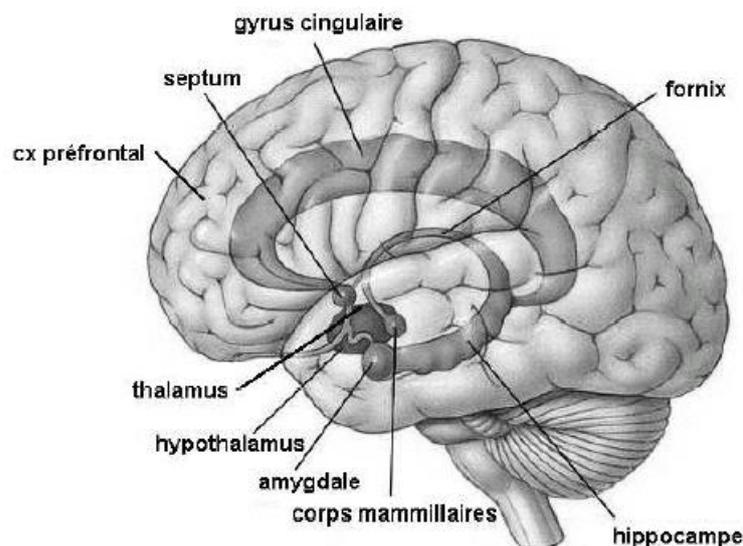


Figure 12: Système limbique du cerveau humain

L'émotion serait le résultat du travail en équipe des cinq sous-systèmes de l'organisme qui normalement fonctionnent de façon relativement indépendante. Ce travail synchrone serait lancé à la suite d'un stimulus interne ou externe. Le composant « composant de sentiment subjectif » serait le plus important. Une grande part du

traitement émotionnel se fait de façon consciente, en particulier l'évaluation cognitive qui donne une signification à l'état affectif de l'individu. Le processus émotionnel est relativement lent, ce qui permet un traitement de l'information sophistiquée, mais il est toujours préparé à répondre à des situations d'urgence. L'idée générale est que l'évaluation subjective d'une situation, d'un événement ou d'un stimulus détermine la nature (la qualité et la quantité) de la réaction émotionnelle. La force du système d'évaluation humain réside dans le fait que des niveaux différents d'évaluation sont disponibles et que le traitement peut être adapté à la nature du stimulus ou des besoins interprétatifs de l'organisme.

En effectuant une liste des processus liés à l'activité émotionnelle, quelques concepts-clefs sont généralement concernés :

- Le **stimulus** initial à l'origine du déclenchement de l'émotion dans son ensemble;
- l'**éveil** (arousal) qui représente ici les modifications physiologiques ;
- l'**interprétation**, autrement dit la traduction inconsciente des mécanismes physiologiques ;
- l'**évaluation** (appraisal), à savoir l'évaluation cognitive de la situation ;
- le **ressenti** émotionnel, souvent confondu avec l'émotion au sens large, mais qui ici indique le sentiment (feeling), l'expérience émotionnelle.

### 3.3 Historique des théories de l'émotion

#### 3.3.1 La théorie de Darwin

L'ouvrage de Charles Darwin rédigé en 1872 représente les premières recherches sur les comportements humains et les émotions, intitulé « L'expression des émotions chez l'homme et les animaux » il influence de façon déterminante les recherches sur le concept d'émotion [2].

Darwin considère deux points fondamentaux et fortement liés concernant les émotions, il estime qu'elles sont :

- *universelles* (on peut les trouver dans toutes les cultures et tous les pays).

- *adaptatives* (elles auraient favorisé la survie de l'espèce en permettant aux individus de répondre de façon appropriée aux exigences environnementales).

### 3.3.2 La théorie de James & Lange

William James et Carl Lange, tous comme Darwin soutiennent l'idée que les émotions sont adaptatives et s'intéressent particulièrement à la nature de l'émotion. Ils proposent une théorie permettant la différenciation entre les émotions selon les modifications engendrées (à chaque émotion correspond telles modifications). En 1890, ils défendent séparément mais simultanément la théorie dite « périphéraliste » de l'émotion où ils étudient les mécanismes responsables du déclenchement de l'émotion. Ils expliquent les réactions liées au ressenti de l'émotion comme étant une cause pour le déclenchement de celle-ci.

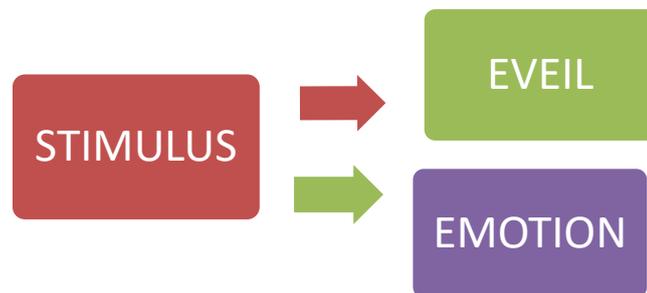
Toutefois, James précise que cette théorie ne concerne que les émotions accompagnées d'une réaction physique (corporelle), donc n'est pas valable pour toutes les émotions [3].



**Figure 13:** La théorie de Cannon & Bard [3]

Walter Cannon en 1927 et Philip Bard en 1928 expliquent l'émotion comme étant un phénomène cognitif et proposent la théorie dite « centraliste » où ils mettent en avant l'importance du système nerveux central dans le déclenchement d'une émotion spécifique qui est déterminée par le traitement d'un stimulus sur ce dernier.

Selon cette théorie, les changements physiologiques engendrés par l'émotion sont perçus cette fois-ci comme conséquence plutôt qu'une cause.



**Figure 14:** Processus de déclenchement d'une émotion selon la théorie de Cannon-Bard

### 3.3.3 La théorie d'Arnold

La théorie la plus dominante et la plus récente pour expliquer les émotions a été introduite par Magda Arnold en 1960 appelée évaluation cognitive des émotions « Appraisal en anglais ».

Contrairement aux théories précédentes, Arnold explique dans la sienne que le cerveau n'agit pas seulement comme un processus réflexe mais serait également capable de décoder des informations émotionnelles et constituer des références à des événements passés en tant qu'expériences émotionnelles ou éventuellement l'anticipation d'événements futurs.

Elle estime que cette théorie se distingue de la théorie des émotions de base en ce qu'elle suppose des mécanismes de genèse communs à toutes les émotions et suppose que, pour comprendre les émotions, il est tout d'abord nécessaire de comprendre les évaluations que l'individu fait au sujet des événements de son environnement [4].

### 3.3.4 La théorie de Schachter & Singer

En 1962 Stanley Schachter et Jerome Singer proposent la première théorie de l'évaluation cognitive avec la notion d'étiquetage cognitif qui permet la différenciation de l'émotion ressentie.

« C'est la cognition qui détermine si l'état d'activation physiologique sera labellisé comme (colère), (joie), (peur) ou autre ». [32]

Schachter partage l'idée de James selon laquelle une activation physiologique est nécessaire pour qu'une émotion soit déclenchée et propose en 1964 la théorie « bi-factorielle » où il explique qu'une émotion est déterminée par une interaction entre deux composantes :

- Une activation physiologique.
- Une cognition concernant la situation déclenchant cette activation physiologique.

Ainsi, il affirme que l'interprétation de la situation permet d'identifier la nature de l'émotion ressentie et c'est la cognition qui permet de labelliser l'état d'activation physiologique [3].



**Figure 15:** Processus de déclenchement d'une émotion selon la théorie de Schachter-Singer

### 3.3.5 La théorie de Tomkins

En 1963 Silvan Tomkins étudie les émotions suivant une approche bio-cognitive. Selon sa théorie, il existe un nombre fini d'émotions innées, qui se manifestent principalement à travers le visage. Il estime donc que les émotions jouent le rôle de messenger, provoquant ainsi des réactions musculaires, vasculaires et glandulaires de l'organisme permettant son adaptation à l'environnement.

### 3.3.6 La théorie d'Ekman

Paul Ekman en 1975 propose l'existence d'émotions suscitant des expressions faciales universellement identifiables. Il affirme que ce comportement serait même présent chez d'autres espèces que l'être humain, que cette émotion serait de courte durée et est rapidement et spontanément déclenchée.

Ekman étudie les expressions faciales de certaines émotions appelées universelles et les définit comme étant les « émotions de base » [3]. Il en énumère six (Colère, peur, dégoût, surprise, joie, tristesse) comme illustrées dans la figure 16.



Figure 16: Les émotions de base selon Ekman

### 3.3.7 La théorie de Plutchik

Robert Plutchik définit dans son modèle émotionnel un certain nombre d'émotions dites « primaires » et il en énumère huit : Joie, tristesse, peur, surprise, dégoût, colère, acceptation et anticipation. Il définit également les combinaisons d'émotions pour modéliser les émotions « composées » appelées également émotions « mixtes » [4].

La théorie de Plutchik sur les émotions se résume sur ces dix postulats ci-après:

1. Le concept d'émotion est applicable aux humains quel que soit le niveau d'évolution, ainsi qu'aux animaux ;

2. L'évolution des émotions est possible, cependant elle varie selon les différentes espèces ;
3. Les émotions permettent l'adaptation en aidant à gérer des événements clés de survie posés par l'environnement ;
4. Même si l'expression des émotions diffère d'un individu à un autre, il existe des éléments communs qui peuvent être identifiés (émotions de base).
5. Le nombre d'émotions basiques (autrement appelées primaires) est fini et réduit.
6. Toutes les autres émotions sont mixtes ou dérivées. Ceci signifie qu'elles sont des combinaisons, (c.à.d. émotions primaires composées).
7. Les émotions primaires sont des concepts hypothétiques ou des états idéalisés dont les propriétés et les caractéristiques s'induisent de diverses manifestations.
8. Les émotions de base peuvent être présentée sous forme de paires antagonistes (joie / tristesse – colère / peur – confiance / dégoût – surprise / anticipation).
9. Toutes les émotions varient selon leur degré de similitude.
10. Chaque émotion se déclenche selon des degrés d'intensité différents.

En 1980, Plutchik modélise sa théorie pour décrire la relation entre les émotions et l'illustre d'abord sous forme de diagramme à secteurs, ensuite sous forme conique et il en résulte à la fin un circomplexe tel qu'illustré dans la figure 17.

Plutchik illustre ses huit émotions primaires selon certaines propriétés citées dans les postulats précédemment.

Les émotions sont classées tout autour du cercle selon leur similarité (d'où la palette de couleur), où chaque émotion est illustrée à l'opposé de son antagoniste et la distance par rapport au centre de la roue permet de définir son intensité (Plus elle se dirige vers le centre, plus elle est intense).

### 3.3.8 Modèle de Roseman

Le modèle de Roseman a été développé en se basant sur les théories de l'évaluation cognitive et sur une série de rapports d'expériences sur les émotions [31]. Ce modèle

définit 5 critères d'évaluation qui, suivant leurs valeurs, permettent de représenter les états mentaux de 17 émotions distinctes :

1. indique la motivation positive ou négative du sujet pour la situation.
2. indique si la situation correspond ou non aux objectifs de l'agent.
3. indique si l'évènement est une possibilité ou une certitude
4. indique si l'évènement est perçu mérité ou pas.
5. indique la source de l'évènement parmi l'une des trois valeurs :
  - circonstances
  - autres
  - soi-même

Par la suite, ce modèle a fait l'objet de diverses modifications [30 ,31] afin de le rendre plus représentatif [29]. La simplicité du modèle permet de le traduire facilement en un ensemble de règles déterminant quels états mentaux déclenchent quelles émotions chez un agent [9].

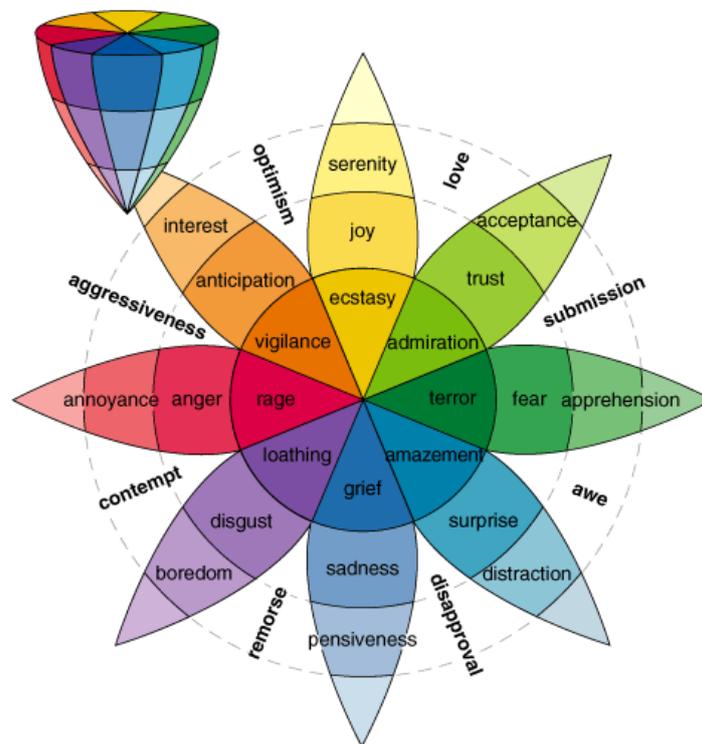


Figure 17: Le modèle de Plutchik

### 3.3.9 La structure cognitive de l'émotion « OCC »

Le modèle OCC représente l'un des modèles émotionnels les plus prisés, notamment dans le cadre des systèmes computationnels. Il repose sur une théorie claire et convaincante concernant les conditions de déclenchement d'une émotion ainsi que les variables susceptibles d'affecter son intensité [28].

Le nom du modèle est composé des initiales de ses trois concepteurs psychocognitivistes : Andrew Ortony, Gerald L. Clore et Allan Collins ; il est présenté dans leur ouvrage « La structure cognitive de l'émotion » où ils spécifient 22 émotions types, classées en 11 paires antagonistes dans le tableau ci-dessous.

Pour Ortony, Clore Collins [13], les émotions sont des réactions valencées aux événements, aux agents ou aux objets. Ces événements, agents ou objets sont évalués selon les buts, les normes et les attitudes d'un individu.

Le modèle OCC est basé sur la théorie de l'évaluation cognitive, est le modèle de référence le plus utilisé actuellement. Développé par Ortony, Clore et Collins ou OCC, il visait à fournir un modèle susceptible d'être implanté sur un ordinateur. Il peut donc être facilement exprimé dans un langage de programmation. Les émotions étant la conséquence de certains processus cognitifs, le modèle est donc constitué de la description de ces différents processus. Ceux-ci sont regroupés autour de trois sujets :

- Un événement affectant le but de l'individu (consequences of event) ;
- Une action affectant un principe de l'individu (actions of agents) ;
- Une perception d'objets particuliers (aspects of objects).

Ces événements, agents et objets sont évalués à partir de buts (événements), normes (actions d'agents) et goûts (objets) individuels. Le modèle OCC définit ainsi trois classes d'émotions, chacune regroupant des émotions types déclenchées par le même aspect du monde.

- Émotions liées aux buts : joie, détresse, espoir, peur, soulagement, déception, etc.
- Émotions liées aux normes : fierté, honte, admiration, reproche, etc.
- Émotions liées aux goûts : amour, haine, etc.

Un critère d'évaluation (appelé variable centrale) est associé à chaque classe et permet de déterminer le type et l'intensité de l'émotion déclenchée suivant les buts, principes et préférences de l'agent. D'autres critères d'évaluation (appelés variables d'intensité) influençant l'intensité des émotions sont définis. Les auteurs spécifient dans ce modèle les états mentaux de 22 émotions types.

Telle qu'illustrée dans figure 18, l'aspect positif de cette théorie est qu'il est très près d'une approche informatique. Cette théorie est basique pour la plupart de modèles d'émotions grâce à ses critères génériques d'évaluation sur des émotions. Le point négatif de cette organisation est qu'il ne définit pas l'intensité des émotions finales pour lancer.

Emotions positives	Emotions négatives
Happy for / Heureux pour	Resentment / Ressentiment
Gloating / Jubilation	Pity / Pitié
Joy / Joie	Distress / Angoisse
Pride / Fierté	Shame / Honte
Admiration / Admiration	Reproach / Reproche
Love / Amour	Hate / Haine
Hope / Espoir	Fear / Peur
Satisfaction / Satisfaction	Fear-confirmed / Phobie
Relief / Soulagement	Disappointment / Déception
Gratification / Gratification	Remorse / Remords
Gratitude / Reconnaissance	Anger / Colère

**Tableau 1:** Les 22 émotions définies par le modèle OCC

### 3.3.10 La théorie de Lazarus

Richard Lazarus propose en 1991 une théorie qui considère en priorité les processus cognitifs. Ainsi, l'aspect cognitif est issu de l'utilisation des connaissances de l'individu, et de son analyse des changements environnementaux. La pensée quant à elle arrive juste après le stimulus et déclenche en parallèle l'éveil physiologique et l'émotion [4].

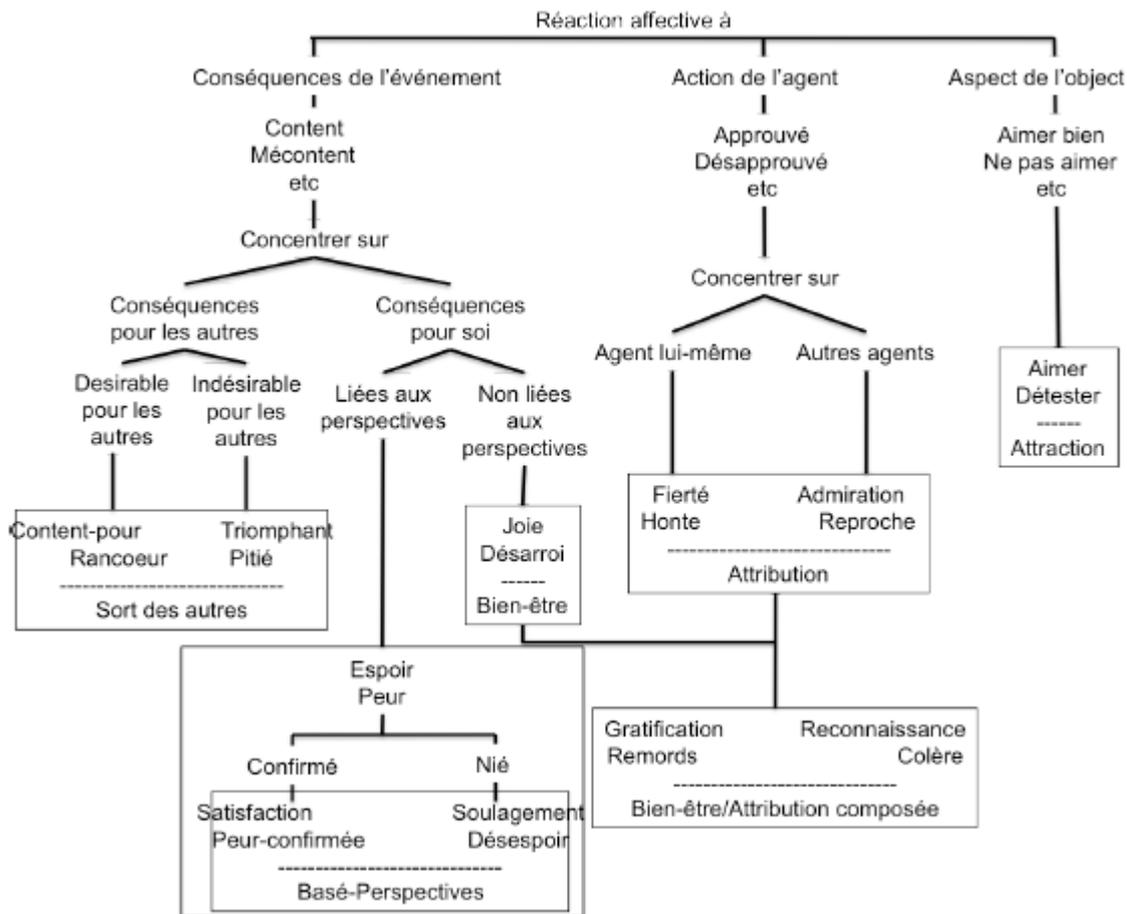


Figure 18: Structure hiérarchique des 22 émotions du modèle OCC

Selon Lazarus [27], il y a deux processus qui permettent à l'individu de stabiliser sa relation avec l'environnement :

- Evaluation cognitive (appraisal) : c'est un processus adaptatif pour conserver ou modifier la relation entre l'agent (sa croyance, ses buts) et le monde (ses contraintes, ses modifications) de la manière de maintenir des équilibres. Il a distingué deux types d'évaluation :

1. évaluation primaire pour la pertinence d'un événement et la congruence de l'événement ou pas aux buts ;
2. évaluation secondaire pour ce qui pourrait/devrait être fait en réponse à l'événement.

• adaptation (faire face – coping en anglais). Si une situation est évaluée comme stressante, l'individu doit s'adapter. Le coping est « l'ensemble des efforts cognitifs et comportementaux destinés à maîtriser, réduire ou tolérer les exigences internes ou externes qui menacent ou dépassent les ressources de l'individu » [75 celine]. Il existe deux type de coping :

1. L'aspect de Problème-focalisé essayera de résoudre le problème (approche classique), mais pourra également nier le problème pour réduire au minimum l'effet.
2. L'aspect d'Émotion-focalisé se diffère des stratégies de nier en se rapportant à des efforts visés à régler la réponse émotionnelle au problème.

Ainsi, selon Lazarus seules les interactions susceptibles d'affecter le bien-être de l'individu seraient porteuses d'un message émotionnel. On a alors deux types d'émotions qui se profilent :

- Les émotions positives issues de l'interaction sujet-environnement qui favorisent la réalisation des intérêts individuels ou interpersonnels ;
- Les émotions négatives issues d'événements qui retardent ou empêchent l'atteinte des objectifs.

L'aspect motivationnel apparaît dans le désir de réalisation de ses buts en adaptation avec son environnement. Ainsi, Lazarus détermine deux formes distinctes de motivations :

- Une variable motivationnelle sous-jacente à une hiérarchie de buts à atteindre
- Une variable transactionnelle qui définit les dispositions de l'individu à honorer ses buts compte tenu des différentes contraintes, demandes et ressources présentes au sein de l'environnement.



**Figure 19:** Processus de déclenchement de l'émotion selon la théorie de Lazarus

### 3.3.11 La théorie de Scherer

Klaus Scherer propose une définition précise de la nature des émotions dans son modèle des composantes[36], il définit une émotion comme une séquence de changements d'état intervenant dans cinq systèmes organiques en réponse à l'évaluation d'un stimulus externe ou interne par rapport à un individu :

- Perceptivo-cognitif (activité du système nerveux central) ;
- Neurophysiologique (réponses périphériques) ;
- Motivationnel (réaction face à l'événement, tendance à l'action) ;
- Moteur (mouvement, expression faciale) ;
- Moniteur (contrôle et sentiment subjectif).

Scherer s'intéresse particulièrement au système perceptivo-cognitif qui étudie l'évaluation de l'environnement. Selon lui, l'évaluation de l'environnement déclenche l'évaluation d'un ensemble de critères permettant d'évaluer à son tour l'évènement, appelée « SECs » (Stimulus Evaluation Check). Ces quatre aspects peuvent s'illustrer par les questions suivantes, concernant l'évaluation d'un évènement émotionnel :

- **La pertinence** : L'évaluation de la nouveauté
  1. Quels sont les changements sur l'environnement et sur l'individu ?
  2. Cet évènement est-il nouveau ou pertinent pour moi ?
  3. Est-ce qu'il m'affecte directement ?
- **L'évaluation du plaisir intrinsèque**
  1. « La situation est-elle plaisante ou déplaisante ? »

- **Les rapports aux buts** : L'évaluation de la pertinence
  1. « La situation affecte-elle les buts de l'individu ? »
  2. Quelles sont les implications ou les conséquences de cet évènement et à quel point vont-elles affecter mon bien-être, ou mes buts à court et long terme ?
- **Le potentiel de maîtrise** : L'évaluation de la capacité à faire face
  1. « L'individu a-t'il un contrôle sur la situation ? »
- **L'accord avec les standards** : L'évaluation de la compatibilité des normes
  1. « La situation est-elle compatible avec les normes sociales et les principes de l'individu ? »
  2. Comment cet évènement se situe par rapport à mes convictions personnelles ainsi que face aux normes et valeurs sociales ?

En 2009, Scherer propose que le processus émotionnel passe par quatre étapes d'évaluation consécutives. Le résultat de l'étape précédente doit être produit pour que l'étape suivante soit déclenchée. La première étape sert à déterminer si l'évènement est pertinent pour l'intérêt de l'organe (comme les buts, les préférences, l'attention). Cette étape permet de décider si l'évènement nécessite une analyse plus approfondie ce qui implique de transmettre l'évènement à l'étape suivante. La deuxième étape consiste à évaluer les conséquences de l'évènement sur ses propres buts ou besoins. Si ces conséquences sont significatives et nécessitent la mise en place de stratégies d'adaptation, l'évènement sera transmis à la troisième étape. A cette étape, en fonction des informations évaluées par les étapes précédentes sur l'évènement, les stratégies d'actions sont proposées en fonction de la capacité de contrôle de l'organisme envers la situation. Si l'organisme n'est pas en mesure de contrôler/gérer les conséquences possibles de l'évènement, il faut soit monter un plan d'action pour affecter l'environnement et donc changer les conséquences, soit réajuster son jugement sur l'évènement afin d'accepter/nier ses conséquences. Cet ajustement possible est fait dans la quatrième étape où l'évènement est évalué en fonction des normes personnelles et des normes sociales. Pour chaque étape, des réactions physiques/physiologiques sont possibles en fonction de l'évaluation de l'étape. Par exemple, à l'étape 1, la valeur de l'amabilité est suffisante pour déclencher un geste de

salutation/approche si l'événement est aimable. Ou bien dans l'étape 2, si l'événement est considéré comme urgent, un geste de recul ou de défense pourrait être déclenché.

Scherer a inclus dans sa proposition les critères proposés par Ortony et ceux proposés par Smith et Lazarus. De plus, il a ajouté la couche de traitement *Compatibilité aux normes*, soulignant le fait que l'émotion est à la fois universelle et personnalisée.

Les groupes 1 et 2 correspondent aux appraisals primaires de Lazarus, le groupe 3 correspond aux appraisals secondaires de Lazarus, et le groupe 4 ne trouve pas d'équivalence directe.

Chacun de ces groupes est composé de plusieurs checks. Scherer a, au cours de ses travaux, défini plusieurs listes de checks, et ses études se concentrent le plus souvent sur 5 à 7 d'entre eux [36]. Le Tableau 2 donne une définition de certains checks fréquemment utilisés.

Check	Groupe	Définition selon Scherer
<b>Nouveauté</b>	1	Avais-je anticipé que la situation allait se produire ?
<b>Agrément intrinsèque</b>	1	Ai-je trouvé l'évènement plaisant ou déplaisant ?
<b>Rapport aux buts</b>	2	Cet évènement m'a-t-il empêché d'atteindre mes buts ou de suivre mes plans ?
<b>Causalité externe</b>	2	Une personne tierce était-elle à l'origine de l'évènement ?
<b>Potentiel de maîtrise</b>	3	Comment ai-je évalué ma capacité à modifier aux conséquences de cet évènement ?
<b>Standards externes</b>	4	Si l'évènement a été causé par mon comportement ou celui d'un autre ai-je jugé ce comportement comme non adapté ou immoral ?
<b>Standards</b>	4	De quelle façon cet évènement a-t-il affecté ma vision

externes de moi-même ? Par exemple mon estime de moi ou ma confiance en moi.

Tableau 2: Huit critères d'évaluation issue de la théorie de Scherer.

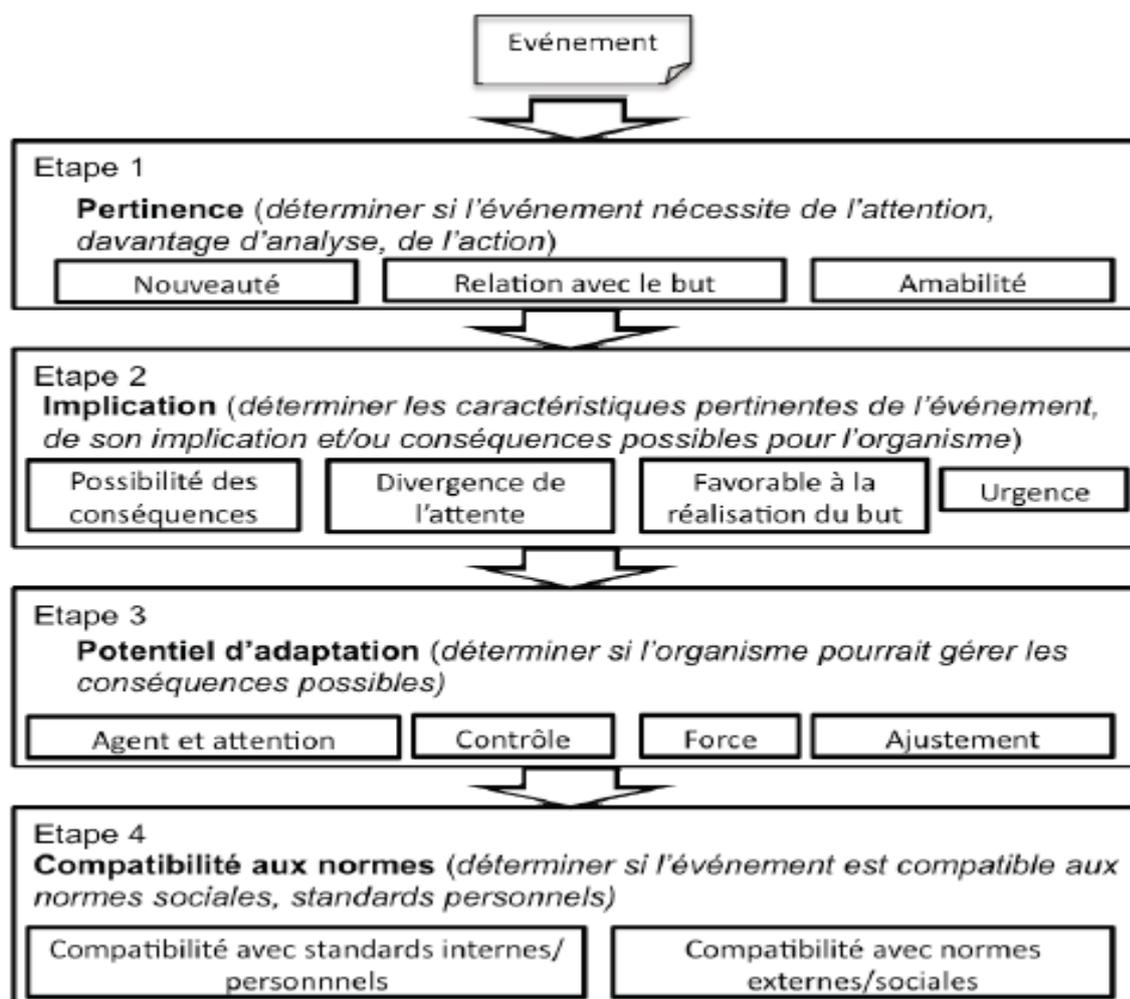


Figure 20: Quatre couches d'évaluation d'un processus émotionnel selon Scherer.

### 3.3.12 La théorie de Frijda : les tendances à l'action

L'apport de la théorie de N. Frijda est de faire le lien entre les émotions et l'action au moyen d'une analyse psychologique. D'après l'auteur [20], l'émotion est par nature un changement dans notre préparation à l'action. L'action émotionnelle a pour but de maintenir ou de modifier le rapport que nous avons avec un objet ou un événement. Une action a lieu sous certaines conditions incluant : le répertoire des actions

disponibles, les coûts et les bénéfices envisagés de chaque action, ainsi que la présence de ressources et de motivations affectant ces coûts et ces bénéfices. Frijda précise qu'il y a toutefois beaucoup d'émotions sans action, et beaucoup d'actions sans émotion évidente. Les émotions ont été considérées pendant un certain temps uniquement en tant que phénomène interne, c'est à dire un état qui est l'amour, la souffrance, ou un ensemble de symptômes physiologiques comme l'excitation. Or, les émotions sont profondément liées à la motivation et à l'action, car elles sont considérées comme des états dirigés vers un but. Selon le psychologue, le sentiment de colère n'est pas équivalent au sentiment d'avoir les poings serrés, qui est la sensation d'un état courant, mais il est équivalent au désir de réduire son opposant au silence par la force, qui est un but. Mettre la motivation au centre de l'analyse des émotions permet de prendre en compte deux concepts bien établis de la motivation : l'intention (*intent*), qui représente les états de fin souhaités en réalisant un comportement, et l'énergie (*energizing*), qui représente l'effort que demande la réalisation d'un comportement. Mordre, frapper, crier ou insulter quelqu'un sert à intimider un adversaire (le but), mais peuvent aussi représenter des coûts (efforts, ressources).

En [21,]Frijda énumère 8 catégories de tendances à l'action activées chacune par un contexte particulier. Ces tendances à l'action sont associées à des catégories d'émotion:

1. **l'approche positive** : représente la tendance à s'approcher d'un objet avec une intention positive. L'affection, la tendresse, l'exploration curieuse sont associées à cette tendance à l'action ;
2. **l'agression** : représente la tendance à vouloir blesser quelqu'un physiquement ou psychologiquement, possiblement jusqu'à la destruction. Cette tendance est associée à la colère ;
3. **la panique** : représente la tendance à fuir un danger. Cette tendance est typique de la peur ;
4. **le jeu** : cette tendance joue un rôle fondamental dans l'apprentissage et le développement d'un individu. Elle est associée à la joie et l'amusement ;

5. **l'inhibition** : cette tendance consiste à se figer en présence d'un danger potentiel. Il peut aussi s'agir d'une inhibition mentale. Cette tendance est typiquement associée à l'anxiété ;

6. **le rejet** : cette tendance est associée à la réaction de dégoût. Elle peut être physique (Rictus de dégoût face à un goût amer), ou psychologique (dégoût pour un comportement) ;

7. **la soumission** : cette tendance consiste à envoyer des signaux de soumission posturaux ou expressifs, et peut aussi être caractérisée par une faible estime de soi. Elle est associée à l'anxiété sociale ou à la timidité ;

8. **la dominance** : cette tendance est la contrepartie de la soumission. Elle consiste à s'affirmer par rapport à autrui, et elle est associée à l'émotion de fierté.

L'auteur explique qu'il existe 4 conditions qui sous-tendent les actions (Frijda, 2004). Les deux conditions majeures de l'action sont : la *disponibilité* d'un répertoire d'actions approprié, et le caractère *acceptable* de ce dernier, prenant notamment en compte la notion de coût. La troisième condition est l'*importance* du résultat concerné par l'action, et le quatrième est le *regard social*, représentant la désapprobation ou l'approbation des autres

### 3.4 Approches contemporaines de l'émotion

James Gross et Lisa Feldman Barrett proposent en 2011 une classification des théories de l'émotion selon quatre grandes approches comme suit [6] :

#### 3.4.1 Approche des émotions de base

Ces approches considèrent une liste finie d'émotions universelles ayant chacune un mécanisme mental unique, responsable de son apparition, et générant des réponses physiologiques et expressives caractéristiques.

Selon cette approche, il existe un ensemble d'émotions de base (la joie, la surprise, la peur, la colère, la tristesse et le dégoût) Ekman et Friesen, 1986. Ces émotions de base sont censées être déclenchées par des programmes internes universels selon des conditions spécifiques. Selon Ekman [15] chaque émotion se caractérise ainsi par un « circuit » spécifique. Ces programmes neuro-moteurs sont exécutés automatiquement

et sont relativement résistants aux changements. Ils peuvent cependant être modifiés par la culture ou l'apprentissage.

Contrairement aux six émotions de base selon Ekman, d'autres chercheurs incluent d'autres émotions comme la honte, la culpabilité et la fierté[24]. Cette approche couvre aussi les émotions complexes. Selon Damasio [11], les émotions de base seraient innées, et les émotions complexes se construiraient durant le développement de l'individu. On peut parler aussi de l'intensité d'une émotion de base ( joie intense ou de légère surprise) ou d'un label émotionnel pour une famille d'émotion (le chagrin est une variante moins intense que la tristesse, La Rage est une variante plus intense que la Colère) [13].

### 3.5 Approche de l'évaluation cognitive de l'émotion

Les différences qui apparaissent dans la manière de percevoir une situation provoquent des émotions diverses qui sont spécifiques à chaque personne. L'un des objectifs des théoriciens est d'expliquer pourquoi différentes personnes réagissent de manières différentes à des évènements similaires. En effet, contrairement à ce que la théorie des émotions de base soutient, les gens réagissent de façons partiellement différentes à une même situation, et ce en fonction de leur perception/évaluation de cette situation.

Selon la théorie cognitive d'Arnold, est que la phase d'évaluation de la situation est la première étape d'une émotion qui génère à la fois les actions appropriées et l'expérience émotionnelle en elle-même.

Lazarus (1984) [27] identifie deux catégories d'évaluations cognitives 1) l'évaluation primaire, qui détermine le sens et les implications de l'évènement pour l'organisme, et 2) l'évaluation secondaire, visant à l'évaluation de la capacité de l'organisme à faire face aux conséquences de l'évènement. Ces deux catégories d'appraisal sont complémentaires et séquentielles. Lazarus distingue ensuite deux types de réactions à l'évènement :

1. les actions directes, visant à modifier les conséquences de l'évènement, et
2. des processus de réévaluation cognitive, visant à s'adapter à l'évènement sans le modifier.

Frijda propose un certain nombre de critères d'évaluation, appelée *lois* (Frijda, 1988), pour décomposer le processus d'évaluation cognitive en règles unitaires. Frijda soutient que l'existence de ces lois est difficile à démontrer avec précision, car leur mesure repose sur une verbalisation de l'évaluation cognitive faite par le sujet. En effet, les sujets sont souvent questionnés sur leur expérience émotionnelle a posteriori, ce qui introduit une altération subjective de leur évaluation cognitive. Cependant, il soutient une forte corrélation entre les mesures subjectives effectuées et les résultats prédits par ses *lois*. Selon lui, cela suggère l'existence des mécanismes cognitifs qu'il défend [21].

La théorie cognitive proposée par Scherer (1984, 2001) [33, 34] fait valoir que les émotions sont générées par des cycles d'évaluations multi-componentielles des événements. Scherer propose une description plus fine que celle proposée par Lazarus, en détaillant plus précisément les étapes du processus cognitif. Le processus cognitif n'est plus séparé en deux catégories (primaire/secondaire), mais en une liste de critères d'évaluations. Ces critères d'évaluations sont appelés *Stimulus Evaluation Checks (SECs)*.

Contrairement aux autres théories cognitives, le modèle cognitif OCC (Ortony, Clore, et Collins, 1988) distingue différents types de processus cognitifs, sélectionnés selon la nature du stimulus évalué. On trouve 1) le processus lié aux conséquences d'un événement, 2) le processus lié à l'action de soi ou d'un tiers, et 3) le processus lié à l'aspect d'un objet. La Figure 18 donne la structure globale des différentes évaluations cognitives selon la théorie OCC.

Dans le modèle OCC, l'intensité des émotions est définie par un ensemble de variables associées à chaque émotion. Dans la plupart des autres théories cognitives, l'intensité émotionnelle n'est pas clairement explicitée, mais est implicitement reliée à l'intensité des différents checks. Par exemple, plus un événement sera obstructif pour les buts de l'individu, ou plus il manquera de ressources pour faire face aux conséquences, plus le sentiment de tristesse sera intense.

### 3.6 Approche psycho-constructiviste

La troisième approche des émotions, identifiée par Gross et Feldman-Barrett, considère les émotions comme une construction psychologique. Les émotions ne sont plus considérées comme des états mentaux spéciaux, avec une forme unique, une fonction et une cause. Selon cette approche, les émotions ne possèdent pas de mécanismes dédiés. Les états mentaux émotionnels émergent d'un processus cognitif constructif en permanence modifié. Ce processus se compose d'un ensemble de composants cognitifs basiques, mais non spécifique aux émotions.

### 3.7 Approche socioconstructiviste

La dernière approche identifiée par Gross et Feldman-Barrett considère l'émotion comme une construction sociale. Les émotions sont considérées comme des phénomènes sociaux, ou des réactions culturellement prescrites. Elles sont constituées par des facteurs socioculturels, et contraintes par les rôles et statuts des participants ainsi que par le contexte social. Certains modèles de construction sociale traitent la situation sociale comme le déclencheur des réactions émotionnelles, de la même manière que certaines théories de l'appraisal considèrent les évaluations de l'environnement comme déclencheurs des réactions émotionnelles. Toutefois, d'autres modèles considèrent les émotions comme des produits socioculturels prescrits et construits par des gens, plutôt que par la nature. Les émotions sont vues comme les composantes de la culture plutôt que comme des états internes humains. Dans la mesure où les processus cognitifs impliqués portent des aspects culturels, les émotions sont considérées comme apprises plutôt que données par la nature. Les émotions varient donc d'une culture à l'autre.

Gross et Feldman Barrett ont popularisé cette classification en regroupant les théories les plus influentes sur le concept d'émotion sur un continuum, en affectant chaque auteur de chaque théorie au courant auquel elle appartient, tel qu'illustré dans la figure ci-dessous :

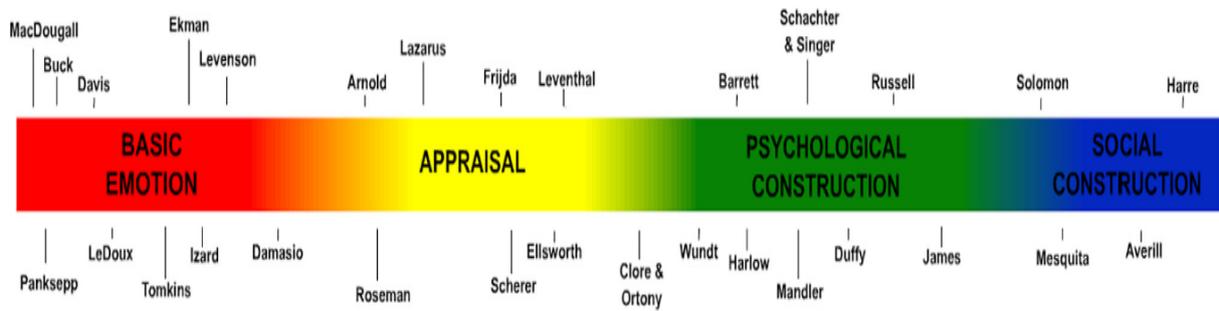


Figure 21 : Les émotions classées dans un continuum selon Gross et Feldman Barrett

### 3.8 Expression des émotions

#### 3.8.1 Émotions à travers les expressions faciales

Une expression faciale résulte d'un mouvement ou d'un positionnement des muscles du visage. Très fortement liés aux émotions, les expressions faciales sont utilisées pour communiquer une humeur, une attitude, une opinion, un sentiment ou toute autre forme de message. Charles Darwin fut le premier à étudier les émotions chez l'homme et l'animal. Après ses études d'anthropologie animale et humaine, portant particulièrement sur l'utilisation des expressions, il conclut dans son ouvrage « The expression of the emotion in Man and Animal » [12] que les jeunes et personnes âgées de différentes ethnies ainsi que les animaux mammifères terrestres expriment d'une façon ou d'une autre leur état d'esprit par des mimiques ou des expressions faciales. Après des études anthropologiques au milieu du vingtième siècle, l'usage des expressions faciales est reconnu comme universel et indépendante du milieu culturel. Paul Ekman poursuit l'expérience en concluant que six émotions : la peur, la colère, le dégoût, la tristesse, la joie et la surprise s'expriment de la même manière partout, sans qu'il n'y ait besoin d'apprentissage. Ekman pose comme hypothèse l'universalité de ces six expressions (elles deviennent les émotions primaires ou « de base » de sa théorie des émotions). Le langage universel des expressions faciales semble toutefois s'arrêter aux émotions primaires, toutes les compositions d'émotions plus complexes dépendent fortement du contexte ethnique et à l'intérieur même d'une ethnie, du contexte social, de la localisation, etc.

### 3.8.2 Mesure des expressions faciales FACS

FACS [19] est un guide de mesure et de codage des expressions et comportements du visage mis au point dans sa première version par Ekman, Friesen et Hager. De par l'exhaustivité descriptive qu'il propose, il est devenu l'outil principal des psychologues, animateurs, et de tout chercheur s'intéressant aux mécanismes de productions des expressions faciales. On utilise FACS quand il s'agit de savoir exactement quels muscles sont mis en jeu dans la production d'une expression ou à l'inverse, s'il s'agit de savoir quelle expression est produite en bougeant certains muscles faciaux. L'idée de Ekman et Friesen est d'étudier les expressions faciales et de décomposer chacune des figures en unités de base, les unités d'action (AU - Actions Units). Celles-ci peuvent être liées à la contraction ou à la détente d'un muscle simple ou d'un groupe de muscles. Certains muscles du visage peuvent ainsi agir dans plusieurs unités d'action. Une unité d'action est un mouvement simple qui peut être variable en intensité, en mélangeant plusieurs unités d'actions, d'intensités différentes, on compose l'expression d'un visage. Le répertoire FACS compte 46 unités d'actions différentes classées par zones du visage, soit dans le visage haut, soit dans le visage bas (au dessus ou en dessous du nez). La base de données contient pour chaque unité d'actions des illustrations photographiques et vidéo, présentant en détail la variation du visage liée à l'unité d'action.

A chaque unité d'action est associé un score qui varie en fonction de l'intensité, de la durée ou encore de l'asymétrie. L'association des scores de chaque AU pour un visage produit un code d'identification unique pour l'expression de ce visage. Il est ainsi très simple d'exprimer ou de synthétiser un visage en utilisant ce système. On peut par exemple différencier un sourire forcé (type « Pan American ») et un sourire sincère (de type « Duchène ») car ils n'utilisent pas les mêmes unités d'actions. 7000 combinaisons d'unités d'actions sont répertoriées dans FACS [120]. Pour le moment, les données sont entrées à la main mais des tentatives d'enregistrements automatiques des unités d'actions FACS par vision et analyse informatique de visages voient le jour [35]. FACS ne permet pas d'associer un ensemble d'unités d'actions à l'expression d'une émotion. Le système n'est pas du tout annoté, il s'agit juste d'une description des visages sans y associer des étiquettes émotionnelles. FACS AID (Facial Action Coding System Affect

Interpretation Dictionary) [14] est une surcouche de FACS qui associe les expressions faciales décrites en scores FACS avec une étiquette décrivant la signification (si elle existe) psychologique de la combinaison. La base de données actuelle donne surtout des informations sur la nature émotionnelle d'un visage FACS plutôt que suivant d'autres critères psychologiques. La base de données FACSAID consiste en une compilation des scores de visages par des experts humains. Ces experts (psychologues, chercheurs) annotent une combinaison avec son interprétation en terme de sens, de fréquence d'apparition, de représentation graphique, etc. Même si plusieurs sens peuvent être donnés à une même expression, seul le jugement de l'expert permet de décider quel devra être celui stocké dans la base. La consultation de FACSAID se fait par entrée de la combinaison de scores FACS. EMFACS est le système de codage FACS réduit à l'utilisation des unités d'actions utiles à l'expression des émotions [17]. La simplification de EMFACS par rapport à FACS permet de réduire les temps d'analyse d'une expression en terme d'unité d'action par dix. Seules sont répertoriées les unités d'actions jouant un rôle visible dans l'expression d'une émotion. Pour les six émotions primaires, EMFACS considère en fait uniquement quatorze unités d'actions sur les quarante-six répertoriées dans FACS. Les AUs de EMFACS sont localisées par de simples points de contrôle positionnés sur le visage. MAX Max (Maximally Discriminative Facial Movement Coding System) [23] est un système de mesure des expressions émotionnelles particulièrement adapté aux jeunes enfants. Max code une réponse émotionnelle chez l'enfant lors de l'apparition d'un certain nombre de primitives sur le visage. Par exemple, la peur est codée si les yeux louchent, que les sourcils sont froncés et orientés vers le bas et que la bouche est ouverte en forme de carré arrondi. Les expressions des émotions chez l'enfant n'apparaissent que progressivement vers l'âge de 4 mois et nécessitent un codage différents de FACS, les unités d'actions ne sont pas forcément les mêmes.

### 3.8.3 Expression des émotions primaires

Principal support de la communication non verbale, les expressions faciales se déclinent en d'innombrables mimiques rapportant l'état mental d'une personne. Le dénominateur commun de toutes ces expressions est l'utilisation universelle comme palette primaire des six expressions faciales liées aux six émotions primaires : la peur,

le dégoût, la surprise, la joie, la colère et la tristesse. Ces expressions sont inscrites dans notre cerveau et ont été reconnues depuis de nombreuses années comme universelles et indépendantes du contexte culturel ou social.

- **La peur** La peur se discerne principalement dans la région des yeux [19]. Ceux-ci peuvent être largement ouverts et accompagnés d'un battement rapide des paupières. La pupille se dilate. Devant une situation jugée dangereuse, le cerveau commande la surproduction d'adrénaline qui augmente le rythme cardiaque et respiratoire forçant une ouverture de la bouche et une respiration haletante. La tension musculaire générale provoque au niveau du visage un tremblement des dents et des narines. Les muscles du cou, menton et épaules qui jouaient autrefois un rôle dans la respiration ou la digestion se tendent. Arrêt de la production de salive, sensation d'assèchement de la bouche s'accompagnent d'une production de sueur au niveau du visage en réaction à l'élévation de la température corporelle. L'expression faciale de peur apparaît chez l'enfant entre cinq et sept mois [10].

- **La tristesse** Les signes de la tristesse sur le visage sont au niveau des yeux, une semifermeture des paupières, un regard fuyant ou partant vers le bas, des sourcils lourds et tombants. En fonction de l'intensité, la tristesse s'accompagne de pleurs qui seraient une résurgence d'un moyen d'expression utilisé par les nouveaux-nés pour exprimer un manque (nourriture ou sommeil chez le bébé, plutôt un manque de nature affective chez l'adulte). Les mouvements des paupières s'accompagnent d'une détente musculaire des joues, des lèvres. La bouche dessine un sourire inversé et est close. Les muscles du visage tombent en fait sous leur poids, donnant un visage tiré par le bas. Nous partageons l'expression de tristesse avec les mammifères organisés socialement. Elle se manifeste chez les animaux lors d'une séparation mère-enfant ou lors d'une défaite dans une lutte de rang [22].

- **Le dégoût** Les signes de dégoût incluent des gargarismes et une série d'effets de bouche précédant d'une expectation. Lèvre haute courbée en « ≈ », les coins des lèvres sont tournés et tirés vers le bas, saillie de la langue. Les sourcils se froncent à l'intérieur, la tête subit des secousses depuis la nuque et des tremblements de côté. Le nez, rarement actif dans les expressions est retroussé vers le haut, plissé sur le dessus, les narines sont ouvertes [13].

- **La joie** Le sourire est une marque de fabrique de l'expression de joie. Il peut s'accompagner de rires, de mouvement ineptes, d'une activité musculaire fébrile. La bouche forme un sourire qui peut laisser apparaître les dents. Les paupières sont largement ouvertes, la pupille est dilatée. Le sous-ensemble oeil joue toutefois un rôle moins important que les éléments du bas-visage, en particulier la bouche [19]. La joie est une émotion naturellement simulable, elle repose largement sur la bouche et l'utilisation des sourires, que nous apprenons tous à contrôler. L'expression de joie apparaît chez l'enfant entre 5 et 7 mois [10].
- **La colère** Exprimée sur le visage, la colère se caractérise par l'ouverture large de la bouche, comme pour mordre, et une tension des joues. Les yeux sont fixes, presque cachés par les sourcils, la tête suit le regard. Les sourcils jouent un rôle prédominant, ils sont froncés à l'intérieur, le repliement des sourcils entraîne la contraction de la peau du front qui forme un bourrelet au-dessus du nez. La respiration est forte et complète, les narines sont grandes ouvertes. La colère se manifeste chez les mammifères lors d'une lutte ou pour exprimer sa dominance (on parle alors de mimique de colère). L'expression de colère apparaît chez l'enfant entre 3 et 4 mois [10].
- **La surprise** La surprise ou l'étonnement se traduit par une élévation des sourcils, les yeux sont écarquillés, la bouche ouverte en rond, laissant paraître un léger sourire si la surprise est associée à un sentiment positif. S'il s'agit d'une association négative, la surprise se transforme en effroi (émotion composée, à mi-chemin entre la surprise et la peur) et en peur [12]. Il est difficile de décrire clairement les positionnements musculaires de la surprise, celle-ci se transformant inmanquablement en une autre émotion. Elle est considérée par Ekman comme une micro-expression, dont la dynamique est très importante, plus que la description statique des positions musculaires [26].

### 3.9 Conclusion

Beaucoup de recherches se font actuellement depuis le modèle de Scherer. A ces notions, il faut rajouter que l'on distingue les émotions ressenties des émotions exprimées [6] car un individu peut jouer avec ses émotions. Il peut les supprimer, les intensifier, les atténuer, les masquer ou les remplacer. De plus, les individus ressentent généralement plusieurs émotions en même temps. On distingue également les

émotions primaires des émotions secondaires [7]. Les émotions primaires sont des réactions innées comme la peur, ce sont des émotions générées selon une composante non cognitive, tandis que les émotions secondaires sont le résultat d'évaluations cognitives. Chaque théoricien a donné sa vision des émotions primaires, ce qui n'aide pas à arriver à un consensus.

### 3.10 Références

1. A. Achour, M. Le Tallec, S. Saint-Aime, B. Le Pevedic, J. Villaneau, J.-Y. Antoine, and D. Duhaut. Emotirob : From understanding to cognitive interaction. In *Mechatronics and Automation, 2008. ICMA 2008. IEEE International Conference on*, pages 369--374, Aug. 2008.
2. C. Adam and F. Evrard. Donner des émotions aux agents conversationnels. In *Workshop Francophone sur les Agents Conversationnels Animés*, pages 135--144, Grenoble, France, 2005.
3. C. Adam and F. Evrard. Galaad : a conversational emotional agent. Rapport de recherche IRIT/2005-24-R, IRIT, Université Paul Sabatier, Toulouse, 2005.
4. C. Adam, A. Herzig, and D. Longin. PLEIAD, un agent émotionnel pour évaluer la typologie OCC. *Revue d'Intelligence Artificielle, Modèles multi-agents pour des environnements complexes*, 21(5-6) :781--811, 2007.
5. R. Alami, I. Belousov, S. Fleury, M. Herb, F. Ingrand, J. Minguez, and B. Morisset. Diligent : Towards a human-friendly navigation system. In *IEEE-RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pages 2094--2100, 2000.
6. M. Arnold. *Emotion and personality*. Columbia University Press New York, 1960.
7. J. Bailenson, A. Beall, J. Blascovich, M. Raimundo, and M. Weishbush. Intelligent agents who wear your face : Users reactions to the virtual self,
8. C. Breazeal. *Designing Sociable Robots*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2002.
9. T. Bui. *Creating Emotions and Facial Expressions for Embodied Agents*. Thèse informatique, Center for Telematics and Information Technology, University of Twente, 2004.
10. J. K. Burgoon. *Nonverbal Communication : The Unspoken Dialogue*. Harpercollins College Div, 1989.
11. Damasio, A. R., & Damasio, H. (1994). Cortical systems for retrieval of concrete knowledge: The convergence zone framework. *Large-scale neuronal theories of the brain*, 61-74.
12. C. Darwin. *L'expression des émotions chez l'homme et les animaux*. Rivages poche - Petite bibliothèque, 1998.

13. C. Darwin. *The expression of the emotions in man and animals*. Oxford University Press, VUSA, 3<sup>e</sup> édition, 2002.
14. DataFace. Facial action coding system affect interpretation dictionary (facsaid). <http://www.face-and-emotion.com/dataface/facsaid/description.jsp>, Visité en 2015.
15. Ekman, P., & Friesen, W. V. (2003). *Unmasking the face: A guide to recognizing emotions from facial clues*. Ishk.
16. Ekman, P., & Friesen, W. V. (1986). A new pan-cultural facial expression of emotion. *Motivation and emotion*, 10(2), 159-168.
17. P. Ekman, W. V. Friesen, and S. Ancoli. Facial signs of emotional experience. *Journal of personality and social psychology*, 39(6) :1125--1134, December 1980.
18. P. Ekman and W. Friesen. *The repertoire of nonverbal behavior*. Mouton de Gruyter, 1969.
19. P. Ekman, W. V. Friesen, and S. S. Tomkins. Facial affect scoring technique : A first validity study. *Semiotica*, 3 :37--58, 1971.
20. N.H Frijd. (2004, April). Emotions and action. In *Feelings and emotions: The Amsterdam symposium* (pp. 158-173).
21. N.H Frijda. (1988). The laws of emotion. *American psychologist*, 43(5), 349.
22. J. Goodall and D. Hamburg. Chimpanzee Behavior as a Model for the Behavior of Early Man : New evidence on possible origins of human behavior. *New Psychiatric Frontiers*, volume 6 of *American Handbook of Psychiatry*, chapter 2, pages 14--44. Basic Books, New York, 1975.
23. C. E. Izard, R. R. Huebner, G. C. McGinnes, and L. M. Dougherty. The young infant's ability to express discrete emotion expressions. *Developmental Psychology*, 16 :132--140, 1980.
24. Izard, C. E. (1992). Basic emotions, relations among emotions, and emotion-cognition relations.
25. C. Jost. Expression et dynamique des émotions. application sur un avatar virtuel. Rapport de stage de master recherche, Université de Bretagne Sud, Vannes, Juin 2009.

26. D. Keltner, P. Ekman, G. C. Gonzaga, and J. Beer. Facial expression of emotion. In R. Davidson, K. Scherer, and H. Goldsmith, editors, *Handbook of Affective Sciences*, pages 415--431. Oxford University Press, 2003.
27. Lazarus, R. S. (1984). On the primacy of cognition.
28. Ortony, A. (1988). Are emotion metaphors conceptual or lexical?. *Cognition and Emotion*, 2(2), 95-104.
29. R. Picard. *Affective computing*. The MIT Press, 2000.
30. I. Roseman. Cognitive aspects of emotion and emotional behavior. In *87th Annual Convention of the American Psychological Association, New York*, 1979.
31. I. Roseman. (1984). Cognitive determinants of emotion: a structural theory. In P. Shaver (Ed.), *Review of Personality and Social Psychology, Vol.5, Emotions, relationships, and health* (pp. 11-36). Beverly-Hills, Sage.
32. Schachter, S., & Singer, J. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological review*, 69(5), 379.
33. Scherer, K. R. (2001). Appraisal considered as a process of multilevel sequential checking. *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*, 92(120), 57.
34. Scherer, K. R. (1984). On the nature and function of emotion: A component process approach. *Approaches to emotion*, 2293, 317.
35. K. R. Scherer and P. Ekman. *Handbook of methods in nonverbal behavior research. Studies in emotion and social interaction*. Cambridge University Press, New York, 1982.
36. Scherer, K. R. (1999). Appraisal theory. Dans T. Dalgleish, & M. Power, *Handbook of cognition and emotion*(pp. 637-663). Chichester: Wiley

# Chapitre 4

## Modèles computationnels des émotions

The question is not whether intelligent machines can have emotions, but whether machines can be intelligent without any emotions.

**Marvin Minsk**

### 4 Modèles computationnels des émotions

#### 4.1 Introduction

L'émotion est un phénomène physiologique considérée comme un facteur explicatif déterminant du comportement humain. Elle prend forme d'une manifestation psychologique interne qui se traduit par une réaction physique face à une situation. D'un point de vue physiologique, l'émotion est perçue comme une modification sur l'aspect physique de la personne, tandis que du point de vue cognitif, l'émotion représente l'influence à la prise de décision. L'un des objectifs des chercheurs est alors de doter les personnages virtuels d'une intelligence sociale qu'on appellera plus tard une intelligence émotionnelle pour interagir naturellement et aisément avec l'utilisateur. Cette intelligence émotionnelle est modélisée avec des modèles informatiques affectives basées sur des théories d'émotions de psychologie déjà présentée dans le chapitre précédents.

Ces modèles ont comme objectif d'améliorer la crédibilité des personnages virtuels, en leur donnant des moyens d'exprimer des émotions, ou de prendre en compte des facteurs émotionnels lorsqu'ils choisissent un comportement. Ces modèles peuvent aussi être un moyen d'expérimenter des théories psychologiques des émotions.

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons en particulier aux modèles informatiques qui simulent des catégories d'émotion, de sorte que ces catégories influencent le processus de sélection d'un comportement. Une majorité de ces modèles se fondent en tout ou en partie sur la théorie OCC [24], que nous avons présentée dans le chapitre précédent.

#### 4.2 Principes d'un modèle informatique des émotions

Les modèles manipulant des émotions sont des modèles qui simulent des variables représentant des catégories d'émotion. Ces modèles sont divisés en deux classes selon la représentation des émotions qu'ils adoptent. Les *modèles dimensionnels* utilisent des axes représentant des dimensions affectives, et font correspondre une catégorie d'émotion à une zone de cet espace dimensionnel [12]. Les *modèles discrets* représentent les émotions par des variables discrètes, souvent associées à une intensité

représentant leur niveau d'activation, c'est-à-dire à quel point une émotion est ressentie [10,23].

Dans leur article sur les modèles informatiques des émotions, S. Marsella *et al.* font une distinction entre ces deux types de représentation [17].

Ces modèles, profondément inspirés des théories psychologiques sur l'évaluation cognitive des émotions que nous avons déjà abordées, ont des caractéristiques communes.

Les agents ont des *croyances* sur leur environnement, et parfois des *buts* qu'ils souhaitent atteindre, ainsi que des *plans* leur permettant d'atteindre ces buts. Ces éléments rappellent le modèle BDI (Belief, Desire, Intention), une architecture fréquemment utilisée dans les systèmes multi-agents, dont certains modèles affectifs se réclament directement, comme EMA [14].

À la différence d'une architecture BDI classique, les modèles cognitifs affectifs manipulent des *variables affectives*. Un processus d'*évaluation* permet de déterminer une valeur pour ces variables, et elles influencent les *stratégies* choisies par un agent. Les modèles cognitifs se différencient par les variables d'évaluation, les variables affectives, et le type des stratégies qu'ils prennent en compte. Un grand nombre de ces modèles s'inspire de la théorie de l'évaluation cognitive OCC [24], du nom de ses auteurs Ortony, Clore et Collins, qui a été la première théorie psychologique pensée pour être utilisée dans le domaine de l'Intelligence Artificielle. Cette théorie permet de déterminer quelle est l'émotion ressentie par un agent, grâce à une classification établie sur des variables d'évaluation (chapitre 3). Elle a été implémentée pour la première fois par Elliott [10]. Les travaux précurseurs sur modèles affectifs cognitifs peuvent être illustrés par les travaux de Colby (1981) sur le modèle PARRY, et de Dyer sur les modèles BORIS [16], OpEd [22], et DAYDREAMER [1].

PARRY est un agent conversationnel paranoïaque créé et implémenté par le psychiatre Colby, l'agent dialogue avec des utilisateurs humains et interprète chaque phrase des utilisateurs en pensant être poursuivie par la mafia. A chaque fois qu'il détecte une intension malveillante, une émotion est activée. S'il s'agit d'une menace physique, l'émotion de peur est activée, s'il s'agit d'une menace psychologique, c'est

l'émotion de colère, et s'il s'agit des deux menaces à la fois, c'est l'émotion « méfiance » (*mistrust*). PARRY module l'agressivité de ses réponses verbales en fonction de l'état émotionnel dans lequel il se trouve.

Dyer a participé à la conception de 3 modèles successifs, chacun d'eux apportant un niveau de sophistication supplémentaire par rapport au précédent. Le premier modèle est BORIS [16], destiné à inférer des émotions à partir de textes narratifs. Ce modèle représente une émotion grâce à 6 attributs : l'*agent* qui ressent l'émotion, la *force* de l'émotion, la *polarité* de l'émotion (positive ou négative), les *attentes* d'un agent (satisfaites ou non satisfaites), le *statut* du but (atteint ou non atteint), et l'*agent vers qui l'émotion est dirigée*. Par exemple, une émotion de polarité positive, dirigée vers aucun agent, dont le but est atteint, mais dont les attentes sont non satisfaites correspond au « soulagement ». L'auteur du modèle ne limite pas la représentation des émotions à un ensemble défini. Il précise qu'il est possible de spécifier n'importe quelle émotion souhaitée, et que l'on peut même définir avec ces attributs des états pour lesquels il n'y aurait pas de mot correspondant dans le langage. Cette caractéristique le distingue des autres modèles, qui proposent généralement un ensemble d'émotions bien défini. OpEd [1], est une extension de BORIS permettant la représentation de croyances. DAYDREAMER [22], conçu à la suite d'OpEd, est un modèle affectif intégrant de la planification. Les buts sont divisés en deux parties : il y a les buts à long terme, comme réussir un entretien d'embauche, et les buts de contrôle (*control goals*), qui sont des conditions pour parvenir aux buts à long terme, comme se relaxer pour réussir cet entretien. Il existe 4 buts de contrôle qui sont :

1. **la rationalisation** : le but de rationaliser un échec afin de réduire l'impact d'un état émotionnel négatif ;
2. **la revanche** : le but d'empêcher un autre agent d'atteindre un but afin de réduire son propre agacement ;
3. **le retournement de succès ou d'échec** : le but d'imaginer un scénario avec un résultat opposé afin d'inverser la polarité d'un état émotionnel ;
4. **la préparation** : le but de développer des scénarios possibles pour déterminer les conséquences possibles d'une action.

Les modèles de Colby et Dyer sont fondés sur des principes qui vont être utilisés par une majorité de modèles affectifs développés par la suite : ils utilisent des variables d'évaluation mises à jour d'après les entrées du système, ces variables d'évaluation permettent d'activer des variables affectives, et les stratégies d'un agent sont influencées par ces variables affectives. On comprend donc que les trois grands enjeux pour les modèles cognitifs manipulant des variables émotionnelles sont : (i) la définition d'une représentation des émotions, (ii) la définition du déclenchement de ces émotions et (iii) l'influence de ces émotions sur un ensemble d'aspects comme les expressions faciales ou verbales, les stratégies cognitives permettant de réguler ces émotions, les manifestations physiologiques (*e.g.* rougir, trembler), et le comportement (*e.g.* confrontation, évitement).

### 4.3 Modèles computationnelles affectifs

Beaucoup de recherches ont démontré que les émotions influencent fortement nos fonctions cognitives telles que: la prise de décision [6], nos communications [21], ainsi que la perception et son interprétation [15, 4].

Toutes ces raisons mettent l'informatique affective au centre des recherches afin qu'un ordinateur soit capable de reconnaître, traiter et afficher des émotions. Des modèles computationnels émotionnels ont été proposés par des chercheurs pour qu'un agent soit capable de simuler une émotion. Parmi ces modèles calculatoires d'émotion, on cite :

- **Affective Reasoner**
- **Cathexis**
- **FLAME**
- **ParleE**
- **Greta**
- **EMA**
- **Coppélia**
- **FAtiMA**

#### 4.3.1 Affective Reasoner

*Affective Reasoner* est une plate-forme de simulation ayant pour but de simuler l'interaction sociale, implémentée dans un programme d'entraînement pour les

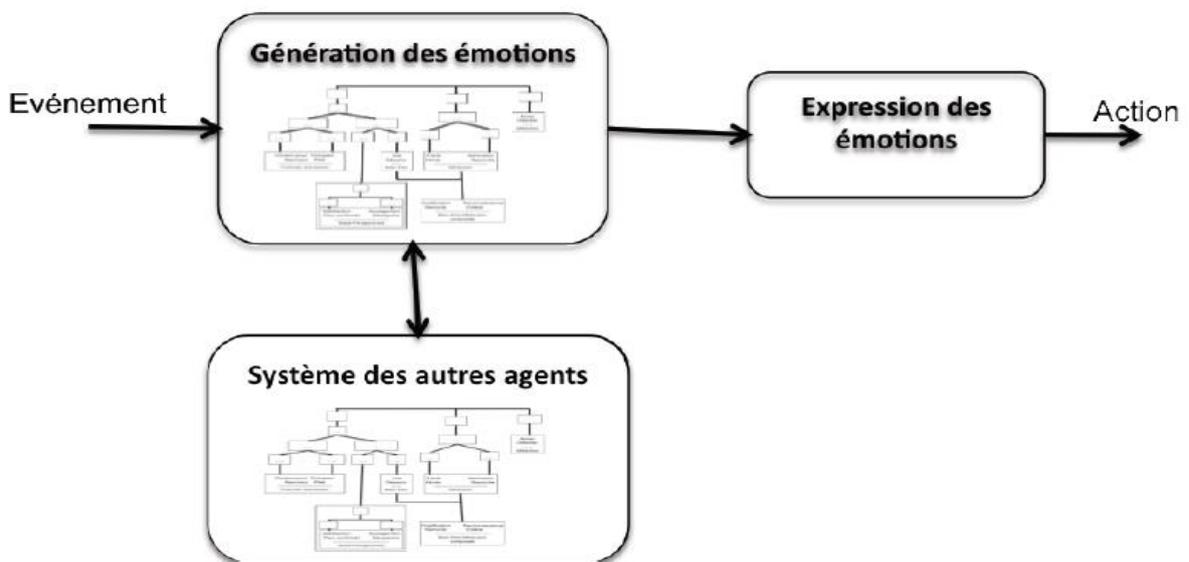
nouveaux vendeurs [9]. Ce programme simule plusieurs clients virtuels interagissant avec le vendeur humain.

Affective Reasoner est reconnu comme le premier travail qui intègre totalement le modèle d'Ortony [24], qu'il utilise pour construire un ensemble de règles de production de l'émotion. Un agent est constitué de trois composantes principales :

*Le générateur de l'émotion, l'expression émotionnelle, et le système des autres agents.*

Le *générateur de l'émotion* utilise un ensemble de règles de production de l'émotion (EECRs – Emotion Eliciting Condition Relations en anglais) basées sur la proposition d'Ortony, Clore et Collins. L'*expression émotionnelle* est la composante en charge de relier l'émotion aux comportements appropriés. Le *système des autres agents* prend l'émotion exprimée par les autres agents pour reconstruire les personnalités/préférences des autres agents, et donc aider le *générateur de l'émotion* dans le processus d'application des règles (un agent a besoin de ces informations pour faire le raisonnement sur *les conséquences de l'événement et l'action de l'agent*).

Chaque agent *client* intègre une instance d'Affective Reasoner permettant d'exprimer ses émotions au cours de l'interaction avec l'humain. Chaque agent a aussi des buts, des standards, des préférences, et une humeur représentant le personnage qu'il joue au cours de la simulation.



**Figure 22:** Principe de fonctionnement d'Affective Reasoner (Elliott, 1993)

### 4.3.2 Cathexis

Cathexis est un modèle des émotions basé sur la théorie des émotions basiques [33]. Le principe se base sur une classification par famille (c.à.d. chaque émotion appartient à une famille), et chaque famille a un seuil d'activation, un comportement approprié et surtout des événements d'activation.

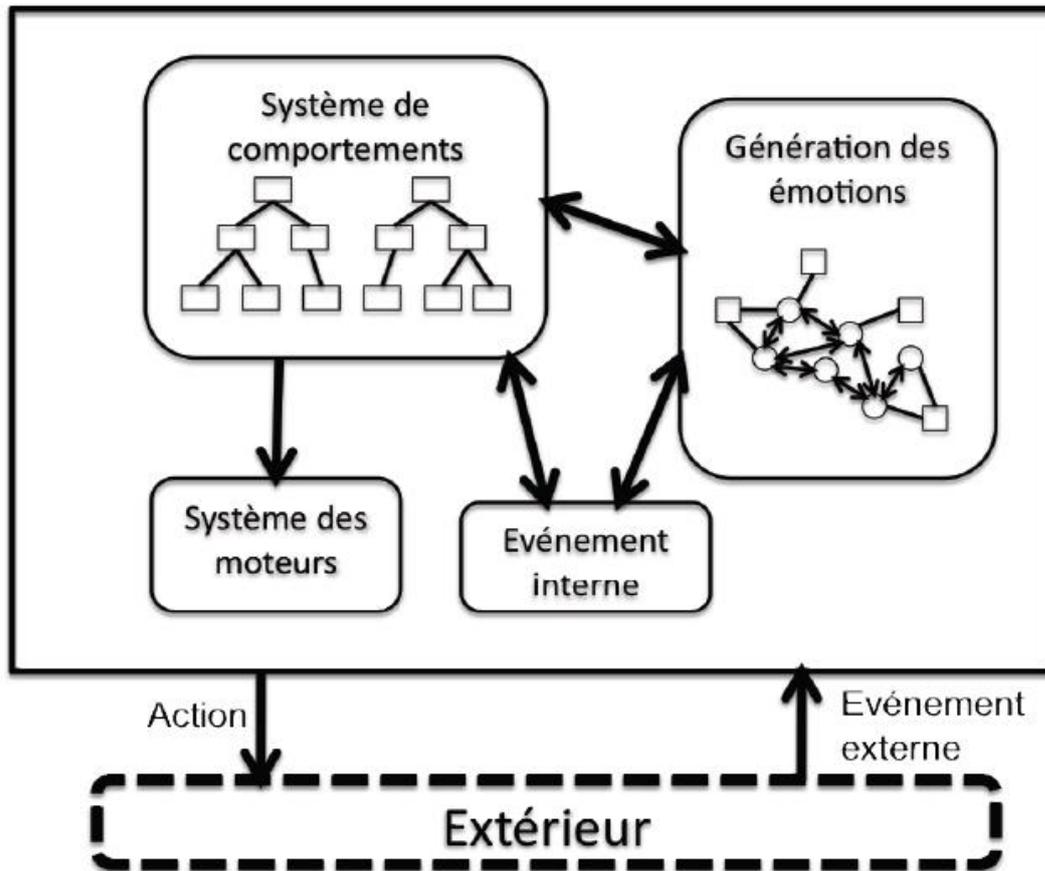


Figure 23: Architecture de Cathexis (Velasquez, 1997)

Le modèle Cathexis se compose de quatre systèmes. Le premier est un système de génération des émotions qui se charge de calculer l'intensité des émotions suite à un stimuli que le système perception détecte. Plusieurs émotions peuvent être déclenchées selon les événements capturés (une situation de stress, le système peut générer à la fois la colère et la peur). Un autre système qui active le comportement adéquat à l'émotion activée appelé système de comportement.

Dans Cathexis, les événements déclenchant de l'émotion sont classifiés en quatre catégories : *Neuronal*, *Sensorimoteur*, *Motivationnel*, et *Cognitif*. Cette classification est inspirée de la proposition d'Izard sur les types d'événements suscitant de l'émotion.

L'implémentation de ces quatre types d'événements dans Cathexis donne une grande flexibilité au système pour simuler différentes situations dans lesquelles sont suscitées les émotions humaines.

### 4.3.3 FLAME

FLAME est un modèle des émotions pour agents virtuels proposé [11]. Le modèle est composé de trois parties : Emotion (EC - Emotional Component en anglais), Comportement (DC - Decision-making Component en anglais), et Apprentissage (LC - Learning Component). Quand un événement se produisant dans l'environnement est capturé par la composante Comportement, il est transmis aux composantes Emotion et Apprentissage pour être analysé. La composante Apprentissage met à jour les attentes et les associations Événement-But de l'agent en fonction de la situation actuelle (perçue via l'événement). La composante Emotion analyse l'événement en fonction des buts de l'agent pour déterminer le comportement émotionnel à sélectionner pour répondre à la situation. Ce comportement est ensuite transmis à la composante Comportement pour l'exécution. Le processus émotionnel dans la composante Emotion (voir Figure 24) commence par l'évaluation du niveau de désirabilité de l'événement en fonction des buts de l'agent.

Puis une mise en correspondance est déclenchée pour déterminer la(les) émotion(s) appropriée(s) à l'événement. Cette mise en correspondance est basée sur le modèle OCC. Les émotions en sortie de la mise en correspondance sont ensuite filtrées en fonction des besoins physiologiques (i.e. les états motivationnels, comme la faim, la soif, le sommeil) et en fonction de l'humeur actuelle de l'agent.

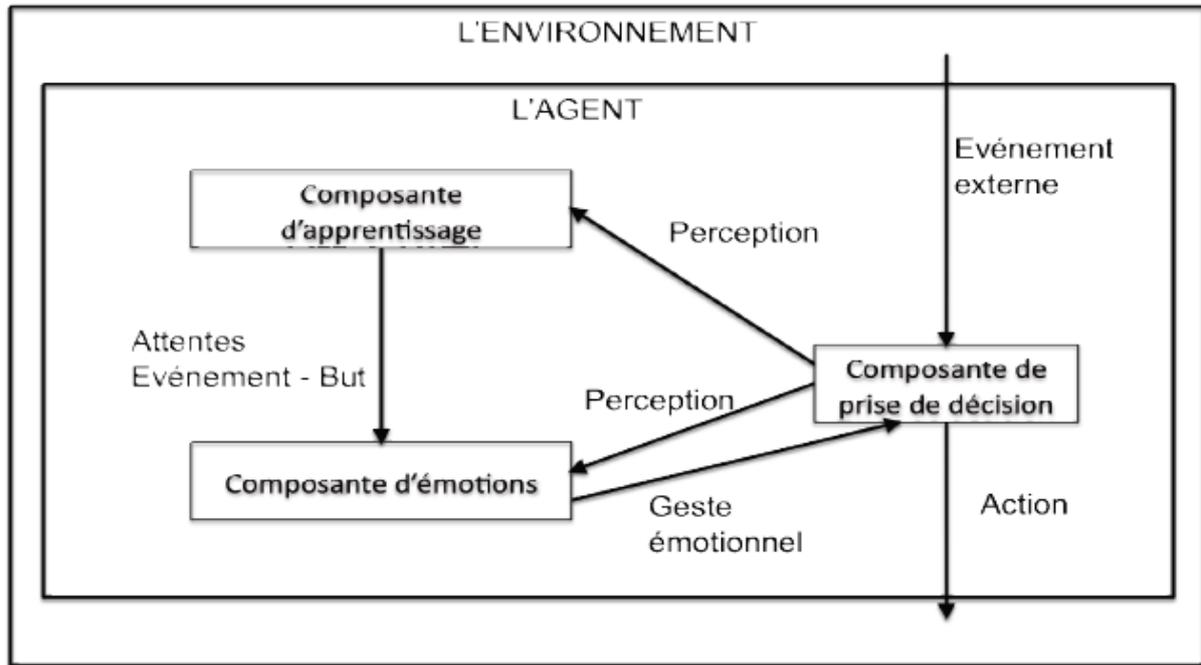


Figure 24: Architecture de FLAME [11]

Un état motivationnel fort peut inhiber une émotion ou vice versa. Par exemple, une faim très forte peut inhiber la peur d'être dans un lieu qui n'est pas familier. Et inversement, si la faim est faible, la peur peut être suscitée facilement. Après avoir choisi l'émotion appropriée à l'événement, une réaction est choisie pour exprimer l'émotion. Le choix de l'action dépend aussi de l'intensité de l'émotion, de l'événement et de l'interlocuteur.

Différentes actions sont définies notamment en fonction de l'intensité de l'émotion et en fonction de l'association de différentes émotions. Une peur très forte sera ainsi traduite en une action différente selon qu'elle s'exprime seule ou en association avec une colère modérée. Dans FLAME, l'émotion diminue également au cours du temps.

FLAME définit deux taux de diminution, l'un pour les émotions positives, et l'autre pour les émotions négatives, avec l'idée que les émotions négatives sont plus persistantes que les émotions positives.

L'originalité de ce travail réside notamment dans l'utilisation de la logique floue pour évaluer le niveau de pertinence (i.e. désirabilité) de l'événement avec le(s) but(s) de l'agent, et pour déterminer le comportement à sélectionner en fonction de l'intensité de l'émotion ressentie. De plus, les auteurs ont développé une capacité d'apprentissage

qui permet à l'agent de s'adapter aux changements dans l'environnement. Supposons que l'agent perçoive un événement qui lui fait du mal, être attaqué par un chien, par exemple. La prochaine fois que l'agent perçoit un chien

qui s'approche de lui, l'agent peut prédire le mal et donc ressentir peut-être la peur.

Mais s'il voit un chien qui s'approche sans lui faire de mal, l'agent peut mettre à jour sa connaissance en diminuant la possibilité d'avoir mal quand un chien s'approche.

### 4.3.4 ParleE

ParleE est un modèle des émotions qui implémente aussi la théorie OCC pour l'évaluation des événements [5]. Ce modèle se fonde sur l'utilisation des probabilités pour estimer l'impact d'un événement sur la réalisation des buts de l'agent et donc l'émotion correspondante ; le choix d'une action pour répondre à l'événement, ainsi que l'estimation de l'émotion des autres agents (dans un environnement multi agent) et des actions que ces derniers pourraient entreprendre sont également fondés sur des calculs probabilistes. Ces informations sur les autres agents servent à l'évaluation de l'événement, comme proposé par la théorie d'Ortony. ParleE incorpore le modèle de personnalité de Rousseau [31], dont chaque aspect affecte différentes composantes du modèle. Par exemple, l'aspect *Sentiment* reflétant la sensibilité détermine le seuil d'activation des émotions ; les aspects *Perception* et *Raisonnement* affectent la façon dont ParleE calcule l'attente et l'impact des événements sur les buts de l'agent ; l'aspect *Apprentissage* détermine la capacité d'apprentissage, et donc la capacité d'adaptabilité de l'agent.

Le processus émotionnel modélisé dans ParleE est présenté à la Figure 24. Le processus émotionnel se déclenche quand ParleE détecte un événement. Ce dernier est évalué tout d'abord par la composante d'évaluation des émotions (Emotion Appraisal Component en anglais) pour attribuer la valeur de probabilité des six variables suivantes : (1) Importance aux buts – estimer l'importance de l'événement par rapport à la réalisation des buts ; (2) Probabilité d'atteindre le(s) but(s) ; (3) Probabilité d'un événement à venir – estimer la probabilité qu'un événement se réalise dans l'avenir ; (4) Impact de l'événement sur le(s) but(s) de l'agent – estimer si l'événement est favorable à la réalisation des buts ou pas ; (5) Valeur sociale – pour évaluer l'action de

l'agent ; (6) Niveau d'amabilité – évaluer l'attractivité de l'objet ou de l'agent qui effectue l'action. En fonction de ces variables, un vecteur d'impulsion des émotions est calculé (EIV – Emotion Impulse Vector, en anglais). Ce vecteur contient l'intensité de toutes les émotions qui sont susceptibles d'être produites, déterminées selon le modèle OCC. L'intensité de chaque émotion est associée à une formule de mise à jour différente. Par exemple, l'intensité de l'espoir et de la peur est calculée en fonction de l'importance du ou des but(s) (variable 1) et de la probabilité d'atteindre ces buts (variable 2), tandis que la joie et la tristesse sont fortement reliées à l'impact de l'événement sur les buts (variable 4), à l'importance des buts (variable 1), et à la possibilité d'un événement à venir (variable 3). Le résultat de la composante d'évaluation des émotions est donc un vecteur EIV des émotions avec les intensités appropriées.

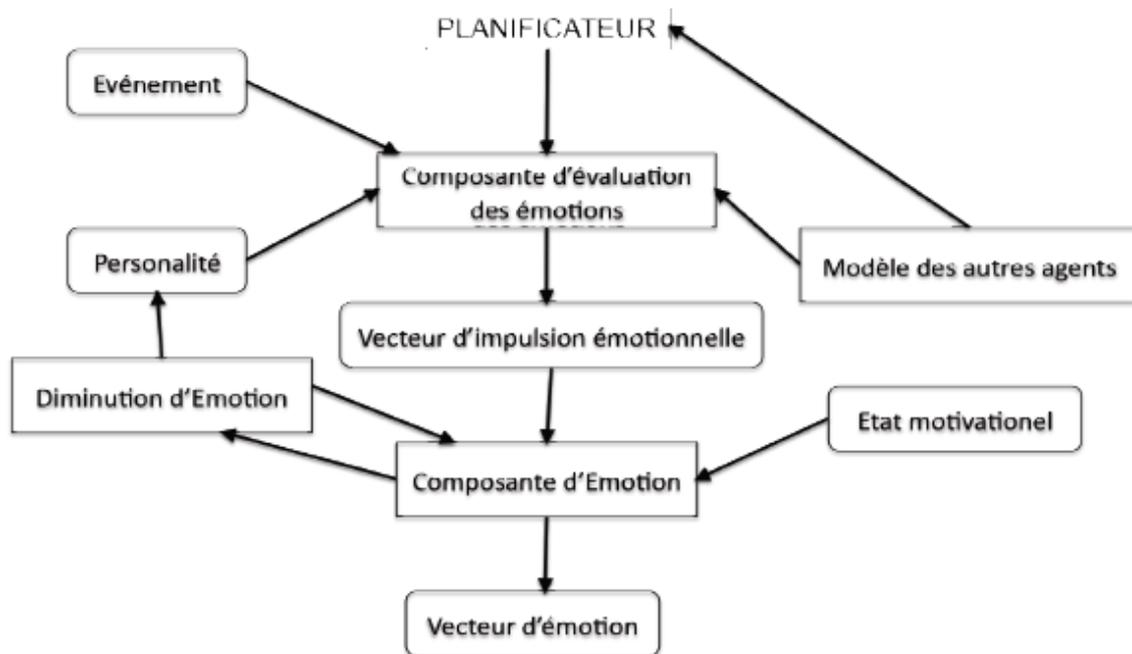


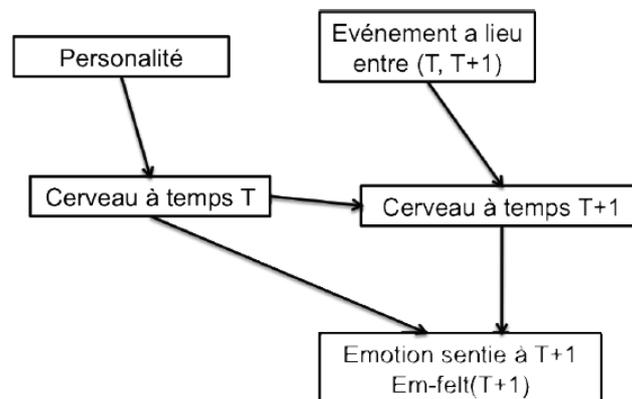
Figure 25: Architecture de ParleE

### 4.3.5 Greta

Greta est un agent émotionnel virtuel qui incorpore dans son fonctionnement un mécanisme d'activation de l'émotion en fonction de l'événement que l'agent a perçu [7]. Chaque agent dispose de trois composantes : un *cerveau* qui gère la connaissance,

les émotions et la personnalité de l'agent, via des *Réseaux Dynamiques de Croyances* ; un *marqueur de langue* qui traduit les émotions en balises expressives intégrées dans la parole de l'agent ; un *corps* qui exécute l'action de l'agent, c'est-à-dire parler et exprimer l'émotion de la manière définie par les balises.

Fondé sur le modèle agent BDI (Belief – Desire - Intention) [27] le cerveau de Greta est organisé de façon à représenter ses croyances, ses buts, et son plan d'action. L'émotion de Greta lors d'un événement est déterminée selon l'évaluation proposée par Ortony et al en prenant en compte le but de l'agent et sa personnalité. En fonction de son but, l'agent évalue ainsi l'événement en fonction des *conséquences de l'événement*, de *l'action de l'agent*, ou de *l'aspect de l'objet* pour déterminer quelle(s) émotion(s) susciter. La personnalité aide à définir la priorité que l'agent va associer à ces buts. Un agent égoïste donne ainsi une priorité élevée au but d'« *atteindre son bien-être dans l'avenir* » et active donc facilement la détresse et la peur. Par contre, un agent généreux donne une grande priorité au but d'« *atteindre le bien-être des autres* » et active donc facilement l'espoir, la joie/tristesse envers les autres.



**Figure 26:** Architecture des réseaux dynamiques de croyance de Greta

Dans Greta, plusieurs émotions peuvent coexister en même temps. A chaque pas de temps, chaque émotion met à jour son intensité en fonction de l'événement perçu.

Cette opération prend en compte deux critères : *l'incertain* indiquant la possibilité d'achever ses buts ; et *l'utilité* associée à l'achèvement de chaque but. Les émotions déjà existantes mais pas impactées par l'événement vont diminuer en intensité en

fonction du type d'émotion (par exemple la joie diminue plus vite que la tristesse) et en fonction de la personnalité de l'agent.

Dans Greta, l'événement perçu passe d'abord dans la composante *Cerveau* pour l'analyse et correspond à une évaluation en termes des possibilités d'achèvement de buts. Si l'événement est favorable aux buts de l'agent, alors l'évaluation sera positive, et vice versa. Cette évaluation se base sur le modèle OCC pour déterminer l'émotion en réponse à la situation, et l'intensité de cette émotion est calculée en fonction de son aspect plus ou moins favorable aux buts de l'agent.

### 4.3.6 Le modèle ALMA

À la différence du modèle *The Affective Reasoner* [10], qui utilise une représentation discrète des émotions, le modèle (Alma A Layer Model of Affect) [12] utilise aussi une représentation dimensionnelle. Ce modèle permet de représenter l'humeur d'un agent, qui est considérée comme un état affectif de plus longue durée qu'une émotion. Cette humeur est utilisée pour sélectionner des comportements expressifs ou verbaux, et permet donc de donner une cohérence dans le temps aux comportements sélectionnés par un agent, en évitant des changements de comportement trop abrupts.

Ce travail représente une contribution supplémentaire par rapport à la théorie OCC [24] et à son implémentation, *The Affective Reasoner*, que nous venons de présenter. L'auteur distingue trois types d'affect :

- **les émotions**, considérées comme un affect à court terme. Elles sont déclenchées à la suite d'un événement, d'une action, ou par un objet. Une fois qu'une émotion est activée, elle s'atténue et disparaît de l'attention de l'agent ;
- **les humeurs**, considérées comme des affects à moyen terme. Elles ne sont généralement pas reliées à un événement concret, une action ou un objet. Ce sont des états affectifs stables ;
- **la personnalité**, considérée comme un affect à long terme par l'auteur. Elle reflète les caractéristiques individuelles d'un agent.

L'activation et l'intensité des 24 catégories d'émotions représentées sont déterminées par le modèle cognitif OCC [24]. La représentation des humeurs est fondée

sur la théorie Plaisir, Activation et Dominance (PAD) de [20]. Les 5 traits de personnalité utilisés sont issus du modèle BigFive [19]. Ces traits sont :

- l'ouverture à l'expérience,
- la conscience,
- le névrosisme,
- l'agréabilité, et
- l'extraversion.

Le modèle ALMA prend en charge le calcul de l'humeur, et son influence sur les expressions comportementales et verbales de l'agent.

L'exemple donné par l'auteur implique deux agents virtuels, Sven qui est un étudiant, et Valérie son professeur. La tâche de Valérie est de fournir des informations sur la leçon du jour et de poser des questions. Dans un épisode de simulation, Sven est d'humeur hostile et Valérie est d'humeur relaxée. En raison de son humeur, Sven donne d'abord peu de réponses, et de façon sèche. Mais les encouragements de Valérie rendent peu à peu Sven exubérant, et cela le conduit à des réponses de plus en plus amicales.

Dans un autre exemple, l'auteur montre une image représentant le professeur dans une humeur hostile et dans une humeur relaxée, faisant face à la même situation. Sa posture, ses gestes et la façon de formuler ses phrases reflètent son humeur actuelle et son émotion dominante.

### 4.3.7 EMA

Le modèle EMA (EMotion and Adaptation) [18] prend en charge l'évaluation cognitive d'une situation, et l'influence de cette évaluation sur la sélection de *stratégies d'adaptation*. L'objectif principal des auteurs du modèle est de simplifier certaines théories psychologiques existantes sur l'évaluation cognitive, comme celles de [28, 32].

Ces théories utilisent plusieurs niveaux parallèles de processus d'évaluation, et d'après Marsella et Gratch [13] ces différents niveaux compliquent inutilement les processus d'évaluation. Dans le modèle EMA [18], l'évaluation et l'inférence sont des processus distincts intervenant à un même niveau : la représentation mentale qu'un agent se fait de la situation. Les auteurs font une différence entre la construction de cette

représentation, qui peut être lente et séquentielle, et son évaluation, qui est rapide, parallèle et automatique. Les concepteurs du modèle souhaitent qu'EMA puisse générer des prédictions pouvant être comparées aux véritables réactions de sujets humains. Ils envisagent, dans la tradition de l'Intelligence Artificielle, la simulation informatique comme un moyen d'évaluer les théories psychologiques. Ce modèle utilise une représentation discrète des émotions, permettant de sélectionner des expressions faciales. Le modèle EMA est inspiré du travail de Smith et Lazarus [29] sur le processus émotionnel, en particulier de la stratégie du faire face dans le cadre de situations stressantes. Ce modèle implémente un processus émotionnel en deux étapes:

1. évaluer la relation individu – environnement.
2. choisir une stratégie d'action face à la situation.

Tandis que la première étape sert à évaluer l'événement en fonction des buts, des croyances et du plan d'action de l'agent, la deuxième consiste à débarrasser l'agent des situations dans lesquelles ses buts sont en conflit.

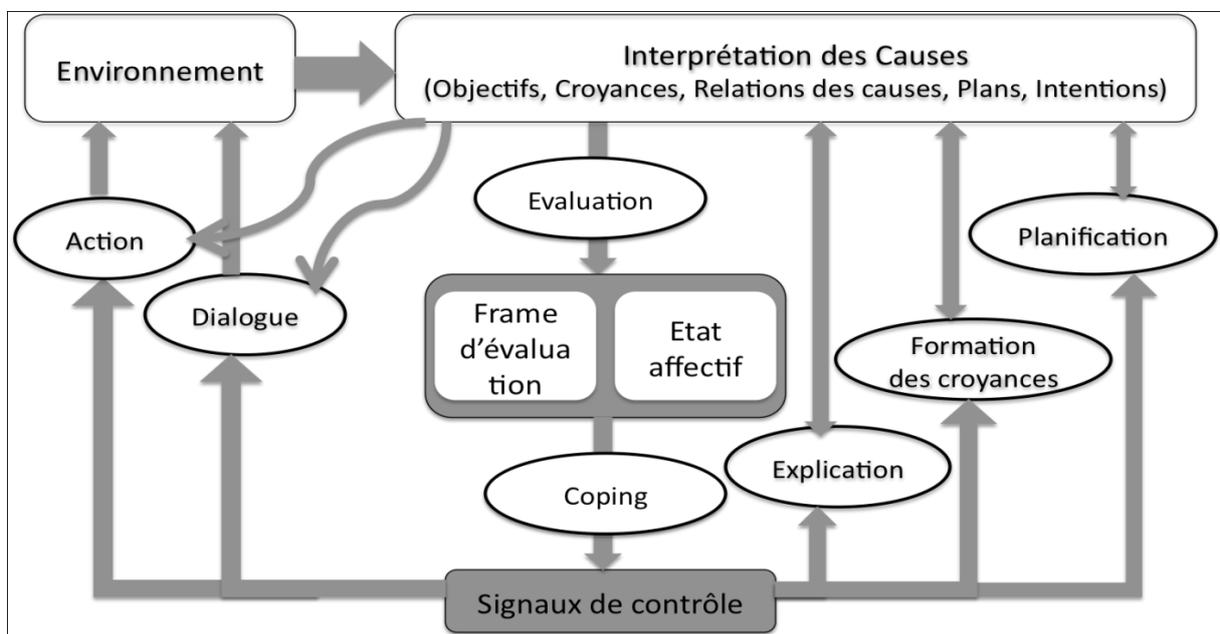


Figure 27: EMA (EMotion and Adaptation)

La Figure 28 présente le mécanisme de fonctionnement d'un agent incorporé EMA.

Chaque événement perçu par l'agent va d'abord passer la première étape : évaluer la relation individu - environnement. Dans cette étape, l'agent évalue l'événement en fonction de sept variables :

- **perspectives** pour mesurer l'impact de l'événement sur lui-même et les autres agents dans la situation.
- **pertinence** mesure comment l'événement est relié aux buts de l'agent.
- **désirabilité** mesure la valence de l'événement en fonction des préférences de l'agent.
- **Vrai semblance** mesure la certitude de l'événement.
- **attribution causale** détermine qui est en charge de l'occurrence de l'événement
  - (pour accuser/admirer).
- **contrôlabilité** mesure la capacité de l'agent à résoudre le problème associé à l'événement.
- **volatilité** mesure la possibilité que la situation va changer sans intervention de la part de l'agent.

L'attribution de valeurs à ces variables donne à l'agent une vue globale sur la situation actuelle. L'événement déjà évalué via les six variables est ensuite utilisé par l'agent pour choisir une stratégie afin de faire face à la situation (coping), pour résoudre le problème associé à l'événement. Normalement, si l'événement est favorable pour l'agent et son plan d'action, l'agent n'a qu'à exécuter son plan.

Mais si l'événement impacte négativement la réalisation des buts de l'agent ou affecte négativement les autres agents, l'agent lui-même doit faire une réévaluation de la situation, soit orientée émotions, soit orientée problème pour se débarrasser de la situation de stress.

EMA a été déployé dans un simulateur des situations de stress (comme les incendies, les opérations médicales, les missions de secours lors des catastrophes naturelles, etc).

Les agents dans ce simulateur sont implémentés avec EMA pour avoir une capacité de reproduire les comportements humains dans ces situations.

### 4.3.8 Coppélia

Coppélia est une intégration de trois modèles (CoMERG, EMA, et I-PEFiC AD[26]). Le deuxième modèle a déjà été présenté dans la partie 4.3.7 du même chapitre.

#### 4.3.8.1 CoMERG

Le modèle se base sur la théorie de Gross pour déclencher un processus de régulation des émotions. Selon Gross, la régulation émotionnelle comprend toutes les stratégies conscientes et inconscientes que nous utilisons pour augmenter, maintenir ou diminuer un ou plusieurs composants d'une réaction émotionnelle.

Les composants qu'il juge sont :

- (1) la composante *expérientielle*, (le sentiment subjectif de l'émotion),
- (2) la composante *comportementale* (réponses comportementales),
- (3) la composante *physiologique* (réponses telles que le rythme cardiaque et respiration).

Les humains utilisent des stratégies pour influencer le niveau de la réponse émotionnelle à un type donné de émotion, par exemple, d'empêcher une personne d'avoir un niveau de réponse trop élevé ou faible.

#### 4.3.8.2 I-PEFiC

I-PEFiC a été utilisé pour modéliser le comportement affectif des robots comme un module de prise de décision.

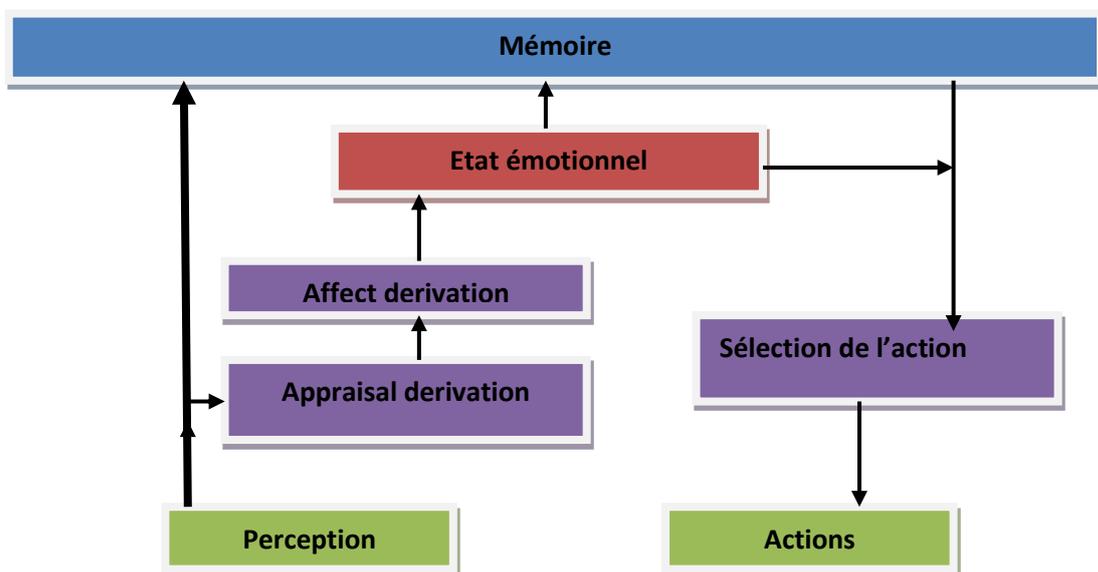
### 4.3.9 FAtiMA

Afin de modéliser les comportements émotionnels des agents, (Dias, Mascarenhas, & Paiva, 2011) ont proposé FAtiMA (Fearnot AffecTIve Mind Architecture) [8].

Cette architecture a été étendue dans plusieurs travaux de recherche pour simuler différents phénomènes émotionnels pour les agents virtuels. Les chercheurs trouvent qu'il est nécessaire de redéfinir l'essentiel de l'architecture pour modéliser la capacité émotionnelle pour les agents intelligents. Ils ont donc clarifié, dans [8], les fonctionnalités importantes du processus modélisé dans FAtiMa, appelé FAtiMACore.

FAtiMA Core modélise le processus émotionnel en deux étapes : Dérivation Cognitive (Appraisal Derivation en anglais), et Dérivation Affective (Affect Derivation en anglais). La Dérivation Cognitive se charge de faire l'association de l'événement perçu avec des variables de l'évaluation cognitive, comme celles proposées dans OCC ou bien les théories de K. Scherer sur des émotions.

Les variables de cette évaluation peuvent être le niveau de désirabilité, de nouveauté, ou de danger, etc. Ensuite, la Dérivation Affective détermine l'émotion en fonction des valeurs des variables données par la Dérivation Cognitive. La deuxième phase d'association peut se baser aussi sur le modèle OCC ou de Scherer.



**Figure 28:** Architecture FAtiMA Core [8]

Par exemple, si le niveau de désirabilité d'un événement est élevé, la joie peut être reproduite. Dans FAtiMA Core, la Dérivation Cognitive peut faire aussi de la réévaluation sur l'événement déjà traité, qui va donc changer la valeur des variables cognitives précédemment attribuées à l'événement.

Ce changement déclenchera une réévaluation au niveau de la Dérivation Affective, qui entrainera peut-être des changements de réponse émotionnelle envers un événement. Par exemple, un événement initialement évalué comme indésirable peut être réévalué comme désirable. Dans ce cas, la détresse initialement ressentie peut être changée en joie. D'ailleurs, l'évaluation de chaque phase du processus émotionnel dans FAtiMA Core est différentielle, c'est-à-dire que l'événement est évalué en boucle et le résultat

de l'évaluation (i.e. les valeurs des variables cognitive ou l'émotion en sortie) est généré à différents moments. Ce dernier point explique aussi l'effet de la réévaluation présenté précédemment. Du point de vue de l'implémentation, FATiMA Core est intégré dans une architecture appelée FATiMA Modular. Elle est conçue en ajoutant des composants à FATiMA Core. Par exemple, dans le cas de FearNot!, six composants ont été ajoutés.

La Dérivation Cognitive a été assistée par deux composants : Réactive Component et Délibérative Component. Le premier composant analyse l'événement en fonction des variables Désirabilité, Désirabilité Pour Les Autres, Admirabilité, Amabilité. Le deuxième composant analyse l'événement en fonction des variables suivantes :

Etat Des Buts, Favorabilité Aux Buts, Probabilité Atteinte Buts. Le composant OCC Derivation Affective est ajouté pour prendre en charge la généralisation des émotions en fonction des valeurs des variables cognitives résultant de l'analyse cognitive (conduite par les deux composants Réactive Component et Délibérative Component). De plus, Motivationnel Component, Theory of Mind Component, et Cultural Component sont aussi ajoutés pour modéliser respectivement l'influence de la motivation, de l'humeur, et du standard social sur le processus émotionnel de l'agent virtuel.

### 4.4 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les principes des modèles informatiques manipulant des variables affectives, et détaillé le fonctionnement de ces modèles qui consistent en deux phases : une *phase montante* permettant de déterminer quel état affectif est ressentie par un agent à l'aide d'un raisonnement, et une phase descendante, consistant à appliquer les effets de l'émotion ressentie sur la sélection d'action. Ces modèles permettent à un agent de simuler des comportements expressifs (voix, visage, posture), et lui donnent le moyen d'interpréter une situation avec une émotion, afin de communiquer l'état émotionnel ressenti. Cependant, nous avons constaté que la configuration de ces variables affectives peut être une tâche difficile.

### 4.5 Références

1. S.J. Alvarado, M.G. Dyer et M. Flowers : *Editorial comprehension in oped through argument units*. UCLA Computer Science Department, 1986.
2. Aylett, R., Vannini, N., Andre, E., Paiva, A., Enz, S., & Hall, L. But that was in another country: agents and intercultural empathy. In : *Proceedings of The 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems- Volume 1*. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems, p. 329-336,Amesterdam , 2009.
3. Aylett, R. S., Louchart, S., Dias, J., Paiva, A., & Vala, M. FearNot!-an experiment in emergent narrative. In *International Workshop on Intelligent Virtual Agents* (pp. 305-316). Kos, Greece , September, 2005.
4. A. L. Bouhuys, G. M. Bloem, and T. G. G. Groothuis. Induction of depressed and elated mood by music influences the perception of facial emotional expressions in healthy subjects. *Journal of Affective Disorders*, 33(4):215-226, 1995.
5. Bui, T., Heylen, D., Poel, M., & Nijholt, A. (2002). An adaptive plan-based event appraisal model of emotions. *KI 2002: Advances in Artificial Intelligence*, 2002, vol. 2479, p. 129-143.
6. A. Damasio. *DESCARTES'ERROR: Emotion, Reason, and the Human Brain*. *Optometry & Vision Science*, 1995, vol. 72, no 11, p. 847-848.
7. De Rosis, F., Pelachaud, C., Poggi, I., Carofiglio, V., & De Carolis, B. From Greta's mind to her face: modelling the dynamics of affective states in a conversational embodied agent. *International journal of human-computer studies*, 59(1), 81-118, 2003.
8. Dias, J., Mascarenhas, S., & Paiva, A. (2014). Fatima modular: Towards an agent architecture with a generic appraisal framework. In *Emotion Modeling* (pp. 44-56).
9. C. Elliott et Greg Siegle : Variables influencing the intensity of simulated affective states, AAI Technical Report SS-93-05. AAI Press. Menlo Park, CA, 1993.

10. C. Elliott : *The affective reasoner : a process model of emotions in a multi-agent system*. Northwestern University Institute for the Learning Sciences: Northwestern, IL, vol. 48, 1992.
11. El-Nasr, M. S., Yen, J., & Ioerger, T. R. Flame—fuzzy logic adaptive model of emotions. *Autonomous Agents and Multi-agent systems*, vol. 3, no 3, p. 219-257, 2000.
12. P. Gebhard : ALMA : a layered model of affect. *In International joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pages 29–36. ACM, 2005.
13. J. Gratch and S. Marsella. Tears and fears: modeling emotions and emotional behaviors in synthetic agents. In *AGENTS '01: Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents*, pages 278–285, New York, NY, USA, 2001. ACM Press.
14. J. Gratch et S. Marsella : A domain-independent framework for modeling emotion. *Cognitive Systems Research*, 5(4):269–306, 2004.
15. J. B. Halberstadt, P. M. Niedenthal, and J. Kushner. Resolution of lexical ambiguity by emotional state. *Psychological Science*, 6(5):278–282, September 1995.
16. W.G. Lehnert, M.G. Dyer, P.N. Johnson, CJ Yang et S. Harley : Boris ?an experiment in in-depth understanding of narratives. *Artificial Intelligence*, 20(1):15–62, 1983
17. S. Marsella, J. Gratch et P. Petta : Computational models of emotion. *A Blueprint for an Affectively Competent Agent : Cross-Fertilization Between Emotion Psychology, Affective Neuroscience, and Affective Computing*, 2010.
18. S.C. Marsella et J. Gratch : EMA : A process model of appraisal dynamics. *Cognitive Systems Research*, 10(1):70–90, 2009.
19. McCrae, R. R., & John, O. P. An introduction to the five-factor model and its applications. *Journal of personality*, 60(2), 175-215, 1992.
20. Mehrabian, A. Pleasure-arousal-dominance: A general framework for describing and measuring individual differences in temperament. *Current Psychology*, 14(4), 261-292, 1996.
21. A. Mehrabian and M. Wiener. Decoding of inconsistent communications. *Journal of personality and social psychology*, 6(1):109–114, 1967.

22. E.T. Mueller, M.G. Dyer *et al.* : Daydreaming in humans and computers. In *Proceedings of the Ninth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 18–24, 1985.
23. M. Ochs, N. Sabouret et V. Corruble : Modeling the dynamics of non-player characters' social relations in video games. In *Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, 2008.
24. Ortony, G. L. Clore et A. Collins : *The cognitive structure of emotions*. New York : Cambridge University Press, 1988
25. Poggi, I., Pelachaud, C., de Rosis, F., Carofiglio, V., & De Carolis, B. Greta. a believable embodied conversational agent. In *Multimodal intelligent information presentation* (pp. 3-25). Springer Netherlands, 2005.
26. Pontier, M., & Siddiqui, G. F. Silicon Coppélia: Integrating three affect-related models for establishing richer agent interaction. In *Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies, 2009. WI-IAT'09. IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on* (Vol. 2, pp. 279-284),2009.
27. Rao, A. S., & Georgeff, M. P. (1991). Modeling rational agents within a BDI-architecture. *KR*, vol. 91, p. 473-484, 1991
28. C.A. Smith., & Kirby, L. D. Putting appraisal in context: Toward a relational model of appraisal and emotion. *Cognition and Emotion*, 23(7), 1352-1372, 2009.
29. C.A. Smith et R.S. Lazarus : *Emotion and adaptation*. Oxford University Press on Demand, 1991.
30. Rodrigues, S. H., Mascarenhas, S. F., Dias, J., & Paiva, A. (2009, September). "I can feel it too!": Emergent empathic reactions between synthetic characters. In *Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops*,(pp. 1-7), Amsterdam, 2009.
31. Rousseau, D., & Hayes-Roth, B. (1996). *Personality in synthetic agents*. Technical Report KSL-96-21, Stanford Knowledge Systems Laboratory.
32. Scherer, K. R., Schorr, A., & Johnstone, T. (Eds.). (2001). *Appraisal processes in emotion: Theory, methods, research*. Oxford University Press.
33. J. D .Velsquez,. (1997). Modeling emotions and other motivations in synthetic agents. In *AAAI* (Vol. 97, pp. 10-15), 1997.

# Chapitre 5

## Contributions et validations

# Partie I

## Le modèle FATiMA

### 5 Contributions et validations

#### 5.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présentons le modèle computationnel d'émotion FATiMA développé à ce jour pour créer des agents exprimant des émotions.

FATiMA (FearNot Affective Mind Architecture) est une architecture flexible nous permettant de créer des agents autonomes et crédibles avec des émotions, et nous permet aussi d'implémenter et comparer les différentes réactions d'un agent durant un scénario. [20]

Fatima est une architecture d'agents qui prévoit des capacités pour utiliser les émotions et la personnalité. Au cours des dernières années, l'architecture a été utilisée dans plusieurs scénarios. Fatima est un modèle cognitif, qui permet la conception d'agent autonome.

Les émotions dans FATiMA sont basées sur des agents BDI. Initialement, elle a été créée pour contrôler le raisonnement des agents dans FearNot! Lors d'un projet appelé VICTEC qui incite les enfants à combattre le harcèlement dans les cours d'écoles. Une version modulaire a été développée pour faciliter son utilisation.

Fatima est basée notamment sur le modèle OCC, les agents évaluent chaque événement en fonction de leurs principes, buts et personnalité.

Il est important de mentionner que Fatima applique également sa propre stratégie qui est basée sur le changement de l'interprétation du monde et qui permet de baisser les fortes émotions négatives. Ce mécanisme fait partie de la couche délibérative Fatima qui se base sur un ensemble d'actions à exécuter pour atteindre l'état souhaité du monde. L'adaptation axée sur l'émotion est utilisée pour changer l'interprétation de l'agent de circonstances lorsque un plan spécifique ou une action échoue dans l'intention d'atteindre ou de maintenir un objectif souhaité un désengagement mental est appliquée.

#### 5.2 Les émotions dans FATiMA

Le concept d'émotions dans FATiMA est inspiré par la théorie de l'évaluation cognitive des émotions (OCC) qui définit les émotions de façon binaire (bonne ou mauvaise)

pour faire face à une situation. Le tableau 5.1 montre les différentes caractéristiques d'une émotion lors dans le modèle FATiMA:

En plus de l'émotion, le modèle génère également l'humeur de l'agent, qui peut être influencée par les émotions et qui est liée à la valence. Par exemple, si l'humeur de l'agent est mauvaise, il aura tendance à exprimer des émotions négatives et vice versa.

L'humeur influence également l'intensité. Si l'humeur est mauvaise elle augmente l'intensité des émotions négatives et diminue celles des émotions positives.

### 5.3 La personnalité dans FATiMA

Elle est également inspirée par la théorie OCC et est définie par un ensemble de règles comme ceci :

- **Goals (buts) :** Ils se divisent en deux :
  - ✓ Active poursuit Goals -> Des buts pouvant être atteints : Aller chez le dentiste.
  - ✓ Interest Goals -> Des buts qui ne peuvent pas être atteints, car ils peuvent être imprévisibles : Vouloir que son équipe favorite gagne.
- **Les règles de réactions émotionnelles (Emotional reactions rules) :** Déterminent la subjectivité du processus d'évaluation cognitive (l'appraisal process) , elles sont fortement liées à la personnalité de l'agent.
- **Les actions tendances (Action tendencies) :** Représente les actions impulsives de l'agent avec un état émotionnel particulier correspondant à un ensemble de « reactions rules ».
- **Seuil de l'émotion (Emotional thresholds) :** Lorsqu'un événement se produit, l'émotion présente dans l'appraisal process n'est pas forcément ressentie par un agent, elle se déclenche dans l'état émotionnel de l'agent seulement si son intensité dépasse le seuil défini. Avec la notion du seuil, il est possible d'avoir deux agents différents avec les mêmes buts, le même comportement, le même événement, mais une réaction différente face à ce dernier, ils ressentent des émotions différentes. L'intensité finale est donnée par la différence entre l'intensité initiale et le seuil de l'émotion comme suit :

$$\text{Intensity}(\text{em}) = \text{Intensity}(\text{em}, t_0) - \text{EmotionThreshold}(\text{em})$$

<b>Type</b>	<b>Le type de l'émotion ressentie (joie, tristesse, colère...)</b>
<b>Valence</b>	Positive ou négative
<b>Target</b>	A qui l'émotion est adressée (valable que pour certaines émotions)
<b>Cause</b>	La situation qui a causé cette émotion
<b>Intensity</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le degré de l'émotion : généralement une émotion ne dure pas éternellement et commence à s'estomper après un moment donné.</li> <li>La fonction de régression de Picard :  <math display="block">\text{Intensity}(\text{em}, t) = \text{Intensity}(\text{em}, t_0) \cdot e^{-bt}</math> </li> </ul> <p>Calcule l'intensité d'une émotion (em) à un moment donné (t) à partir de l'intensité initial (<math>t_0</math>) par rapport à la vitesse à laquelle l'émotion s'estompe (b).</p>
<b>Time-stamp</b>	Le moment où l'émotion a été générée ( $t_0$ dans la fonction de Picard)

**Tableau 3:** Caractéristiques d'une émotion

**Exemple :**

Imaginons un scénario mettant en action quatre agents (A, B, C, D) :

L'agent A est chef d'entreprise, l'agent B est son adjoint, l'agent C est la femme de l'agent A et l'agent D est l'assistante de l'agent A. L'événement qui se produit est le décès de l'agent A. Nous obtenons les réactions suivantes :

- L'agent B se réjouit (Il va enfin prendre les commandes de l'entreprise)
- L'agent C est malheureux (Elle vient de perdre son époux)
- L'agent D est inquiet (Elle va peut-être perdre son boulot)

Nous concluons que pour le même événement, des émotions différentes peuvent être ressenties par les agents présents dans le scénario même si toutefois ils sont appelés à ressentir la même émotion que l'agent C, en sachant que les intentions et les réactions émotionnelles sont différentes.

### 5.4 L'architecture

L'architecture du modèle est basée sur deux niveaux. Le premier appelé la couche réactive (Reactive Layer) qui est responsable des réactions émotionnelles et le comportement. Tandis que la couche délibérative (Deliberative Layer) précède la décision prise par l'agent et parvient à déterminer le comportement de l'agent dirigé par ses buts. Le modèle se compose aussi de deux composantes mémoires :

- Base de connaissances (Knowledge base) : Stocke les règles sémantiques sous forme de propriétés à propos du monde qui l'entoure.
- Mémoire autobiographique (Autobiographic Memory) : Gère les événements précédents pour construire l'expérience de l'agent. La figure 29 illustre l'architecture du modèle cognitif FATiMA.

#### 5.5 5.4.1 Niveau réactif (Reactive layer)

##### 5.5.1 5.4.1.1 Evaluation réactive (Reactive Appraisal)

Il est basé sur un ensemble de réactions émotionnelles prédéfinies, qui intervient lors d'un événement pour générer rapidement des émotions en s'inspirant du modèle OCC.

Le modèle utilise trois variables (Les plus utiles) :

- **Desirability** : Indique si la situation est bonne ou mauvaise pour l'agent (Son intérêt envers la situation) et se mesure sur une plage  $[-10/10]$  où  $-10$  représente une indifférence totale envers une situation,  $10$  son intérêt et  $0$  lorsqu'il est neutre.
- **DesirabilityForOther** : c'est la désirabilité envers les autres agents.
- **Praiseworthiness** : C'est l'aptitude de l'agent à juger si une situation est reprochable ou non. Cette évaluation est subjective, elle est liée aux éthiques de

l'agent. C'est-à-dire que deux agents ayant des éthiques différentes ne vont pas considérer une situation de la même façon.

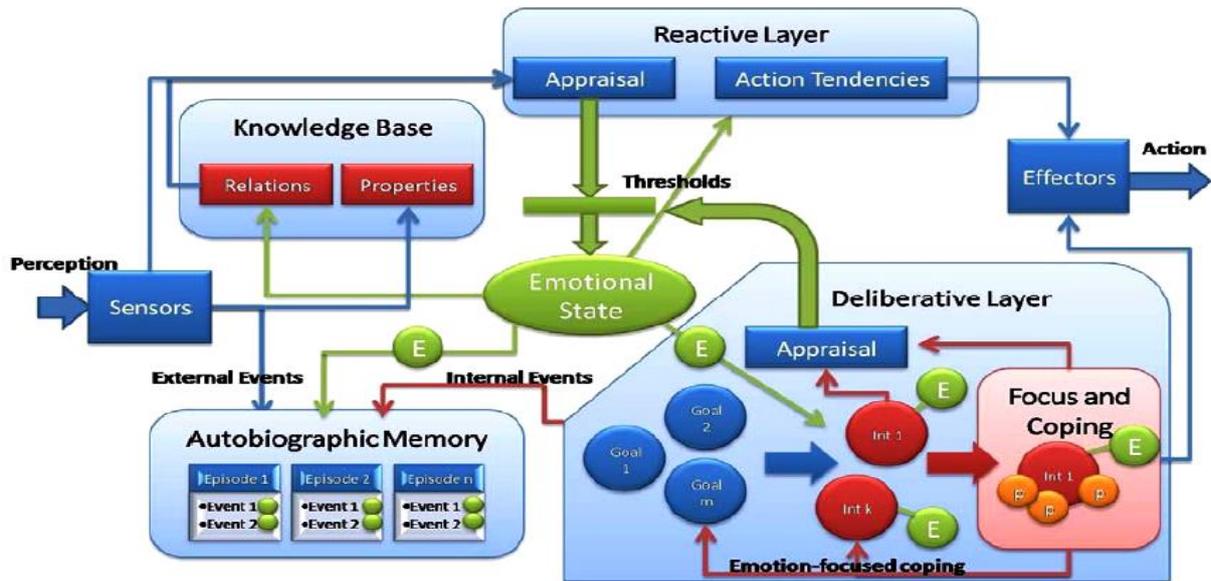


Figure 29: Architecture de FATiMA

Le tableau 4 montre une représentation de réaction dans une situation donnée avec les caractéristiques qui lui sont associées :

**Reaction Rule**

- Event** : Une situation donnée
- Subject** : Celui qui a effectué l'action
- Action** : La réaction envers la situation
- Target** : La cible
- Parameters** : Informations supplémentaires sur l'action

**Appraisal variables**

- Desirability** : val [-10/10]
- DesirabilityForOther** : val [-10/10]
- PraiseWorthiness** : val [-10/10]

Tableau 4: Représentation d'une situation

Dans le « reactive appraisal » il existe également d'autres variables qui sont dérivées des trois variables que nous avons cités auparavant (Desirability / DesirabilityForOther / PraiseWorthiness). Ces variables supplémentaires sont :

- **Well being emotions (L'émotion de bien être) :**

Elle dépend de la variable Desirability, si la valeur de celle-ci est positive alors elle génère une émotion positive et vice versa.

- **Attraction emotions (L'émotion des affinités) :**

Quand un agent aime un autre, la valeur (like) est positive donc l'émotion amour est activée et vice versa. Cette émotion peut se produire par la simple action de l'aperçu, dès que l'agent aperçoit un agent qu'il apprécie elle se déclenche et cette action est similaire dans le cas contraire.

- **Attribution Reaction :**

La réaction qui en suit dépend de la variable PraiseWorthiness, lorsqu'il s'agit d'une action effectuée par l'agent, dans ce cas il éprouve soit de la confusion ou de la honte, soit de la fierté. D'autre part, si l'action est effectuée par un autre agent en face de lui, il peut éprouver de l'admiration envers cet agent tout comme il peut éprouver du mépris.

PraiseWorthiness	Action subject	
	Self	Other
Positive	Pride	Admiration
Negative	Shame	Reproach

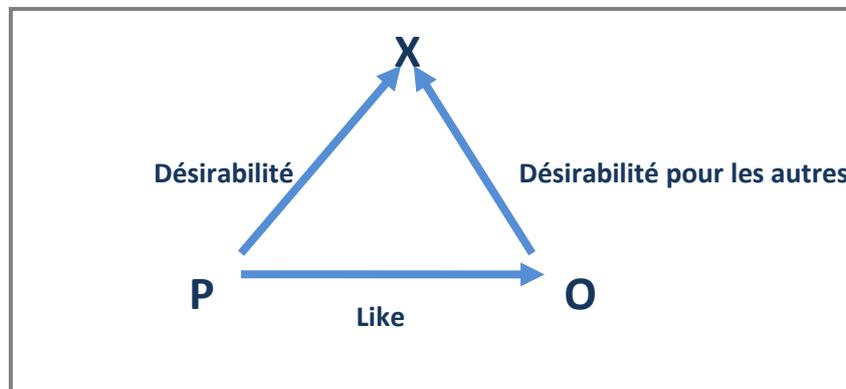
**Tableau 5:** Attribution reaction en rapport avec "PraiseWorthiness"

- **Fortune Of Others emotions :**

Il s'agit de prendre en considération la relation « like » entre deux agents impliqués dans une même situation, en correspondant la variable « Desirability » et « DesirabilityForOther » des agents par rapport à la situation.

Telle est la théorie d'équilibrage du psychologue Fritz Heider, qui montre comment un individu développe des relations avec les autres ou avec des objets de son environnement.

Cette théorie est représentée par le triangle  $P-O-X$  où  $P$  représente l'individu à analyser,  $O$  une entité opposée (personne) et  $X$  un événement ou un objet provenant d'un événement. Comme illustré ci-dessous :



**Figure 30:** Théorie d'équilibrage

Le but étant maintenant de comprendre les relations entre les trois entités ( $P/O$  -  $P/X$  -  $O/X$ ). Chaque relation est caractérisée par l'un des deux signes positif / négatif (+ ou -) et l'équilibre résulte de la multiplication de ces signes.

Généralement une relation d'équilibre est dite stable lorsqu'il s'agit de situations générant des + partout ou (un + et deux -). Sinon elle est dite instable.

### Exemple de situation :

Supposons que  $P$  représente un père,  $O$  son fils (un petit garçon) et  $X$  un cadeau offert à l'occasion de la fête des pères. Ci-dessous la représentation de la situation avec les variables correspondantes à chaque relation, ainsi que la représentation du triangle  $P-O-X$ .

Le résultat de cette relation est un équilibre instable, car dans notre cas le cadeau offert ( $X$ ) par le petit garçon ( $O$ ) est un cendrier, le père ( $P$ ) étant non fumeur, il est évident que le cadeau n'est pas apprécié par celui-ci.

Dans cette situation la variable « Desirability » prend la valeur la plus inférieure possible, toutefois lors du calcul de la variable « FortuneOfOther », elle est appelée à changer car elle sera influencée par la relation « like » entre ( $P$ ) et ( $O$ ).

Et enfin la variable « FortuneOfOther » est la moyenne de la valeur absolue des deux variables « FinalDesirability » et « DesirabilityForOther » :

- **Emotions combinées (Compound emotions) :**

Le modèle OCC comporte 4 combinaisons d'émotions créées chacune à l'aide d'une fusion de certaines émotions. Ces émotions sont responsables de l'actualisation des relations interpersonnelles avec d'autres agents et constituent un FeedBack qui permet à l'agent de réaliser les effets d'un événement sur son bien être.

Emotions combinées	Base Emotions
Gratification	Joy + Pride
Gratitude	Joy + Admiration
Remorse	Distress + Shame
Anger	Distress + Reproach

**Tableau 6:** Les émotions combinées

### 5.5.1.1 Sélection de la réaction en fonction de l'action

Le niveau réaction de l'architecture du modèle se charge d'examiner la situation pour déterminer quelle réaction il devra exécuter, puis teste si toutes les « pré-conditions » sont réunies pour l'exécuter. Ceci concerne les actions impulsives de l'agent avec un état émotionnel particulier correspondant à un ensemble de règles d'action définies par les propriétés suivantes :

Attribut	Description
Nom	Identifiant de l'action
Pré-conditions	Un ensemble de conditions qui doivent être vérifiées pour exécuter l'action
Eliciting Emotion	L'émotion qui déclenche cette action

**Tableau 7:** Propriétés définissant une règle d'action

Pendant la phase du « coping » le niveau réactif commence par déterminer quelles actions devront être exécutées. Ceci s'effectue par le test des pré-conditions, si elles sont toutes vérifiées alors l'action peut être vérifiée. L'ensemble des actions qui en résultent est lié (en utilisant l'attribut Eliciting Emotion) à toutes les émotions dans l'état émotionnel de l'agent.

Par exemple, La règle d'action qui suit représente un lien positif si l'agent ressent un angoisse causée par un autre agent qui le pousse et l'intensité minimum de l'émotion est égale à 5.

<b>Reaction rule</b>
<b>Action :</b> Cry
<b>Preconditions :</b> --
<b>Eliciting emotion :</b>
<b>Type :</b> Distress
<b>MinIntensity :</b> 5
<b>Événement-cause :</b> push

**Tableau 8:** Exemple d'une tendance à l'action

Tel illustré dans l'exemple, l'attribut Eliciting emotion est composé de trois propriétés :

- Le type de l'émotion ;
- L'intensité minimum : la valeur minimum de l'intensité nécessaire afin d'activer l'action ;
- L'événement-cause : l'événement qui cause l'émotion.

A la dernière étape de ce processus, l'ensemble des règles avec des liens positifs est utilisé pour sélectionner l'action qui devra être exécutée. La règle d'action démarquée par la plus intense des émotions est sélectionnée pour être exécutée. Si plusieurs règles d'actions sont sélectionnées (déclenchées par la même émotion), celle qui se démarque le plus sera privilégiée. Lorsqu'une tendance à l'action est sélectionnée et exécutée, elle sera temporairement désactivée afin d'éviter une redondance de comportement.

### 5.5.2 Niveau délibératif (Deliberative Layer)

Le système du niveau délibératif est un planificateur d'émotions en continu qui marche en fonction des buts et intentions de l'agent. Sachant qu'un but est un paramètre important dans la personnalité de l'agent.

#### 5.5.2.1 Buts et intentions

L'architecture FAtiMA utilise deux types de but du modèle OCC :

- **Active-pursuit goals**

Attribut	Description
Id	L'identifiant du but
Pré-conditions	Une liste de conditions devant être vérifiées afin d'activer le but
SuccessConditions	Une liste de conditions qui détermine la réussite d'un but
FailureConditions	Une liste de conditions qui détermine l'échec d'un but
ImportanceOfSuccess	L'importance de réussite d'un but
ImportanceOfFailure	L'importance d'échec d'un but

**Tableau 9:** Attributs de l'active-pursuit goals

Les pré-conditions représentent un ensemble de conditions qui sont constamment vérifiées par le niveau délibératif, pour déterminer le but qui est actif et prêt à être réalisé. Les conditions de réussite représentent un état donné dans l'environnement que l'agent souhaite atteindre. Lorsque ces conditions sont vérifiées le but est considéré comme étant atteint. Par contre si les conditions d'échec sont vérifiées pendant que le but est actif il échoue automatiquement et l'intention de réalisation du but disparaît. Le modèle OCC distingue l'importance de succès du but et l'importance de son échec. Supposons que l'agent a comme but de respirer, même s'il réussit à atteindre ce but il ne ressentira pas une grande satisfaction, par contre rien que l'idée de penser à l'échec de ce but peut provoquer une angoisse.

- **Interest goals**

Contrairement au type de but précédent, le but d'intérêt n'a pas de pré-conditions ni de conditions de réussite ou d'échec, puisqu'il n'est pas appelé à être actif ou inactif.

Il possède un autre attribut « ProtectedCondition » qui symbolise un état donné de l'environnement qui doit être protégé, par exemple tous les agents peuvent avoir le but d'être en bonne santé, la santé devra alors être protégée.

Un agent peut avoir comme but de se nourrir, ce but sera activé lorsqu'il aura faim et lorsqu'il apercevra quelque chose de mangeable. Si l'agent aperçoit une pomme, le processus d'activation va générer une intention spécifique de vouloir simplement manger la pomme.

Attribut	Description
Id	L'identifiant du but
ProtectedConditions	Une liste de conditions devant être préservées
ImportanceOfSuccess	L'importance de réussite d'un but
ImportanceOfFailure	L'importance d'échec d'un but

**Tableau 10:** Attributs de l'interest goals

Les buts dans FATiMA correspondent aux désirs dans l'architecture BDI, les intentions sont les mêmes. Lorsque les conditions d'activation d'un but sont vérifiées, une intention d'atteindre le but est générée dans la structure. Une intention est donc composée des attributs suivants:

Attribut	Description
Goal	Le but que l'agent souhaite atteindre
Emotions	Les émotions générées par l'intention

Plans

Une liste d'étapes prévues pour atteindre l'intention

**Tableau 11:** Attributs de l'intention

### 5.5.2.2 Evaluation délibérative (Deliberative appraisal)

Le niveau délibératif possède un cycle d'exécution continu qui est responsable d'appeler les processus d' « appraisal » et de « coping » appropriés. Le cycle cognitif commence par commander l'exécution des actions sélectionnées. Le niveau délibératif associe chaque action à un ensemble d'effets qui peuvent être liés à une probabilité donnée. Après cela, il vérifie l'activation des nouveaux buts et ajoute les nouvelles intentions à la structure.

L'étape suivante consiste à sélectionner l'intention à partir de l'ensemble des intentions actives, sachant que l'intention qui génère l'émotion la plus forte est celle qui requiert le plus d'attention. Une fois l'intention la plus forte est sélectionnée, le planificateur génère les « prospect base emotions » :

- **Hope** : L'espoir de réaliser l'intention. L'intensité de l'émotion est déterminée à partir de l'importance de succès du but ainsi que la probabilité de réussite du plan.
- **Fear** : La peur de ne pas pouvoir réaliser l'intention. L'intensité de l'émotion est déterminée à partir de l'importance d'échec du but ainsi que la probabilité d'échec du plan.
- **Fear** : La peur de ne pas pouvoir préserver un but d'intérêt.

Ainsi, l'émotion la plus forte entre **Hope** et **Fear** généré par l'intention est appelée l'émotion dominante.

## 5.6 Création d'un modèle cognitif

FAtiMA met à notre disposition uniquement les composantes principales pour la modélisation d'un comportement intelligent de l'agent. Lorsqu'il s'agit de la création d'un modèle cognitif pour une application spécifique, il est nécessaire de spécifier le comportement en entier incluant :

- Les différentes émotions avec le seuil d'activation et la valeur de régression (decay) qui leurs correspondent, tous définies manuellement pour créer une personnalité propre à chaque agent.
- Les buts que l'agent à l'intention d'atteindre, définis par l'importance de réussite ou d'échec.
- Les réactions émotionnelles face à un événement.
- Les tendances à l'action.
- Ainsi qu'une liste d'actions à sélectionner afin de d'apercevoir les réactions.

### 5.6.1 La personnalité de l'agent

Il s'agit d'un fichier XML devant contenir toutes les émotions que l'agent peut ressentir, définies par un seuil d'activation qui peut se différencier d'une émotion à une autre tout comme d'un agent à un autre. Ainsi que la valeur de régression.

```
<Character role="Inene">
  <EmotionalThresholds>
    <EmotionalThreshold emotion="Love" threshold="3" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Hate" threshold="3" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Hope" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Fear" threshold="2" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Satisfaction" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Relief" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Fears-Confirmed" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Disappointment" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Joy" threshold="3" decay="1"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Distress" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Happy-For" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Pitty" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Resentment" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Gloating" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Pride" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Shame" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Gratification" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Remorse" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Admiration" threshold="3" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Reproach" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Gratitude" threshold="1" decay="5"/>
    <EmotionalThreshold emotion="Anger" threshold="2" decay="5"/>
  </EmotionalThresholds>
</Character>
```

Figure 31: Représentation d'un agent.

Ce fichier contient également la liste des buts propres à chaque agent, définis par leur importance de succès et d'échec.

```
<Goals>
  <Goal name="Accept([target])" importanceOfSuccess="4" importanceOfFailure="3" />
</Goals>
```

**Figure 32:** Un but défini par l'importance de succès/échec

Les actions que l'agent peut expérimenter ou subir sont définies à l'aide des variables « desirability » « desirabilityForOther » ainsi que « Praiseworthiness ». Ces variables peuvent nous aider à définir si l'action est bonne ou mauvaise par rapport à l'agent.

Et enfin, les tendances à l'action qui représentent l'action engendrée par l'émotion ressentie, si cette dernière atteint au minimum l'intensité spécifiée.

```
<EventReactions>
  <!-- Emotional reactions to seeing someone crying -->
  <EmotionalReaction desirability="3" praiseworthiness="3">
    <Event action="Accept" target="SELF"/>
  </EmotionalReaction>
  <EmotionalReaction desirability="-3" praiseworthiness="-3">
    <Event action="Reject" target="SELF"/>
  </EmotionalReaction>
</EventReactions>
```

**Figure 33:** Deux actions engendrant des réactions en fonction des variables

« Desirability » et « Praiseworthiness »

# PARTIE II

## La régulation émotionnelle.

### 5.7 Introduction

La personnification consiste à donner aux machines qui nous entourent des propriétés et une apparence humaine avec des émotions et une personnalité. Le rôle des émotions dans la création d'agents virtuels n'est désormais plus à prouver depuis le livre fondateur de Picard sur l'Informatique Affective [22]. Notre recherche sur cette thèse se focalise sur la régulation émotionnelle. Tout comme pour les émotions, on distingue la régulation des affects (Larsen, Priznic, 2004), la régulation des humeurs (Parkinson, Totterdell, Briner, Reynold, 1996 ; Thompson, 1994), la régulation du stress ou du coping (Lazarus, 1966, 1993 ; Lazarus, Folkman, 1984a), la régulation des émotions (Gross, John, 2002 ; Gross, Muñoz, 1995 ; Gross, Thompson, 2007) ou encore la régulation des défenses psychologiques (Freud, 1926/1995). La régulation des affects constituerait, selon Gross et Thompson (2007), la catégorie sur-ordonnée regroupant l'ensemble de ces processus de régulation. Nous porterons, ici, notre attention sur les divergences et similitudes de deux conceptions : la régulation des émotions selon Gross (1998a, 2002 ; Butler, Gross, 2004 ; Gross, Muñoz, 1995) et la régulation du stress ou le coping selon Lazarus (1966 ; Lazarus, Folkman, 1984a).

### 5.8 Concept de la gestion émotionnelle

On parle le *coping* appelé aussi stratégie d'ajustement, pour désigner la façon de s'ajuster aux situations difficiles avec un ensemble d'opérations cognitives inconscientes à seule finalité de réduire ou d'éliminer tout ce qui peut susciter de l'anxiété. Ce concept a été élaboré par Lazarus et Launier en 1978 pour définir le rôle important des styles de *coping* pour gérer des événements stressants et les émotions générées, tels que l'anxiété, la dépression et la souffrance psychologique. (Billings & Moos, 1981, 1984 ; Coyne, Aldwin, & Lazarus, 1981 ; Endler, 1988 ; Endler & Parker, 1990 ; Pearlin & Schooler, 1978 ; Ray, Lindop, & Gibson, 1982).

Le *coping* est défini par Lazarus et Folkman, comme l'ensemble organisé des efforts cognitifs et comportementaux d'une personne pour s'ajuster à des situations menaçante et difficiles ou à maîtriser, réduire ou tolérer les exigences internes ou externes qui menacent ou dépassent les ressources d'un individu (une douleur ou une perte). Aspinwall, Hill, Leaf, 2002 ; Lazarus, Folkman, 1984a ; Miller, Kaiser, 2001 ; voir aussi Zeidner, Endler, 1996. Le coping aide à anticiper et détecter une situation de stress potentiels et aide à l'aménager (par exemple, prévenir, minimiser ou contrôler).

La figure 34 représente une vue d'ensemble de ce modèle (d'après Rolland, 1998).

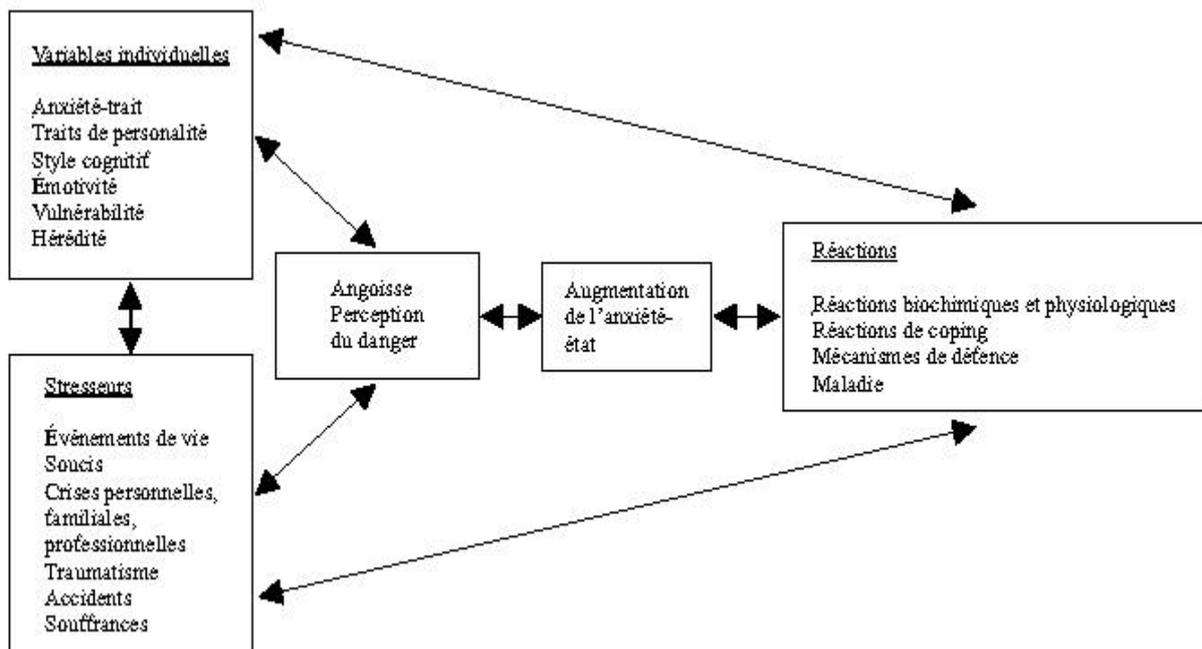


Figure 34: situation de stress.

Le coping au niveau du modèle FATiMA se situe au niveau de la couche délibérative. Cette couche possède un cycle d'exécution continu qui est responsable d'appeler les processus d'« appraisal » et de « coping » appropriés. Le cycle cognitif commence par commander l'exécution des actions sélectionnées. Le niveau délibératif associe chaque action à un ensemble d'effets qui peuvent être liés à une probabilité donnée. Après cela, il vérifie l'activation des nouveaux buts et ajoute les nouvelles intentions à la structure.

Le *Coping* axé problématique qui agit sur le monde des agents pour faire face à une situation se compose d'un ensemble d'actions à exécuter pour faire face à une situation et se compose d'un ensemble d'actions à exécuter pour atteindre l'état du monde souhaité.

Le *Coping* axé émotions qui est utilisé pour changer l'interprétation des circonstances de l'agent. Quand une action ou un plan spécifique échoue dans l'intention d'atteindre ou maintenir un objectif souhaité, un désengagement mental est appliqué. Ce dernier fonctionne en réduisant l'importance de l'objectif, qui à son tour réduit l'intensité des émotions négatives déclenchées lorsqu'un but n'est pas atteint.

### 5.8.1 La régulation des émotions

L'intérêt soudain pour la régulation émotionnelle a été amorcé par la publication, en 1998, d'un modèle théorique formalisant les différents processus de régulation proposé par Gross et ses collaborateurs, s'appuyant sur un modèle d'émergence des émotions (Gross, 1998). La régulation va au-delà d'une motivation pour éviter des affects désagréables pour ressentir du plaisir. Elle se déclenche pour des raisons pro-sociales, face à des reproches ou pour se conformer aux traditions et les coutumes sociales. Les gens contrôlent aussi ce qu'ils ressentent afin de protéger les sentiments des autres. Ce sont les normes affectives qui indiquent comment répondre de manière appropriée, à quel moment, par qui et avec quelle intensité et fréquence. Ces normes sont spécifiques aux cultures, aux situations et au genre (Mikolajczak & Desseilles, 2012).

### 5.8.2 Définition

Ce modèle définit la régulation émotionnelle comme un processus grâce auquel les individus ont la possibilité d'influencer la nature de leurs émotions (positive ou négative) (Gross, Richards, John, 2006) de façon naturelle ou contrôlée, consciente ou non, lors d'un ressenti émotionnel. (Gross et coll., 2006). Plus précisément, ces processus recouvrent les différentes combinaisons qu'il est possible d'établir entre la nature de l'influence exercée (Maintien, Augmentation ou Atténuation) et la valence hédonique de l'émotion ressentie (Agréable, Désagréable).

Ainsi, différentes formes de régulation peuvent être distinguées telles que:

- L'atténuation des émotions désagréables,
- Le maintien ou l'augmentation des émotions agréables,
- Le maintien ou l'augmentation des émotions désagréables, et enfin
- L'atténuation des émotions agréables.

Chez Gross (2001), la régulation émotionnelle est fondée sur une conception dynamique et multi composante des émotions. Selon cette conception, les émotions surgiraient en réponse à des situations évaluées comme importantes pour l'organisme ; elles impliqueraient des changements d'ordre subjectif, comportemental, neurophysiologique, et seraient modulées grâce à des mécanismes psychologiques avec

lesquels elles seraient en étroite interaction. Dans la formulation de son modèle, Gross précise que le concept de régulation émotionnelle doit être compris comme une « régulation des émotions » et non comme une « régulation par les émotions ».

La régulation des émotions peut prendre plusieurs formes :

- lorsque les émotions s'expriment de façon explosive ou impulsive.
- lorsqu'elles sont inhibées et trop contrôlées.
- lorsque la personne a le réflexe de fuir les situations qui provoquent l'émotion.
- lorsqu'elles deviennent un état affectif permanent pénible (dépression).

Parce qu'elle mobiliserait des processus conscients et non conscients, et ne viserait pas la seule réduction des affects négatifs, la régulation émotionnelle n'est pas assimilée au Coping, c'est-à-dire aux pensées et aux comportements mobilisés consciemment pour faire face aux situations de stress.

Les processus de régulation émotionnelle qui diffèrent du *Coping*, mobilisent des processus conscients et non conscients pour diminuer ou amplifier les réponses émotionnelles. La régulation émotionnelle n'est qu'une réponse adaptative motivée.

### 5.8.3 Les stratégies d'une régulation émotionnelle

Gross et Muñoz (1995) distinguent deux catégories de stratégies de régulation de l'émotion :

1. Antecedent-focused strategies : celles qui prennent pour cible les antécédents de la réponse émotionnelle c à d, pendant le processus d'émergence de la réponse.
2. Response focused strategies : celles qui consistent à modifier au moins l'une des trois composantes – physiologique, cognitive et motrice – de la réponse émotionnelle, après qu'elle ait été générée.

Sur la base de cette dichotomie, cinq stratégies distinctes de régulation positive ou négative des émotions se déclenchent de manière séquentielle. Les quatre premières

consistant à agir sur les antécédents de la réponse émotionnelle – c'est-à-dire– les données en entrée du processus de traitement émotionnel et la cinquième consistant à agir sur cette réponse elle-même.

Ces cinq modes de régulation peuvent être automatiques ou contrôlés, conscients ou non (Gross, Richards, John, 2006) et sont définis comme suit :

- **Sélection de la situation** : c'est la possibilité de sélectionner les situations auxquelles la personne fait face pour augmenter l'émotion désirée et prendre la situation en main.
- **Modification de la sélection** : elle permet à l'individu d'employer plus d'efforts pour modifier directement sa situation actuelle dans le but d'influencer son impact de l'émotion.
- **Déploiement attentionnel** : Face à une situation, Le déploiement attentionnel se réfère à ce que l'individu influence ses émotions en dirigeant sa situation actuelle en sélectionnant des stimuli sur lesquels son attention se concentre.
- **Réévaluation cognitive** : cette stratégie pourrait, enfin, modifier le traitement cognitif de la situation auxquelle elle est exposée pour changer sa signification émotionnelle.
- **Suppression expressive** : cette stratégie est centrée sur les conséquences de cette réponse émotionnelle – c'est-à-dire la modification d'au moins une des composantes de la réponse émotionnelle (Gross, 1998a ; Gross, John, 2003).

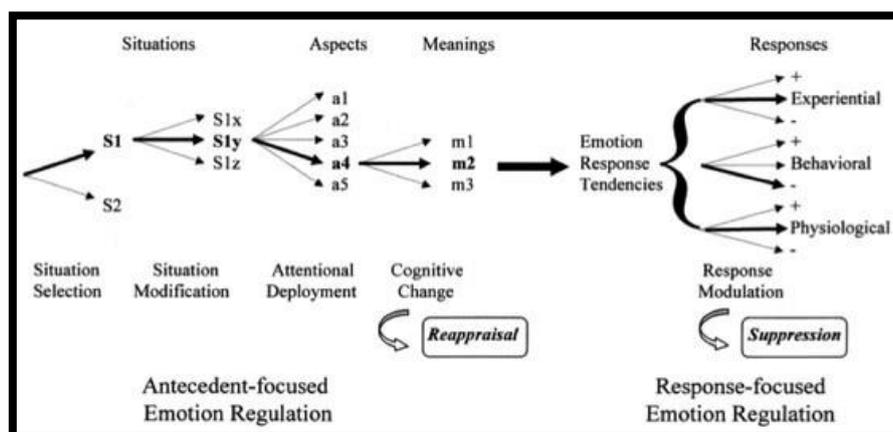


Figure 35: Illustration du modèle de régulation de l'émotion (Gross 1998).

Ces différentes stratégies conduiraient vers de nombreuses capacités stratégiques, des modifications subjectives, physiologiques et comportementales distinctes. Le changement cognitif est plus adaptatif, il permettrait de moduler la nature du ressenti ainsi que l'intensité.

Lorsqu'elles sont bien adaptées, les cinq (05) méthodes de régulation contribueraient de manière révélatrice au bon développement de l'individu que se soit du côté santé mentale ou encore bien-être. Aujourd'hui, il existe de nombreux chercheurs qui se consacrent à l'étude de la Réévaluation cognitive appelé re-appraisal. Cette dernière intervient au tout début de la réponse émotionnelle, elle permettrait de modifier la signification émotionnelle liée à une situation. Cette réévaluation cognitive se compose de deux parties, la première est Intrinsèque et la deuxième est volontaire. D'après de récentes recherches, il permettrait de dire que la régulation dite intrinsèque admettrait que l'individu puisse opérer lui-même un contrôle conscient ou non sur sa réponse émotionnelle, contrairement à la régulation extrinsèque qui est considérée comme une régulation externe indépendante de la démarche volontaire mais capable de modifier son état émotionnel.

### 5.8.4 La formalisation de la théorie de Gross

Gross a décrit le processus du modèle de régulation émotionnelle de façon informelle. T. Gross et al, ont essayé de formaliser le modèle en équation mathématique.

$$(ERL_{New}) = (1 - \beta) * \sum (w_n * v_n) + \beta * ERL$$

Dans ce modèle, chaque stratégie a une valeur émotionnelle définie par  $V_n$  et un poids  $w_n$ . Cette valeur contribue à la génération de la réponse émotionnelle ERL. Un autre facteur appelé persistance contribue à son tour pour ajuster la réponse émotionnelle. Une persistance à 70%, veut dire que 70% de l'émotion initiale persiste après un nouvel événement déclenché. L'émotion d'une personne qui change rapidement veut dire que la valeur de la persistance  $\beta$  est petite. D'autres variables aident à calculer la nouvelle valeur émotionnelle, sont définies dans le tableau suivant :

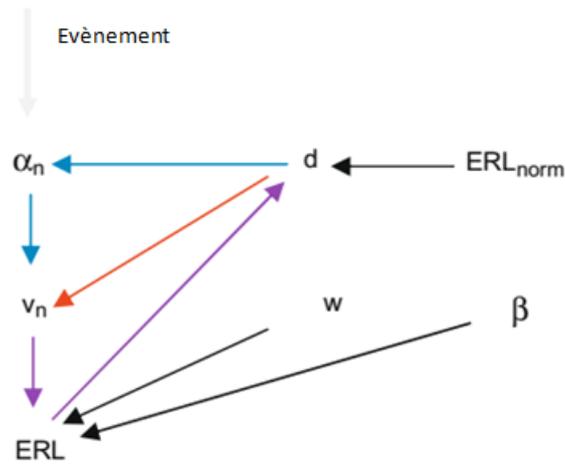


Figure 36: diagramme de la régulation.

Variable	Définition
ERL	Niveau de la réponse émotionnelle
$ERL_{norm}$	Niveau de la réponse émotionnelle dans un état normal
B	Vitesse d'ajustement
D	Distance entre ERL et $ERL_{norm}$
$W_n$	Le poids d'une stratégie
$V_n$	La valeur émotionnelle d'une stratégie
$\alpha$	Le désir de changer

Tableau 12: Les Variables de la fonction de régulation émotionnelle.

### 5.9 Intégration de la fonction de la régulation dans FATiMA

Notre approche se base sur l'intégration d'un nouveau module de regulation selon Gross. Il est important de mentionner que FATiMA possède sa propre stratégie basée sur le "Coping" pour changer l'interprétation du monde et diminuer les fortes émotions négatives. Ce mécanisme fait partie de la couche délibérative de FATiMA qui met en

œuvre deux types de *Coping* pour faire face aux changements dans l'environnement. Lorsque une action ou un plan spécifique échoue dans l'intention d'atteindre ou maintenir un objectif souhaité, un désengagement mental est appliqué. Ce dernier fonctionne en réduisant l'importance de l'objectif, qui à son tour réduit l'intensité des émotions négatives déclenchées lorsqu'un but n'est pas atteint. Le principe de la régulation, est que l'agent choisit un ordre de stratégies pour réguler son émotion.

### 5.9.1 Création du module régulation

Comme première réflexion, nous avons testé la trajectoire de la fonction de régulation avec la fonction decay dans le modèle FAtiMA. La première est une fonction polynomiale et la deuxième est une fonction exponentielle. Pour que les deux fonctions commencent de la même intensité figure 37. Nous avons supprimé le potentiel d'une émotion, pour pouvoir comparer les deux trajectoires.

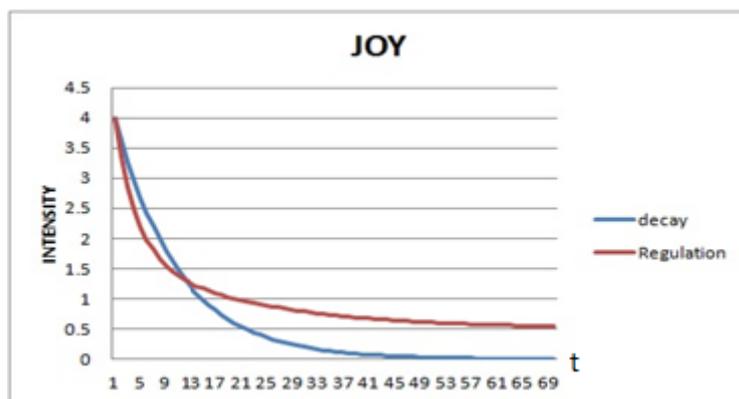


Figure 37: Action to hug (faire un calin).

Les deux fonctions démarrent de la même intensité, et prennent la même trajectoire. Nous remarquons que la fonction *decay* avec la couleur bleu tend vers zéro, elle suit le principe de la fonction exponentielle, qui décrit que chaque émotion s'estompe avec le temps et ne dure pas éternellement. La deuxième fonction en rouge représente la fonction de régulation, elle tend vers à 0.1 qui représente le  $ERL_{norm}$ .

### 5.9.2 Architecture du modèle FAtiMA avec le module de régulation

L'intégration d'un nouveau module de régulation, améliore le système cognitif FAtiMA, pour doter un agent virtuel, d'une régulation émotionnelle et améliorer sa crédibilité. Nous proposons, l'architecture suivante :

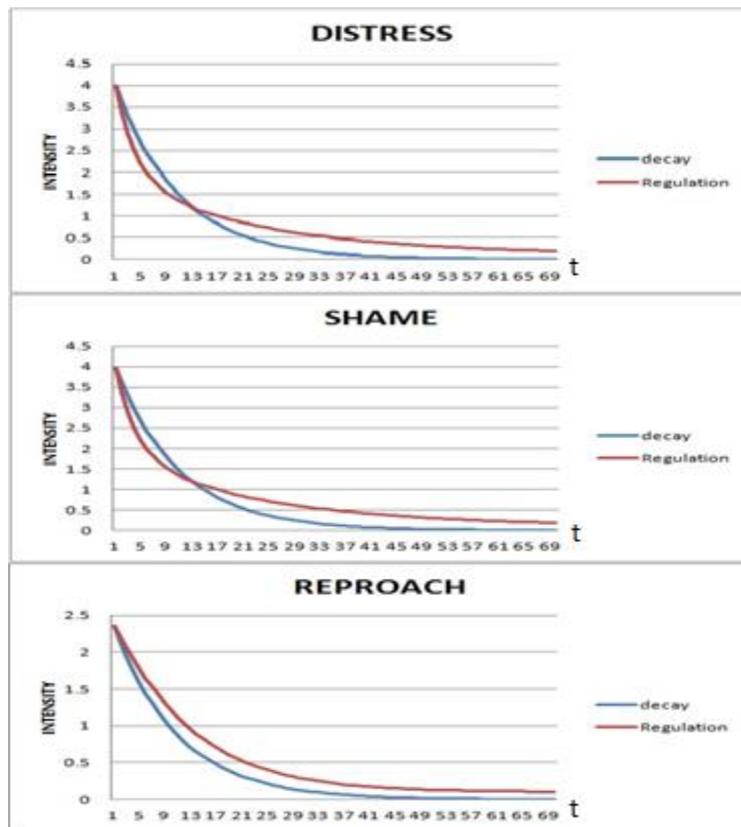


Figure 38: L'action kick (donner un coup de pied).

Dés l'instant où un évènement est perçu par l'agent, *l'appraisal* va associer à cet évènement des valeurs de variables telles que la désirabilité (*desirability*) ou le mérite (*praiseworthiness*). Par exemple, l'évènement "il fait beau" est perçu comme désirable. Ces variables sont ensuite utilisées pour calculer les émotions qui viendront s'ajouter à l'état émotionnel de l'agent. Par exemple, un évènement va déclencher de la joie chez l'agent. L'état émotionnel, représente l'ensemble des émotions "ressenties" par l'agent à un instant  $t$ . Pour finir, en fonction de cet état émotionnel, de ses buts et de ses besoins, l'agent entreprendra des décisions particulières pour réguler ses émotions.

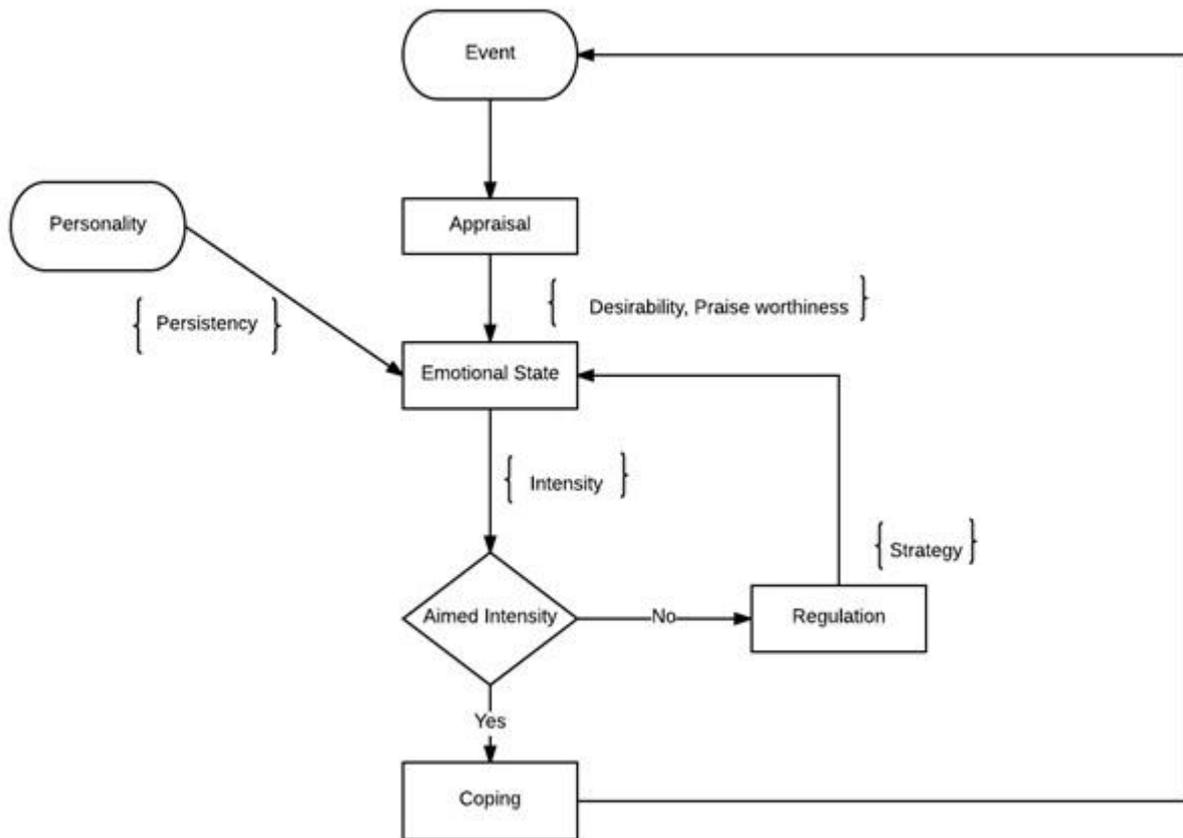
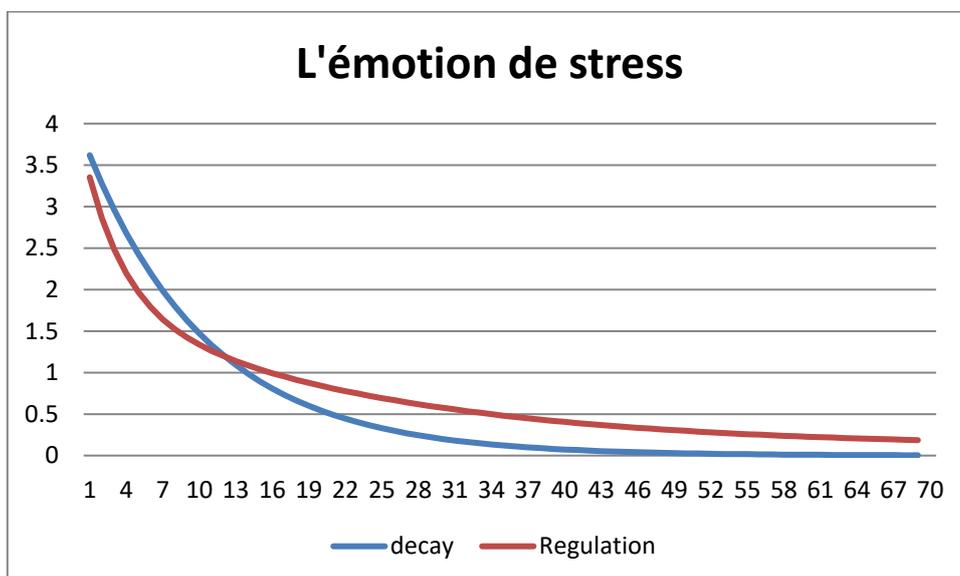


Figure 39: Diagramme de régulation

Pour la fonction de régulation, nous définissons l'ERL comme l'intensité émotionnelle de chaque émotion selon [3], définit comme suit :

$$New\_intensity = (1 - \beta) * \sum_n (w_n * v_n) + \beta * intensity$$

### 5.9.2.1 Activation de la fonction de régulation



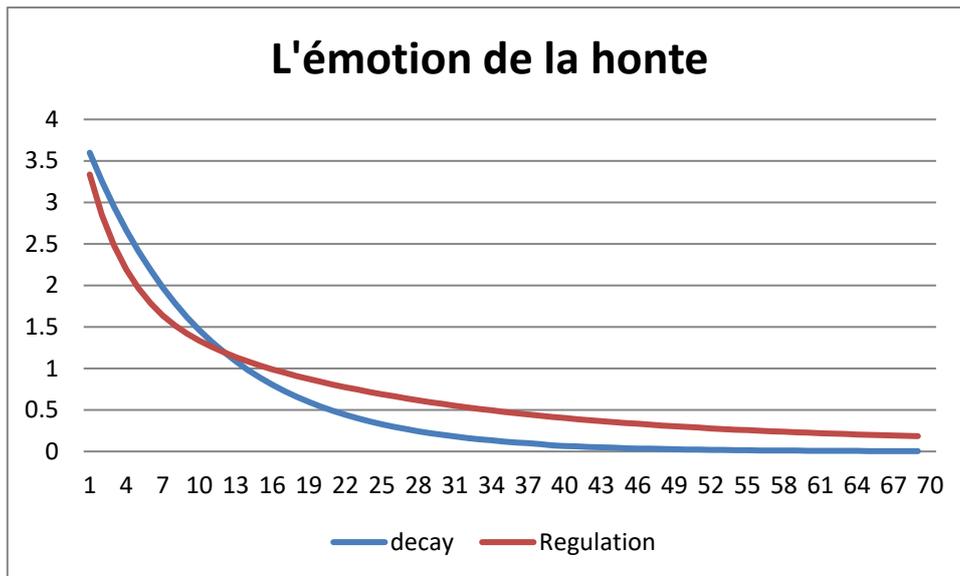


Figure 40: L'intensité avec une régulation.

Dans les figures 40 et 41, l'émotion de stress commence avec une intensité de 3.61 mais avec une régulation l'émotion commence avec une intensité de 3.32. Concernant l'émotion du reproche, on remarque aussi la régulation avec une intensité moins que l'intensité de la fonction decay.

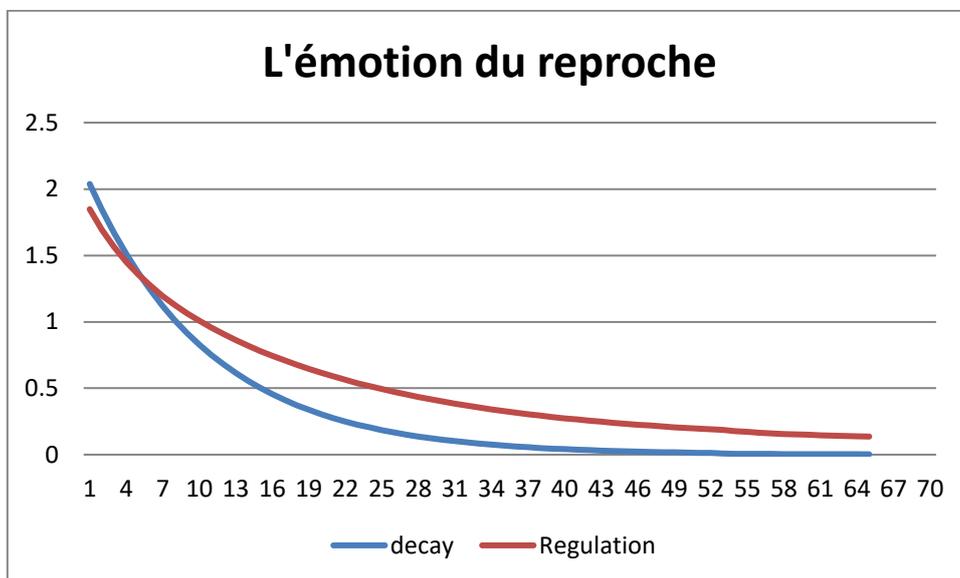


Figure 41 : intensité avec une régulation.

### 5.9.2.2 Paramètres de personnalité

La variable  $\beta$  dans l'équation de régulation représente la persistance d'une émotion. . Un petit  $\beta$  veut dire que l'émotion d'une personne change rapidement. La personnalité

dans FATiMA, est représentée par un seuil, pour déclencher une émotion et la vitesse de décroissance de cette dernière. Nous présentons dans la figure 42, nous démontrons qu'une personnalité avec un seuil et un decay, n'est pas suffisant. La nouvelle variable  $\beta$ , intervient dans la décroissance de l'émotion. Un grand  $\beta$ , aide une émotion à persister.

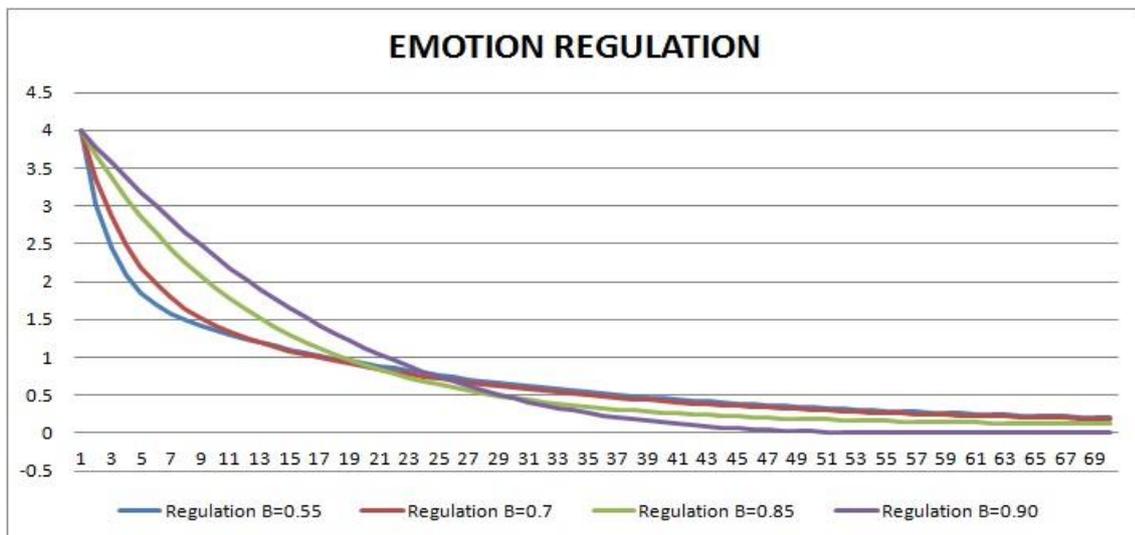


Figure 42: Intensité émotionnelle avec des différentes persistances.

### 5.9.2.3 L'humeur et la régulation

Dans cette partie, nous allons étudier l'influence de l'humeur sur la régulation. Nous définissons l'humeur comme un état d'esprit dominé par une émotion. Une mauvaise humeur permet de ressentir les émotions négatives plus intensément et pendant plus longtemps. Dans la figure 43, nous définissons un agent avec des humeurs différentes pour analyser sa régulation.

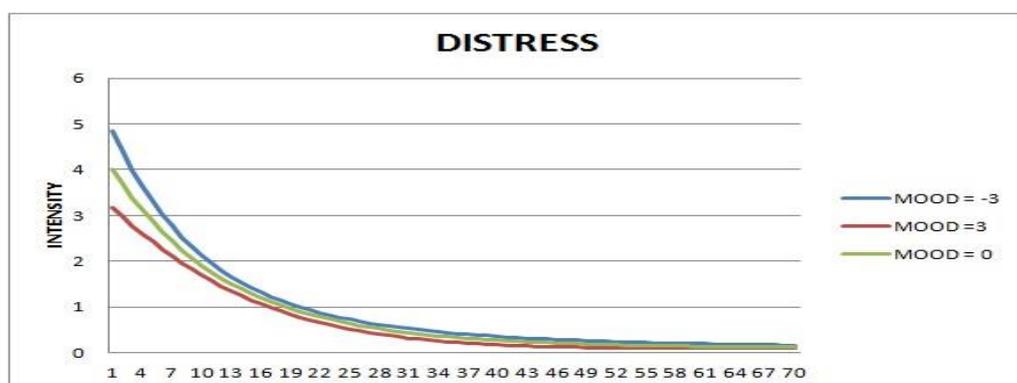


Figure 43: Intensité émotionnelle avec des humeurs  $t_0$  différentes.

Nous remarquons que l'agent fait une meilleure régulation avec une intensité = 3 et une humeur positive = 3. Dans le graphe bleu, une intensité de 5 avec une humeur = -3.

### 5.9.3 Conclusion

Dans la première partie de recherche dans cette thèse, nous avons développé un nouveau modèle de régulation émotionnelle dans le modèle FAtiMA. Ce modèle nous a permis d'améliorer le modèle de personnalité dans FAtiMA avec la variable de persistance  $\beta$ . La persistance aide une émotion à persister malgré qu'une nouvelle émotion se déclenche. En dernier, nous avons étudié l'influence de l'humeur pour améliorer la régulation de l'agent. Une humeur positive améliore la régulation émotionnelle, et l'émotion se déclenche avec une intensité inférieure.

# Partie III :

## La personnalité dans FATiMA

### 5.10 Introduction

Comme présenté dans la partie 1 de ce chapitre, la personnalité dans FATiMA se base sur deux facteurs, le seuil et la vitesse de décroissance. Dans cette partie, nous proposons d'améliorer le modèle de personnalité dans FATiMA, pour améliorer la crédibilité des agents. L'un des modèles le plus utilisé, est le modèle OCEAN appelé aussi Big Five. Le modèle modélise cinq traits de personnalité, à partir des cinq valeurs de OCEAN, nous pouvons déterminer l'humeur de l'agent à partir d'un autre modèle proposé par [5].

### 5.11 Le modèle OCEAN

Les professionnels des ressources humaines ont souvent recours aux cinq grandes dimensions de la personnalité pour situer les individus. Ces dimensions sont en effet considérées comme étant les traits sous-jacents qui composent la personnalité globale d'un individu. Les cinq grands traits sont l'Ouverture, la Conscience, l'Extraversion, l'Agréabilité et le Névrosisme, soit OCEAN.

#### L'ouverture à l'expérience (O)

C'est des personnes imaginatives et créatives. Une personne « ouverte » est curieuse intellectuellement, apprécie l'art, est sensible à la beauté. Elle est, plus qu'une personne « fermée », consciente de ses sentiments. L'ouverture est corrélée fortement avec la créativité, D'autre part, une personne « ouverte » donne l'impression d'être intelligente, car elle est curieuse et cultivée. Les psychologues associent souvent l'ouverture à une bonne santé mentale et à la maturité.

Openess = (Conscience émotionnelle de soi) + (Souplesse) + (Sens de la réalité) + (Indépendance)

#### Conscience

La conscienciosité décrit comment l'individu contrôle, régule et dirige ses impulsions.

Les avantages d'un fort caractère consciencieux sont évidents. Les individus consciencieux évitent les ennuis et réussissent avec brio en cernant et planifiant leurs objectifs et en maintenant leur ligne de conduite. Ils sont également perçus positivement par autrui, comme intelligents et fiables. Côté négatif, ils peuvent être

des perfectionnistes compulsifs et des bourreaux de travail. Des individus extrêmement consciencieux peuvent être considérés comme ternes et ennuyeux.

- Conscience = (Résolution de problèmes) + (Responsabilité sociale)

### Extroversion (E)

L'extraversion est marquée par d'intenses interactions avec le monde extérieur. Les extravertis aiment être avec des gens, sont pleins d'énergie et ressentent souvent des émotions positives. Tournés vers l'action, ils tendent à se montrer enthousiastes et à vivement approuver les projets excitants. En groupe ils aiment parler, s'affirmer et attirent l'attention à soi.

Les personnes ayant une extraversion basse sont moins exubérantes, ont un niveau d'énergie et d'activité moins élevé que la moyenne. Elles sont plutôt calmes, effacées, et moins dépendantes de la vie sociale. Leur peu d'engagement social ne doit pas être interprété comme de la timidité ou de la dépression ; l'introverti a simplement besoin de moins de stimulation que l'extraverti et de plus de temps pour recharger ses batteries.

- Extraversion = (Affirmation de soi) + (optimisme)

### Agréabilité (A)

L'agréabilité transparaît dans le désir de coopération et d'harmonie sociale. Les individus agréables portent de l'importance à la cohésion avec autrui et se montrent pleins d'égards, amicaux, serviables, généreux et prêts à transiger pour concilier leurs intérêts avec ceux des autres. Les personnes agréables ont aussi une vision optimiste de la nature humaine. Elles pensent que les gens sont foncièrement honnêtes, fiables, "bien".

Les individus non 'agréables' mettent leur intérêt personnel avant la cohésion avec autrui. Ils sont généralement peu soucieux du bien-être des autres et de ce fait peu enclins à faire un effort pour eux. Parfois leur scepticisme quant aux motivations d'autrui les rend soupçonneux, inamicaux, fermés à toute coopération.

Le caractère agréable est à l'évidence un avantage pour devenir et rester populaire. Les personnes agréables sont plus aimées que les personnes non agréables. D'un autre côté, le caractère agréable n'est pas favorable dans des situations qui requièrent des

décisions dures ou absolument objectives. Les personnes non agréables peuvent faire d'excellents scientifiques, critiques, ou soldats.

- Agréabilité = (Relations humaines) + (Empathie)

### Le névrosisme (N)

Le névrosisme, auquel il est souvent référé par son opposé : la stabilité émotionnelle, désigne une disposition aux émotions négatives. Ceux dont les descriptions font état d'un fort névrosisme éprouvent facilement un sentiment négatif comme l'anxiété, la colère, la dépression. Ces personnes sont émotionnellement réactives : elles s'émeuvent plus que la moyenne face à des événements qui affectent peu ou pas la plupart des gens. Elles ont plus tendance à ressentir des situations ordinaires comme menaçantes, et des frustrations mineures comme plus difficiles à surmonter. Leurs réactions négatives durent plus longtemps, ce qui entraîne de la mauvaise humeur plus fréquente. Leurs émotions peuvent entraver leur capacité à raisonner, à prendre des décisions, à faire face aux situations stressantes.

À l'opposé, un faible névrosisme désigne des personnes calmes, émotionnellement stables, qui éprouvent plutôt rarement de l'humeur négative de manière persistante. Peu de sentiments négatifs n'est pas synonyme d'émotions positives fréquentes, c'est là une caractéristique de l'extraversion

- Neuroticism = (Amour-propre) + (Optimisme) + (Relations humaines) + (Conscience de soi émotionnelle) + (Contrôle des impulsions) + (Tolérance au stress)

### 5.12 Calcul des traits O.C.E.A.N

Dans cette partie, nous utilisons le mapping de Mehrabian [5] et les travaux de Gebhard [4] pour déduire la personnalité et l'humeur. Mais, nous tenons à donner les définitions suivantes pour éviter toute confusion.

- **les émotions**, considérées comme un affect à court terme. Elles sont déclenchées à la suite d'un événement, d'une action, ou par un objet. Une fois qu'une émotion est activée, elle s'atténue et disparaît de l'attention de l'agent ;

- **les humeurs**, considérées comme des affects à moyen terme. Elles ne sont généralement pas reliées à un événement concret, une action ou un objet. Ce sont des états affectifs stables ;
- **la personnalité**, considérée comme un affect à long terme par l'auteur. Elle reflète les caractéristiques individuelles d'un agent.

Nous avons amélioré le modèle FATiMA par un modèle d'humeurs proposé par Mehrabian [x]. Le modèle décrit l'humeur avec les trois traits : plaisir (P), l'excitation (A) et la dominance (D). Les trois traits sont presque indépendants et forment un espace d'humeur tridimensionnel. La mise en œuvre de l'espace d'humeur PAD utilise des axes entre -1,0 et 1,0 pour chaque dimension et génère huit humeurs, qu'on peut appeler aussi attitude.

<b>+P+A+D Exubérant</b>	<b>-P-A-D Ennuyeux</b>
<b>+P+A-D Dépendant</b>	<b>-P-A+D Dédaigneux</b>
<b>+P-A+D Relaxe</b>	<b>-P+A-D Anxieux</b>
<b>+P-A-D Docile</b>	<b>-P+A+D Hostile</b>

**Tableau 13:** Tableau des huit humeurs

Chaque attitude a une relation avec les traits de personnalité OCEAN en suivant les formules suivante :

Plaisir = 0.21 *Extraversion+ 0.59* aimabilité+ 0.19*Neuroticisme
Excitation = 0.15* ouverture+ 0.30* Aimabilité- 0.57* Neuroticisme
Dominance= 0.25*Ouverture+ 0.17*Conscientiousness+ 0.60*Extraversion- 0.32*Aimabilité.

**Tableau 14:** Correspondance de l'humeur à partir des valeurs OCEAN.

## Chapitre 5 : Contributions et validations.

Chaque attitude a été reliée par les 22 émotions du modèle OCC selon les travaux de Gebhard. (voir tableau 15).

Emotion	P	A	D	HUMEUR
ADMIRATION	0.5	0.3	-0.2	+P+A-D Dépendant
COLERE	-0.51	0.59	0.25	-P+A+D Hostile
Détesté	-0.4	0.2	0.1	-P+A+D Hostile
Déception	-0.3	0.1	-0.4	-P+A-D Anxieux
Angoisse	-0.4	-0.2	-0.5	-P-A-D ennuyeux
Peur	-0.64	0.60	-0.43	-P+A-D Anxieux
Phobie	-0.5	-0.3	-0.7	-P-A-D ennuyeux
Jubilation	0.3	-0.3	-0.1	+P-A-D Docile
Gratification	0.6	0.5	0.4	-P+A+D Exubérant
Gratitude	0.4	0.2	-0.3	+P+A-D Dépendant
Heureux pour	0.4	0.2	0.2	-P+A+D Exubérant
Haine	-0.6	0.6	0.3	-P+A+D Hostile
Espoir	0.2	0.2	-0.1	+P+A-D Dépendant
Joie	0.4	0.2	0.1	-P+A+D Exubérant
Aimé	0.4	0.16	-0.24	+P+A-D Dépendant
amour	0.3	0.1	0.2	-P+A+D Exubérant
Pitié	-0.4	-0.2	-0.5	-P-A-D ennuyeux

<b>Fierté</b>	0.4	0.3	0.3	-P+A+D Exubérant
<b>Soulagement</b>	0.2	-0.3	0.4	+P-A+D Relaxé
<b>Remords</b>	-0.3	0.1	-0.6	-P+A-D Anxieux
<b>Reproche</b>	-0.3	-0.1	0.4	-P-A+D Dédaigneux
<b>Ressentiment (Rancœur)</b>	-0.2	-0.3	-0.2	-P-A-D ennuyeux
<b>Satisfaction</b>	0.3	-0.2	0.4	+P-A+D Relaxé
<b>Honte</b>	-0.3	0.1	-0.6	-P+A-D Anxieux

Tableau 15: Relation entre les 22 Emotions du modèle OCC et les huit humeurs.

### 5.12.1 Calcul de l'humeur

Nous présentons ici trois modèles de personnalités (anxieux, hostile et relaxé). Chaque personnalité est représentée par cinq valeurs du modèle OCEAN, pour déduire son humeur puis calculer sa persistance qui permet d'analyser sa régulation émotionnelle.

#### Exemple 1 :

Personnalité					Régulation						
O	C	E	A	N	Beta	P.A.D	W1	W2	W3	W4	
3,00	3,50	1,50	2,00	2,00							
Personnalité : ANXIOUS					0,804...	-P+A-D	0,35	0,3	0,2	0,15	
					0,896...	-P+A-D	0,35	0,3	0,2	0,15	
					0,899...	-P+A-D	0,35	0,3	0,2	0,15	
					0,899...	-P+A-D	0,35	0,3	0,2	0,15	

Figure 44: Personnalité Anxieuse

Voici un modèle d'une personnalité avec les valeurs de OCEAN (3 , 3,5, 1,5, 2 , 2). On obtient les valeurs -P+A-D, qui correspondent à l'humeur anxieux du tableau 13. Elle est plus proche des émotions Peur, remord, honte et déception voir tableau 15 Parallèlement on obtient 4 valeurs de  $\beta$  chacune correspond à une émotion.

PERSONALITE : OCEAN	3 , 3.5, 1.5, 2 , 2
HUMEUR : PAD	-P+A-D ANXIEUX
Emotion :	Déception, peur, remord, honte
La persistance $\beta$	$\beta_1=0.804$ , $\beta_2= 0,896$ , $\beta_3= 0.899$ , $\beta_4=0.899$

Tableau 16 : Résultats d'un agent anxieux

Exemple 2 :

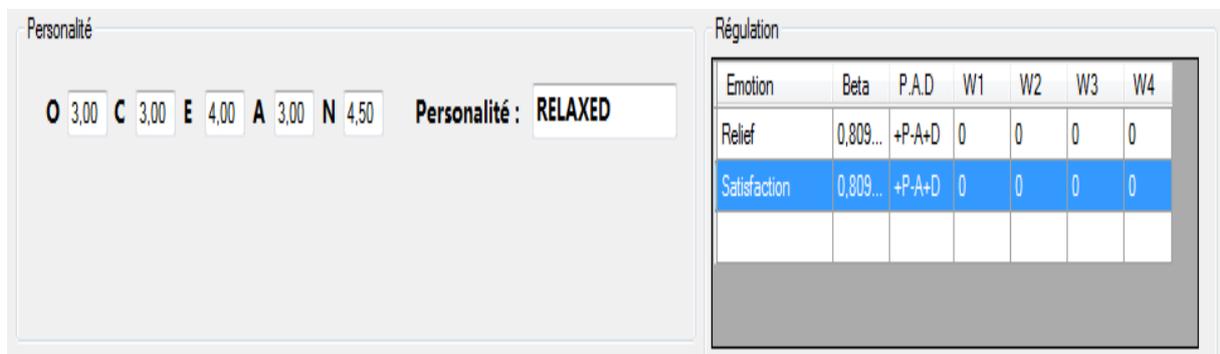


Figure 45: personnalité relaxée

Voici un modèle d'une personnalité avec les valeurs de OCEAN (3 ,3, 4, 3 , 4.5). On obtient les valeurs -P-A+D, qui correspondent à l'humeur RELAXE du tableau 13 L'humeur « anxieux » est plus proche des émotions soulagement et satisfaction (tableau 15). Parallèlement on obtient 4 valeurs de  $\beta$  chacune correspond à une émotion.

PERSONALITE : OCEAN	3 ,3, 4, 3 , 4.5
HUMEUR : PAD	+P-A+D RELAXE
Emotion :	soulagement et satisfaction
La persistance $\beta$	$\beta_1=0.809$ , $\beta_2= 0,809$ .

Tableau 17: Résultats d'un agent relaxé.

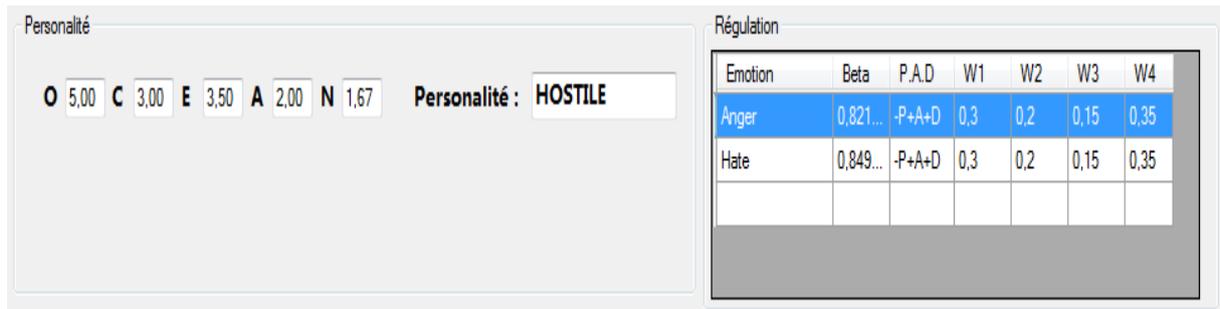


Figure 46: Personnalité HOSTILE

Voici un modèle d'une personnalité avec les valeurs de OCEAN (5 ,3, 3.5, 2 , 1.67). On obtient les valeurs -P+A+D, qui correspondent à l'humeur HOSTILE du tableau 13. L'humeur « HOSTILE » est plus proche des émotions colère et haine, voir tableau 15. Parallèlement on obtient 4 valeurs de  $\beta$  chacune correspond à une émotion.

PERSONALITE : OCEAN	5 ,3, 3.5, 2 , 1.67
HUMEUR : PAD	-P-A+D HOSTILE
Emotion :	Colère et haine
La persistance $\beta$	$\beta_1=0.821$ , $\beta_2= 0 ,849$ .

Tableau 18: Résultats d'un agent Hostile.

### 5.12.2 Calcul de la persistance $\beta$ à partir de l'humeur

Comme définit dans la section 15.8 de la régulation émotionnelle,  $\beta$  est la persistance d'une émotion. D'autres travaux ont complété le modèle de régulation selon, sur ce, nous avons choisi de déterminer un facteur de persistance de chaque émotion ressentie en calculant la distance euclidienne entre la valeur PAD obtenu et le tableau 15 selon [6].

$$\beta = |\overrightarrow{PADbase}| + |\overrightarrow{PADvar}|$$

$$|\overrightarrow{PADbase}| = \sqrt{(\sum Pe)^2 + (\sum Ae)^2 + (\sum De)^2}$$

$$|\overrightarrow{PADvar}| = \sqrt{(Pe * 0.25)^2 + (Ae * 0.25)^2 + (De * 0.50)^2}$$

Pour la même action nous obtenons 3 émotions avec 3 facteurs de persistances.

Emotion	Persistance $\beta$
Shame (honte)	0,92
Anger (colère)	0,839
Distress (stress)	0,881

Tableau 19: Tableau des persistances selon les émotions.

### 5.13 Intégration du modèle dans un agent conversationnel animé

Notre scénario se passe chez un concessionnaire automobile. L'agent prend le rôle de deux personnalités, la première, il est exubérant et la deuxième est colérique. L'agent virtuel exubérant exprime des émotions positives (joie et admiration) et garde des valeurs positive de son humeur (figure 49). Contrairement, à l'agent colérique, exprime de la colère, du stress et du remords. Son humeur est négative (figure 48).



Figure 47: Agent conversationnel animé de notre scénario

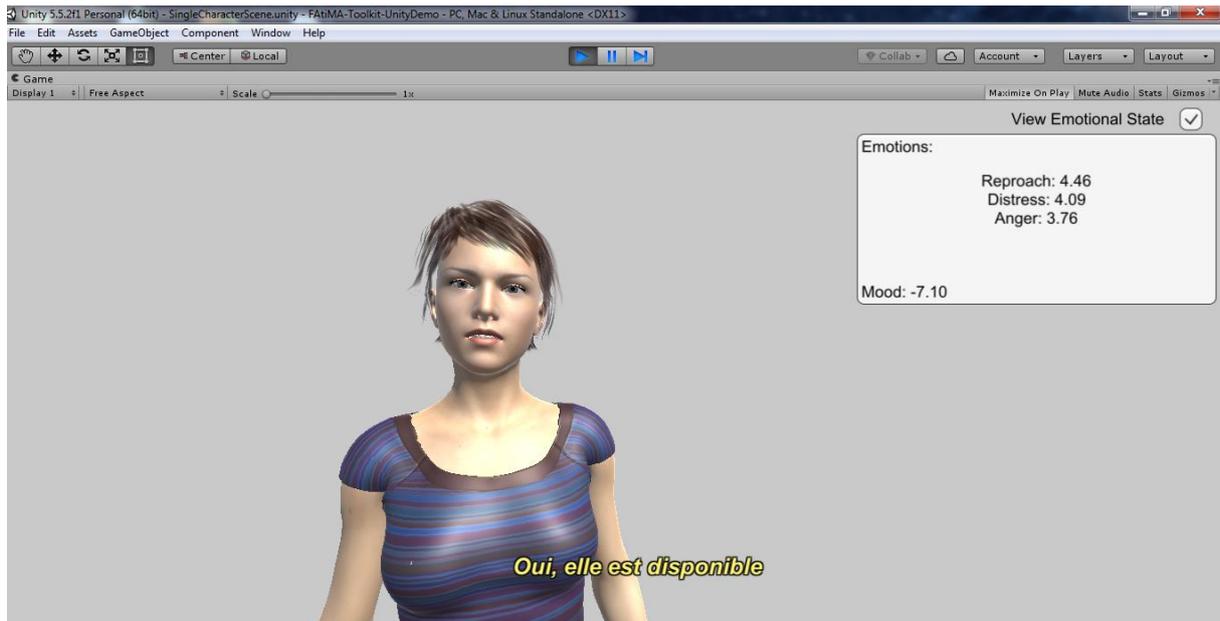


Figure 48: ACA exprimant des émotions négatives

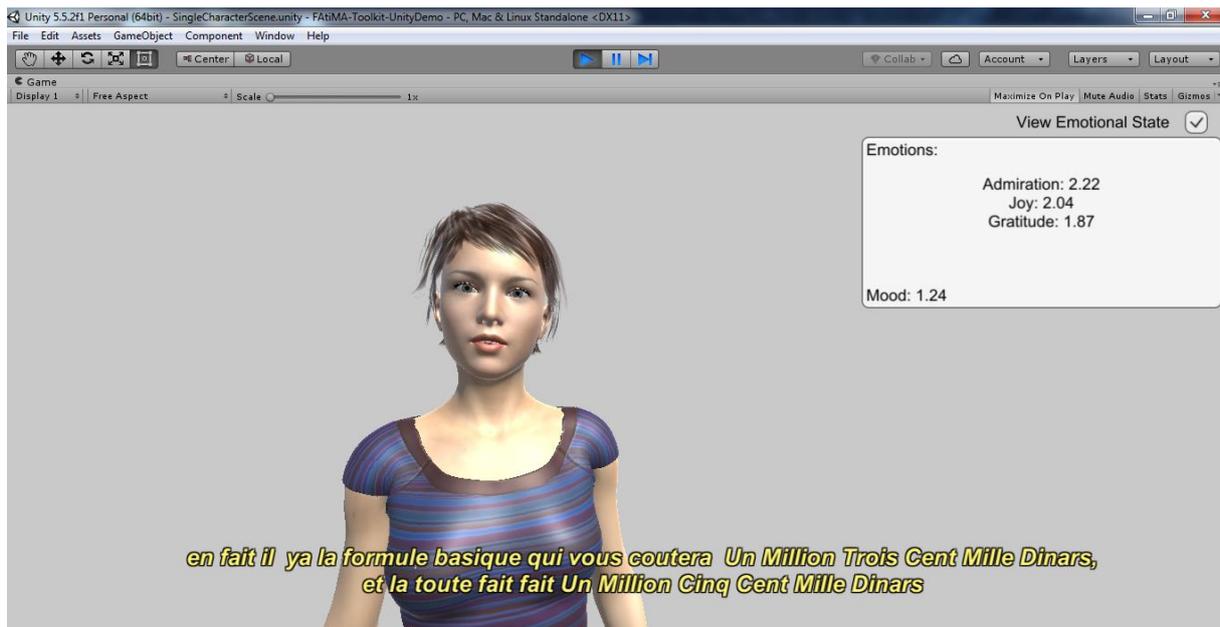


Figure 49: ACA exprimant des émotions positives.

### 5.14 Conclusion

Dans ce chapitre nous nous sommes intéressées à améliorer la fonction Decay, qui génère l'émotion ressentie par l'agent. Nous avons commencé d'abord par proposer un modèle de régulation émotionnelle dans le modèle calculatoire FATiMA. Après plusieurs simulations, nous avons focalisé notre recherche sur le facteur de persistance

qui joue un rôle de régulation de l'émotion de l'agent. Nous avons intégré le modèle de personnalité OCEAN qui nous a permis de réaliser une meilleure régulation. Le modèle s'appuie sur cinq traits, l'ouverture à l'expérience, la conscience, le névrosisme, l'agréabilité, et l'extraversion. A partir de ces cinq valeurs, l'humeur selon [5] est calculée à partir de trois paramètres : plaisir, excitation et dominance. En adéquation avec l'humeur et les émotions ressenties selon le tableau de Genhard[4], nous calculons la persistance ; qui n'est que  $\beta=f(\text{humeur}+\text{personnalité})$ . Nous avons intégré notre approche sur un agent conversationnel animé pour validation.

### 5.15 Références

1. Bouazza, H et Bendella, F. Emotionnel embodied Agents. In :International Science and Technologie Conference ISTEC, Turkey, 2011.
2. H.Bouazza , F.Bendella , I.Salah , W.Chouel. Le comportement non verbal des agents conversationnels animés. In ICNTC'12 :the first International Conference on New Technologies and Communication. Chlef, 2012.
3. Bouazza, H et Bendella, F. Adaptation of a model of emotion regulation to modulate the negative emotions based on persistency. *Multiagent and Grid Systems*, 2017, vol. 13, no 1, p. 19-30, 2017.
4. P. Gebhard, «ALMA - A layered model of affect,» chez *Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS'05)*, Utrecht, 2005.
5. Mehrabian, «Pleasure-ArousalDominance: A General Framework for Describing and Measuring Individual Differences in Temperament,» *Current Psychology* vol.14, n°4, pp. 261-292, 1996.
6. Soleimani, Ahmad, and Ziad Kobti. "A mood driven computational model for Gross emotion regulation process paradigm." *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*. Vol. 1. 2012.

# Conclusion générale

### 6 Conclusion générale

Prendre en considération les émotions dans le raisonnement des agents virtuels améliore leurs crédibilités en exprimant leurs états mentaux. Cette crédibilité est affirmée par une personnification qui résume ses croyances, ses désirs et ses intentions par l'expression des émotions.

Dans le cadre de notre thèse, nous nous sommes intéressées à la régulation de l'émotion sur les agents virtuels. D'abord, nous avons défini qu'est ce que l'émotion en psychologie ainsi que les modèles informatiques calculatoires des émotions.

L'émotion prend forme d'une manifestation psychologique interne qui se traduit par une réaction physique face à une situation. Lorsque l'émotion est ressentie, elle pousse vers l'action, comme fuir en état de peur, se battre en situation de colère. Mais cette tendance à l'action peut être bloquée, parce que nos expériences passées nous ont appris à le faire.

La première partie de notre travail, nous a permis d'étudier le processus de déclenchement d'une émotion dans le modèle FATiMA. La modélisation de ce processus est fondée sur le modèle OCC. A l'instant où un événement est perçu par l'agent, le module d'évaluation va affecter à cette situation les variables de désirabilité (desirability) ou de mérite (praiseworthiness). Ces variables calculent les émotions qui s'activeront dans l'état émotionnel de l'agent à partir de ses buts et ses besoins. En dernier, l'agent entreprendra des décisions pour faire face à la situation.

Un premier module a été intégré qui se base sur la régulation émotionnelle selon le modèle de Gross pour atteindre la valence hédonique de l'émotion ressentie. Le processus recouvre les formes de régulation suivantes :

- L'atténuation des émotions désagréables,
- L'atténuation des émotions agréables.

Dans le cadre de notre recherche, la variable ERL (le niveau de réponse émotionnelle) est représenté par l'intensité émotionnelle, qui est le résultat d'un événement perçu par l'agent. Notre première contribution était de développer un nouveau module de régulation selon Gross dans FATiMA. Ensuite, modéliser quatre stratégies, chaque stratégie est définie par une valeur émotionnelle  $V_n$  et un poids  $W_n$ . Le facteur  $\beta$ , est le

taux de persistance d'une émotion après un nouvel évènement. Nos résultats ont démontré, qu'un agent peut déclencher une régulation pour diminuer l'intensité émotionnelle de sa réponse face à une situation donnée, et que le facteur de persistance contribue à son tour à cette régulation. De ce fait, nous nous sommes appuyées sur les travaux de (Gebhard,2005) et (Soleimani,2012) pour développer un nouveau module qui calcule l'humeur de l'agent en fonction du modèle PAD (Pleasure, Arousal, Dominance) et un autre module pour introduire les traits de personnalité selon le modèle OCEAN (l'Ouverture, la Conscience, l'Extraversion, l'Agréabilité et le Névrosisme). La correspondance des deux modules se calcule avec une distance de l'émotion ressentie et le tableau de (Mehrabian,1996), pour calculer la variable d'ajustement de la réponse émotionnelle  $\beta$ .

Afin de bien visualiser l'impact de la personnalité sur la régulation des émotions, un agent virtuel est développé dans un scénario couplé avec le modèle FAtiMA pour visualiser l'intensité des émotions ressenties et son humeur pour appréhender au mieux la personnalité de l'agent et rehausser les paramètres de ses expressions.

### 6.1 Perspectives

Les approches proposées dans cette thèse peuvent être améliorées afin d'augmenter la crédibilité des agents conversationnels animés.

Comme première perspective, nos travaux seront focalisés sur l'augmentation des émotions positives et négatives ainsi que le maintien de cette dernière au lieu de travailler que sur la diminution ou l'atténuation des émotions. Cette manière de réguler les émotions permet à l'agent de faire semblant d'être content ou supprimer son émotion.

Selon Gross, la régulation se base sur cinq stratégies : situation de sélection, situation de modification, le changement cognitif, le déploiement attentionnel et la modulation de réponse.

Durant une régulation émotionnelle, un ordre de stratégies est appliqué selon son poids  $W$ . Nous formalisons la relation entre trait O.C.E.A.N et stratégies de régulations et nous proposons d'attribuer un ordre de stratégie pour chaque personnalité.

Formellement, attribuer à la stratégie qui s'applique tôt dans le processus de régulation le poids le plus fort.

## Résumé

Dans le domaine de l'informatique affective, plusieurs modèles computationnels ont été proposés pour augmenter le réalisme comportemental des agents virtuels. Le réalisme d'un agent virtuel repose notamment sur sa capacité à exprimer des émotions durant une interaction. Notre objectif est de contribuer à l'amélioration de l'interaction entre les agents expressifs et l'utilisateur en se focalisant sur le modèle émotionnel sous-jacent. Un module de régulation émotionnelle selon la théorie de Gross a été intégré dans le modèle computationnel FAtiMA (Fear-Not Affective Mind Architecture). Nos recherches se sont basées sur le calcul de la persistance à partir d'un modèle de personnalité appelé OCEAN. Les cinq valeurs du modèles OCEAN et la persistance, nous ont permis d'améliorer la personnalité dans le modèle FAtiMA et l'intégrer dans un agent virtuel pour améliorer ses interactions émotionnelles.

**Mots clés :** émotion, régulation émotionnelle, personnalité, persistance, FAtiMA, interactions.