

# Les émotions complexes au service d'agents conversationnels animés crédibles

Dominique longin

14 septembre 2012

## Résumé

CECIL (pour *Complex Emotions in Communication, Interaction, and Language*) est un projet issu du programme « Contenus et interactions », édition 2008 (ContInt 2008) de l'ANR. C'est un projet de recherche fondamentale coordonné par l'Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT : CNRS, INP, Université de Toulouse) et qui associe également le Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG : CNRS, INPG, INRIA, Université de Grenoble) ainsi que le Laboratoire Traitement et Communication de l'Information (LTCI : CNRS, TELECOM ParisTech). Il a démarré le 1er janvier 2009 pour une durée de 36 mois. Il a reçu une aide de l'ANR de 386 000 euros.

Contact : D. Longin (CNRS-IRIT), [Dominique.Longin@irit.fr](mailto:Dominique.Longin@irit.fr). Site web du projet : [www.irit.fr/CECIL/](http://www.irit.fr/CECIL/)

## 1 Intégration des émotions complexes au cœur des systèmes informatiques

Un des grands défis des Sciences et Technologies de l'Information est le développement de systèmes informatiques nouvelle génération au service des usagers (agents conversationnels animés, simulateurs, systèmes d'aide à la décision, *etc.*). Désormais, la préoccupation majeure est de placer l'utilisateur au centre de ces systèmes : ce n'est plus à lui de s'adapter à la machine, mais à la machine de s'adapter à lui. Dans ce but, en particulier pour qu'il puisse interagir le plus naturellement possible avec elle, la machine doit avoir un comportement le plus proche possible de celui d'un humain, ce que Bates en 1994 qualifiait de *système crédible* (*i.e.*, donnant l'illusion de la vie) afin de maximiser leur utilisabilité. De nombreuses études montrent qu'un tel objectif ne peut être atteint qu'en y intégrant une gestion avancée de l'émotion (compréhension des émotions de l'utilisateur, et prise en compte de cette émotion dans la planification de sa ou ses prochaine(s) action(s), expression d'émotions en réponse au discours de l'utilisateur, *etc.*). En effet, une interaction naturelle inclut généralement des échanges émotionnels continus : expressions de joie, de surprise, de déception, de gratitude, *etc.*

La plupart des systèmes actuels se cantonnent encore à quelques émotions simples comme la joie, la tristesse ou la colère par exemple. Selon les théories dites de l'évaluation cognitive (voir l'ouvrage *Emotion and Adaptation* de Lazarus par exemple) ces émotions simples sont basées essentiellement sur une congruence ou une incongruence entre une attitude épistémique (connaissance, croyance, attente, prédiction, *etc.*) et une autre attitude mentale. Cette dernière peut être soit une attitude motivationnelle (désir, but, intention, *etc.*) capturant la manière dont on souhaiterait que le monde soit, soit une attitude normative (idéal, norme internalisée, norme morale, *etc.*) capturant la manière dont on pense que le monde devrait être. Par exemple, la joie est classiquement définie par le fait qu'une attitude épistémique est congruente avec une attitude motivationnelle, comme dans « Je suis content qu'il fasse beau (car je crois qu'il fait beau et que c'est ce que je souhaite) » ; la tristesse, par le fait que ces deux attitudes soient incongruentes, comme dans « Je suis triste d'avoir raté mon examen (car j'ai raté mon examen alors que je souhaitais le réussir) » ; l'approbation morale par une congruence entre une attitude épistémique et une attitude normative, comme dans « J'approuve le fait que tu aies dit la vérité (car je crois que tu as dit la vérité alors que par ailleurs il est interdit de mentir) ».

Mais les théories de l'évaluation cognitive sont plus riches et proposent des modèles d'émotion plus complexes. C'est le cas notamment de certaines émotions basées sur la responsabilité causale. Celle-ci capture l'idée qu'une personne est responsable d'avoir causé un certain fait si et seulement si ce fait est vrai alors que cette personne aurait pu faire en sorte qu'il ne le soit pas. (On peut bien sûr affiner cette notion mais ce n'est pas l'objet ici.) Par exemple, si après avoir arrosé une plante celle-ci meure alors qu'elle ne serait pas morte si elle n'avait pas été arrosée, on dira que la personne ayant arrosé la plante est responsable de sa mort. Il s'agit donc là d'une forme de raisonnement contre-factuel qui nécessite un effort cognitif (d'où le fait qu'on appelle parfois ces émotions des *émotions cognitives*). Une émotion complexe est alors définie comme un état résultant d'une congruence ou d'une incongruence entre l'état actuel du monde et dont on est responsable, et l'état du monde tel qu'on aurait souhaité qu'il soit (attitude motivationnelle) ou tel qu'il aurait du être (attitude normative). L'émotion diffère également du fait que l'on attribue la responsabilité à soi-même ou à une autre personne. Par exemple : le regret d'avoir fait quelque chose est le résultat d'une incongruence entre une attitude motivationnelle et une attitude épistémique portant sur sa propre responsabilité quant à la situation présente, comme dans « Je regrette d'avoir bu toute l'eau (car j'ai bu toute l'eau –alors que j'aurais pu ne pas le faire– et je voulais t'en laisser) » ; la culpabilité est très similaire mais fait intervenir une attitude normative, comme dans « Je culpabilise de ne pas lui avoir dit qu'il m'avait rendu trop d'argent (car j'avais la possibilité de l'empêcher de me rendre trop d'argent et en principe c'est ce que j'aurais du faire) » ; la gratitude est le résultat d'une congruence entre une attitude motivationnelle et un état dont quelqu'un d'autre est responsable, comme dans « Merci de m'avoir autorisé à sortir ce soir (car je souhaitais sortir ce soir et tu aurais pu t'y opposer) ».

## 2 Une rencontre entre l'intelligence artificielle, les technologies d'agent conversationnel et le rendu 3D réaliste temps-réel

Le but du projet CECIL concerne l'étude des émotions complexes, de leur expression verbale, faciale et gestuelle, ainsi que leur intégration dans l'agent conversationnel animé GRETA (voir FIG. 1) développé au LTCI (ParisTech).

Par *étude* (des émotions complexes) nous entendons une formalisation dans un langage formel de type logique modale.

Les modalités sont des opérateurs particuliers dont la spécificité par rapport à la logique classique est que la valeur de vérité d'une formule ne dépend pas de la valeur de vérité de ses sous-formules. Par exemple, la formule  $\Box\varphi$  peut être vraie même si  $\varphi$  est faux. Ce type d'opérateur est particulièrement utile en intelligence artificielle pour représenter des attitudes mentales telles que celles utilisées pour la formalisation d'émotions complexes. En effet, une des caractéristiques de ces attitudes c'est qu'elles sont à propos d'un état du monde, mais de par leur nature même, elles peuvent ne pas refléter le monde tel qu'il est actuellement. Par



FIG. 1 – *Détail du visage de GRETA en début de projet*

exemple, si l'opérateur  $\Box$  représente une croyance de l'agent  $i$ , on dira alors que l'agent  $i$  croit que  $\varphi$  est vrai, et l'agent  $i$  peut réellement avoir cette croyance sans pour autant que  $\varphi$  soit vrai dans la réalité (il peut se tromper). De même,  $\Box$  peut représenter un de ses buts, ou une norme à laquelle il accepte de se soumettre, *etc.* Cette partie du projet a donc consisté à analyser les différents composants des émotions complexes visées, afin de définir les opérateurs de la logique qui étaient nécessaires (et suffisants) pour décrire ces émotions. Il a fallut ensuite leur attribuer des propriétés pour qu'ils représentent bien les concepts qu'ils étaient sensés représenter. (Par exemple, si on estime qu'un agent ne peut avoir deux croyances contradictoires, alors il faut imposer une règle du type : si l'agent  $i$  croit que  $\varphi$  est vrai alors il ne croit pas que  $\varphi$  est faux.) Enfin, en se fondant sur des travaux en psychologie et en philosophie, il a fallut agencer des opérateurs afin de définir formellement les émotions complexes. Plus précisément, ce qui est formalisé correspond à la structure cognitive des émotions, c'est-à-dire les états mentaux que nous devons avoir au moment où nous éprouvons une émotion. Nous ne prenons pas en compte d'autres composantes de l'émotion (au sens de Scherer), comme par exemple les manifestations physiques ou physiologiques de l'émotion.

Mais il faut par ailleurs qu'un agent puisse manipuler ces émotions ainsi formalisées au sein d'un langage particulier afin d'être capable d'exprimer une émotion. Les travaux effectués au sein du projet CECIL sur ces aspects se sont

déroulés en deux phases : la première est partie du constat qu'en nous fondant sur la théorie des actes de langage (voir notamment le premier chapitre du livre de John Searle *Sens et expression*) les actes de langage propres à exprimer des attitudes psychologiques, en particulier des émotions, sont les actes de type expressif (ou *expressifs*). Nous avons alors élaboré une logique comprenant un opérateur particulier permettant de rendre compte de l'accomplissement de ce type d'acte. Cette logique est une extension de celle permettant de formaliser les émotions complexes afin que, naturellement, on puisse dans un même langage à la fois caractériser les émotions complexes et leur expression. Dans un second temps, cette modélisation des émotions complexes a ensuite donné lieu à l'implémentation d'une librairie d'*actes conversationnels multimodaux de type expressif*. Par *multimodaux* (terme qui n'a aucun lien avec les opérateurs modaux susmentionnés) nous entendons propres à exprimer des émotions *au travers des différentes modalités que sont la voix, le visage, et les gestes*. Cette librairie a été implémentée dans un langage de type XML au sein de l'agent GRETA (mais aussi l'agent MARC développé au LIMSI) conforme à l'architecture SAIBA ce qui a nécessité une extension de cette architecture puisqu'elle n'était initialement pas conçue pour manipuler de tels actes. Ainsi, GRETA a été dotée d'un moteur de raisonnement permettant d'une part de calculer ses intentions communicatives en fonction de ses émotions et de règles de régulation du dialogue, et d'autre part de sélectionner l'acte de communication multimodal à accomplir en réponse à son intention communicative. Ainsi, plutôt que de modéliser des actes de type expressif par un énoncé à prononcer associé à un label d'émotion, ces agents disposent d'actes spécifiques destinés à verbaliser de tels énoncés tout en exprimant une émotion particulière, celle décrite par l'acte particulier sélectionné. Un scénario de dispute entre les agents artificiels et humains a été implémenté. Une petite campagne de tests a ensuite été menée afin de déterminer s'il y avait une valeur ajoutée à utiliser un agent exprimant une émotion complexe de manière verbale et non verbale plutôt que de manière simplement verbale. L'étude, qui portait sur 23 personnes, semble apporter une réponse positive.

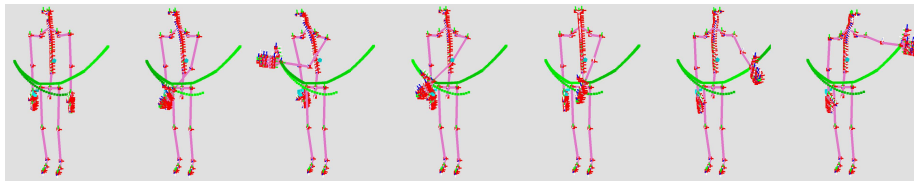


FIG. 2 – *Détail de l'animation des membres d'un agent de type SAIBA*

Enfin, il est nécessaire qu'un agent conversationnel animé puisse exprimer ces émotions complexes, ce qui nécessite de déterminer comment montrer une émotion particulière dans un contexte particulier. Dans ce but, un modèle qualitatif des expressions multimodales des émotions a été développé. Ce modèle inclut non seulement le langage mais aussi d'autres signaux tels que l'expres-

sion faciale (incluant la direction du regard et les mouvements de la tête) ou les gestes. Ce modèle a été implémenté dans GRETA sous la forme d'un module ayant fait l'objet d'une *proof-of-concept* (voir FIG. 2). Ce module prend en entrée un message émotionnel à exprimer et retourne en sortie un ensemble de signaux multimodaux exprimant ce message. Une attention particulière a été donnée à l'expression faciale des émotions prenant comme fondement les travaux de Paul Ekman dans le domaine. Ses travaux et d'autres suggèrent qu'il y a une certaine universalité dans l'expression de certaines émotions dites *de base* (la colère, le dégoût, le peur, la joie, la surprise et la tristesse). La difficulté principale qu'on rencontre lorsqu'on souhaite modéliser l'expression des émotions est



FIG. 3 – Détails du visage d'Obadiah et de ses rides autour des yeux avec le moteur de rendu 3D temps-réel développé pendant le projet CECIL

la rareté des études sur le sujet. Il est en effet très difficile d'avoir des études portant sur des émotions spontanées qui seules peuvent permettre une étude précise des expressions faciales (les expressions *jouées* se contentant de reproduire de manière généralement forcée certains traits caractéristiques de l'émotion considérée). Parmi les études qu'on trouve, seules très peu de descriptions sont exploitables dans le cadre d'une modélisation 3D de l'expression. Du point de vue de cette modélisation, on peut distinguer deux approches différentes : la première consiste à définir une expression faciale comme une combinaison linéaire des expressions associées aux émotions de base d'Ekman ; la seconde est une approche perceptive qui consiste à établir un lien entre certaines expressions faciales et certaines émotions en demandant à des sujets humains d'associer une étiquette à une grande série d'expressions faciales. Notre approche consiste à combiner ces deux approches et à les étendre à une expression multimodale des émotions. Parallèlement à cela, l'expression faciale d'émotions complexes requiert de disposer d'une représentation relativement fine du visage humain afin d'en rendre toutes les nuances. Il a donc été développé un algorithme original de rendu 3D temps-réel afin que l'agent conversationnel animé puisse exprimer ses émotions de manière réaliste et nuancée. Cet algorithme permet d'obtenir

une animation (du visage, de la tête et des membres) fluide de l'avatar avec un rendu hyper-réaliste sans nécessiter de calculer des images à l'avance. (cf. FIG. 3.)

## 3 Impacts

### 3.1 Résultats majeurs

Le projet CECIL a contribué à développer un formalisme logique permettant d'une part de représenter des émotions complexes mettant en jeu une notion de responsabilité causale et d'autre part de pouvoir raisonner à partir de ces émotions. Cette logique fondée sur le concept d'attitude mentale est propre à modéliser un agent ainsi que son évolution au cours du temps. (Résultats publiés à IJCAI'09 et AI Journal.)

Cette logique a ensuite été étendue pour pouvoir rendre compte de l'expression des émotions. C'est un domaine très peu étudié en littérature, y compris en philosophie de l'esprit et du langage. (Résultats publiés à AAMAS'2011.) Les différentes émotions formalisées ont constitué une base théorique pour l'élaboration d'une librairie d'actes de langage pour des agents de type SAIBA. Cette librairie a ensuite été intégrée à un agent de ce type (GRETA) afin d'encoder les énoncés à contenu émotionnels. (Résultats publiés à IVA'2011.)

Enfin, GRETA a profité du développement d'un rendu visuel 3D temps-réel le plus réaliste possible et d'une gestion synchronisée des expressions langagières, faciales et gestuelles. (Résultats publiés à Eurographics'2011.)

### 3.2 Production scientifique et brevets

Plusieurs articles dont : IVA 2012 & revue TSI 35:5 (moteur de calcul de l'intention communicationnelle) Eurographics 2011 (nouveau moteur de rendu graphique 3D) ; IVA 2011 (librairie en FML/BML d'actes de communication multimodaux) ; AAMAS 2011 (modèle formel de l'expression des émotions complexes) ; AI Journal 2011 (fondations formelles des émotions complexes), un chapitre « Ambient Intelligence and Smart Environments: Trends and Perspectives » 2011 (émotions complexe et intelligence ambiante) ; journal IEEE Transactions on Affective Computing 2010 (expression multimodale des émotions) ; conférences FMIS-09 et IAT 2009 (liens émotion-confiance) et IJCAI 2009 (premier modèle formel des émotions complexes).

Le projet CECIL a donné lieu à trois thèses : l'une dans le domaine de la logique et de l'intelligence artificielle, l'autre dans le domaine des agents conversationnels animés, et la dernière dans le domaine de la conception 3D.

Une proof-of-concept intégrant les différents résultats du projet est en cours d'élaboration.

*Merci à tout le consortium CECIL (voir [www.irit.fr/CECIL/](http://www.irit.fr/CECIL/)) pour la relecture de ce texte avant sa publication.*