

# Reconnaissance d'Etats Emotionnels et Interaction Temps-Réel avec un Agent Conversationnel : application à la Simulation d'Entretien de Recrutement

Hamza Hamdi, Paul Richard, Valerie Billaudeau

LISA, Université d'Angers, 62 avenue Notre Dame du Lac, 49000 Angers - France

*hamza.hamdi@etud.univ-angers.fr, paul.richard@univ-angers.fr, valerie.billaudeau@univ-angers.fr*

## Résumé

La reconnaissance des émotions est un aspect important de l'informatique affective dont l'un des objectifs est l'étude et le développement d'interactions comportementales et émotionnelles entre humains et agents conversationnels animés. Dans ce contexte, un point également important concerne les dispositifs d'acquisition et les outils de traitement des signaux conduisant à une estimation de l'état émotionnel de l'utilisateur. Le travail présenté dans cet article est lié au développement d'un simulateur destiné à la simulation d'entretiens d'embauche. Cet outil permettra aux candidats en phase d'insertion ou de réinsertion, une meilleure gestion de leurs compétences comportementales et états émotionnels et en particulier leur stress.

**Mots-clés:** *réalité virtuelle, extraction des émotions, interaction homme-machine, informatique affective, entretien d'embauche.*

## 1 Introduction

Depuis une vingtaine d'années, la modélisation informatique des émotions constitue une thématique de plus en plus reconnue dans le domaine de l'interaction homme-machine [9], [6], [7]. Les découvertes issues de la neurophysiologie et de la psychologie [2], qui établissent un lien ténu entre émotion, rationalité et prise de décision, ont accentué l'intérêt pour la prise en compte des émotions.

Dans sa composante expressive, l'émotion constitue un support privilégié pour la modélisation d'agents virtuels dotés d'une enveloppe corporelle. Du fait de leur "incarnation", ces agents sont capables de communiquer non seulement verbalement (langage parlé) mais aussi à travers les gestes, les expressions faciales, les postures, la direction du regard, le ton de la voix ou encore le rythme d'énonciation. Ces canaux d'expressions viennent ainsi enrichir le sens des messages qu'ils sont amenés à transmettre.

Nos travaux s'inscrivent dans le cadre du projet "PISE" qui vise au développement d'une Plateforme Immersive de Simulation d'Entretien d'embauche en temps réel, dans laquelle un individu est confronté à un agent virtuel (le recruteur) dans un environnement 3D. L'objectif est de permettre au candidat, bénéficiant d'un suivi pédagogique par un coach, d'améliorer ses compétences comportementales et de s'entraîner à gérer la dimension émotionnelle dans un contexte de recrutement. L'intégration de nos travaux est faite au moyen de la plateforme OpenSpace3D [3] qui permet la scénarisation d'environnements 3D temps réel interactifs.

Le comportement et les questions posées par le recruteur virtuel doivent permettre au candidat de réagir sur des dimensions techniques et comportementales. La récupération des informations issues des Interfaces Homme-Machine permet d'analyser l'aspect non-verbal de l'échange : postures, gestes,

émotions. L'ensemble des données recueillies sont traitées, d'une part grâce à un moteur d'analyse comportementale fonctionnant en temps réel, et d'autre part grâce à un moteur de scénarisation.

Les données émotionnelles et comportementales permettent d'influer ou de moduler le comportement du ou des recruteur(s) virtuel(s) : animation, scénarisation, synthèse vocale. L'objectif est ainsi d'obtenir une véritable simulation comportementale reproduisant une interaction sociale dans un univers virtuel.

## 2 Objectifs et méthodologie

L'objectif principal est le développement d'un simulateur innovant permettant une interaction multimodale et comportementale entre un utilisateur humain (le candidat) et un agent conversationnel animé (le recruteur virtuel). Cet objectif repose en particulier sur le développement d'une plate-forme d'analyse comportementale et émotionnelle permettant l'identification d'états émotionnels en temps réel via l'acquisition des signaux de différentes natures. L'objectif est ainsi d'obtenir une véritable simulation comportementale reproduisant une interaction sociale dans un univers virtuel.

Un point également fondamental concerne le développement de différents modules du moteur d'intelligence artificielle. Ces modules sont en charge de gérer l'échange entre le recruteur virtuel et le candidat dans un environnement virtuel contrôlé. En effet, le comportement de recruteur virtuel doit être réaliste et donc idéalement évoluer en fonction du comportement et de l'état émotionnel du candidat.

Dans ce contexte, nous avons été confrontés à trois verrous scientifiques et technologiques que nous avons traité de manière séquentiel le (1) la détection et l'identification des états émotionnels de l'utilisateur à partir de signaux issus de différents capteurs, (2) la modélisation d'émotions (expressivité des gestes et du visage) de l'ACA et de son profil comportemental, et (3) la prise en compte, en temps réel, de l'état émotionnel du candidat dans la simulation.

La méthodologie proposée repose sur une analyse de l'état de l'art concernant la reconnaissance des émotions et en particulier des différents capteurs utilisés et outils de traitement d'analyse et de classification des signaux. Par la suite, nous avons procédé à différentes expérimentations permettant (i) d'analyser et de calibrer les signaux issus des différents capteurs proposés, à travers un protocole basé sur l'utilisation d'images et vidéos émotionnelles contrôlées, et (ii) l'extraction de modèles mathématiques permettant une identification temps réel des émotions. Puis, nous avons développé et intégré au simulateur PISE une plate-forme d'analyse comportementale et émotionnelle (PACE), intégré au simulateur PISE. Enfin, nous avons mené une expérimentation permettant de valider le simulateur PISE via l'analyse de données objectives et subjectives recueillies.

Dans la section suivante, nous décrivons l'architecture générale du simulateur PISE. Ensuite, nous abordons les aspects relatifs à la modélisation émotionnelle et comportementale du candidat et de l'agent conversationnel animé. Enfin, nous présentons l'évaluation du simulateur et analysons en particulier les données recueillies.

## 3 Architecture générale du système

Le système est un outil de simulation en temps réel permettant de générer un entretien ayant une dimension émotionnelle forte entre un agent conversationnel animé (le recruteur virtuel) ou ACA (ou encore Embodied Conversational Agent en Anglais, ECA), et un humain (le candidat). L'agent conversationnel est doté d'une personnalité et d'un comportement spécifique (envahissant, pondéré, discret, etc.) L'entretien se déroule selon un scénario établi, durant lequel un nombre défini de thématiques sont abordées. Afin de rendre la simulation plus vivante et moins prévisible, notre ACA à

la possibilité de s'écarter du scénario originel (lorsque par exemple il détecte un pic de stress chez le candidat). L'interaction recruteur/candidat consiste à ce-que les interventions du recruteur virtuel soit modulées par l'état émotionnel du candidat (ou plus exactement par la vision qu'il s'en fait aux travers des capteurs IHM)(figure 1).

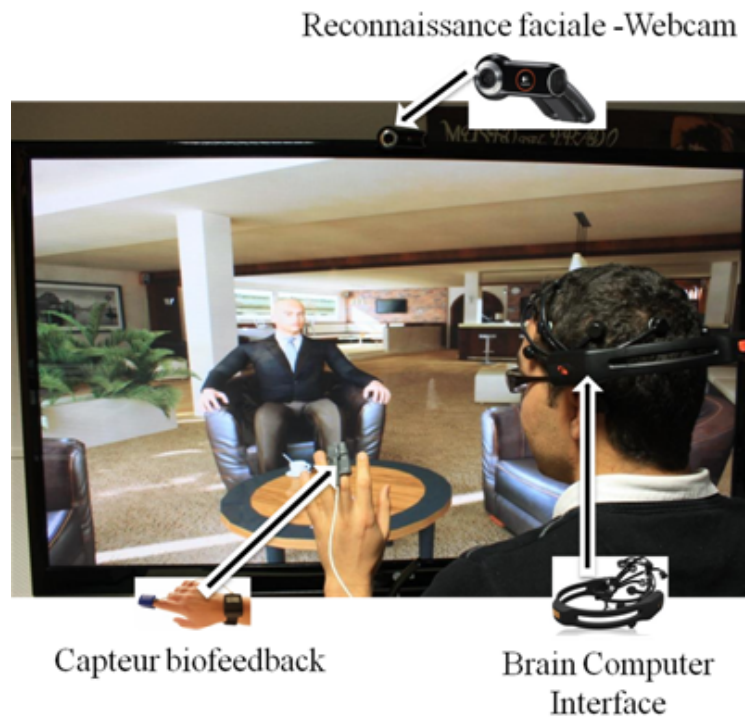


FIGURE 1 – Architecture générale du système.

### 3.1 Modèle émotionnel du candidat

Lors de la simulation, l'état émotionnel du candidat est défini selon plusieurs modèles de référence. D'une part, nous utilisons le modèle défini par l'approche discrète d'Ekman, permettant la détection en temps réel d'émotions primaires (joie, colère, peur, dégoût, tristesse et surprise). D'autre part, nous nous intéressons également à des caractéristiques émotionnelles et comportementales propres au contexte de l'entretien d'embauche. Ainsi, la reconnaissance d'émotions secondaires a également été intégrée dans la plate-forme. Dans ce cadre, le modèle proposé par Izard [4] semble pertinent car il permet d'introduire la notion d'intérêt. Stratton [10] propose également d'analyser l'état d'excitation comme étant une émotion pertinente dans le contexte de l'entretien d'embauche. Oatley et Johnson-Laird [5] proposent d'inclure l'anxiété comme étant une émotion pertinente dans sa forme aggravée, à savoir le stress. Enfin, la théorie de Schachter et Singer [8] introduit le mépris comme une émotion secondaire intéressante.

En définitive, le modèle émotionnel retenu est composé des caractéristiques émotionnelles suivantes (i) émotions primaires : joie, peur, dégoût, surprise, tristesse et colère, et (ii) émotions secondaires : intérêt/excitation, anxiété/stress et mépris.

Afin de détecter en temps réel l'état émotionnel de l'utilisateur, celui-ci sera équipé de plusieurs Interfaces Homme-Machine :

- L'interface neuronale directe (ou BCI pour Brain Computer Interface) Emotiv EPOC, permettant de détecter l'état affectif et expressif du candidat,
- Le capteur biofeedback Nonin Wrist Ox2, permettant la détection du rythme cardiaque,
- Une webcam permettant, via une solution de reconnaissance faciale, de détecter les émotions primaires chez le candidat.
- Un microphone pour la reconnaissance vocale.

## 3.2 Modèle de personnalité de l'ACA

Lors d'une simulation, le candidat est confronté à un Agent Conversationnel Animé ayant une apparence physique humaine et pourvu d'un modèle comportemental défini lors du paramétrage de la simulation. Le contenu de son discours est géré par le module *moteur d'IA* qui, après analyse du comportement et des émotions du candidat, enverra les scripts d'émissions qui seront joués au fur et à mesure de la simulation.

Les caractéristiques comportementales de l'ACA s'inspirent du modèle PerfECHO développé par l'entreprise PerformanSe<sup>1</sup>. Ainsi, lors d'une simulation, le comportement de l'agent est régi par l'un des 9 modèles de recruteurs suivants : discret, pondéré, envahissant, réactif concentré, timoré, opposant personnel, sympathique inquiet, impatient ou volubile.

Une étude a été réalisée afin de définir le niveau de réalisme du rendu relatif à la modélisation et au texturing du personnage 3D, représentant le recruteur virtuel (ACA). Trois ethnies (caucasienne, asiatique, et africaine) ont été introduites et peuvent être sélectionnées (le choix d'une ethnie définit la couleur de peau et les traits du visage du recruteur virtuel). Chaque recruteur est pourvu d'animations gestuelles, faciales, avec synchronisation labiale.

## 3.3 Description des environnements virtuels

La simulation consiste en un échange d'une durée définie entre l'utilisateur (candidat) et l'agent conversationnel animé (recruteur) dans un environnement virtuel. Divers types d'environnements ont été proposés et développés : une *salle de réunion*, un *bureau de PME*, et un *café bar* (Fig. 2). Chaque environnement est régi par un certain nombre d'éléments qui lui sont propres, allant des personnages non joueurs jusqu'aux interruptions environnementales. Le *Moteur d'Intelligence Artificielle*, comme nous l'avons conçu, a pour vocation de restituer l'échange candidat-recruteur suivant les conditions les plus réalistes possibles. L'idée est de pouvoir, à la fois, rendre la simulation réaliste, mais également de chercher à provoquer des émotions chez le candidat.

# 4 Evaluation du simulateur

Cette étude expérimentale, réalisée dans le cadre du projet PISE, repose sur une simulation interactive et immersive dans laquelle le sujet (candidat) est impliqué à travers un dialogue avec un Agent conversationnel Animé (ACA). Cette simulation (entretien d'embauche) implique une interaction comportementale qui offre au candidat la possibilité de s'exprimer de manière naturelle et de répondre aux questions posées par l'ACA. Celles-ci correspondent à sept thématiques (phases de la simulation) généralement abordées lors d'un entretien d'embauche : présentation, formation initiale, personnalité, expérience professionnelle, prétentions salariales, perspectives d'évolution dans l'entreprise et conclusion [1].

L'objectif de cette étude est de valider : (i) de manière objective (données recueillies via les capteurs utilisés, émotions détectées, données comportementales) et subjective (ergonomie, utilisabilité, acceptabilité, etc.) l'outil expérimental proposé, et (ii) l'intégration et le fonctionnement de la plateforme d'analyse comportementale et émotionnelle (PACE). Dans cette perspective, nous avons mis en place un protocole expérimental permettant de remplir ces objectifs.

## 4.1 Configuration de la simulation

L'interface de configuration de la simulation est une application web qui permet de créer et d'activer des profils utilisateurs. Elle s'interface avec une base de données de configuration. En effet, nous pouvons créer et paramétrer différentes simulations avec en particulier le choix de différents

---

1. <http://www.performanse.fr/>



(a)



(b)



(c)

FIGURE 2 – Environnements virtuels : (a) bureau , (b) salle de réunion, (c) lobby-bar

paramètres, concernant (i) les caractéristiques comportementales de l'ACA parmi le neuf modèles prédéfinis, (ii) le type de scénario (modèle comportemental a deux scénarios) qui permet à configurer le déroulé de la simulation, et (iii) l'un des trois environnements virtuels développés dans le cadre du projet PISE (bureau de PME, salle de réunion et café-bar) (Fig. 3). Une fois la configuration réalisée, la simulation peut commencer.

### CONFIGURATION DE L'AGENT VIRTUEL

**PERSONNALITÉ**

Enzo  Personne qui occupe l'espace et dont les réactions peuvent être vives




---


**SCÉNARIO**

RH Masculin Enzo

---

**SCÈNE**



Retour

FIGURE 3 – Interface de configuration de la simulation : personnalité de l'ACA (Enzo), scène (bureau de PME).

## 4.2 Procédure

Chaque candidat a été équipé de différents capteurs et placé devant un écran plasma de 148 cm de diagonale (Fig. 1). Avant de réaliser l'expérience, chaque sujet a bénéficié d'une explication orale de la part de l'expérimentateur, et en particulier concernant les 7 phases de l'entretien : présentation, formation initiale, personnalité, expérience professionnelle, prétentions salariales, perspectives d'évolution et conclusion. Les différents capteurs utilisés pour l'acquisition de signaux physiologiques sont : le casque EEG (Epoc), le capteur biofeedback WristOx2, la ceinture de respiration et la webcam. Le sujet devait passer tout d'abord par une phase de vérification de la connexion des différents systèmes d'acquisition et une phase de calibration de l'Epoc (Fig. 1). Une fois la simulation lancée, l'ACA, assis dans un fauteuil face au sujet, commence l'entretien. Celui-ci est animé et effectue différents gestes préenregistrés au cours du dialogue. La simulation dure entre 20 à 30 minutes, selon la personnalité choisie de l'ACA. Différentes informations sont enregistrées au cours de la simulation : l'ensemble des signaux détectés, les émotions sélectionnées (via un fichier XML), les questions posées par le recruteur, le temps de parole du candidat ainsi que celui du recruteur.

A la fin de la simulation, le sujet peut consulter le bilan émotionnel de la simulation (Fig. 4). Ce bilan est présenté sous forme de courbes correspondant aux pics émotionnels répartis sur la durée de la simulation. Des lettres sont utilisées pour indiquer les différentes phases de l'entretien. Ainsi, dans l'exemple illustré à la Figure 4 (courbe violette) à l'instant 16mn15sec (phase de conclusion - lettre C), le candidat passe par un léger pic émotionnel négatif.



## CONTEXTE DE LA SIMULATION

Agent  Jean	Scène  Bar	Scénario  RH Masculin	Mr bastien b arkeon.work@gmail.com
----------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

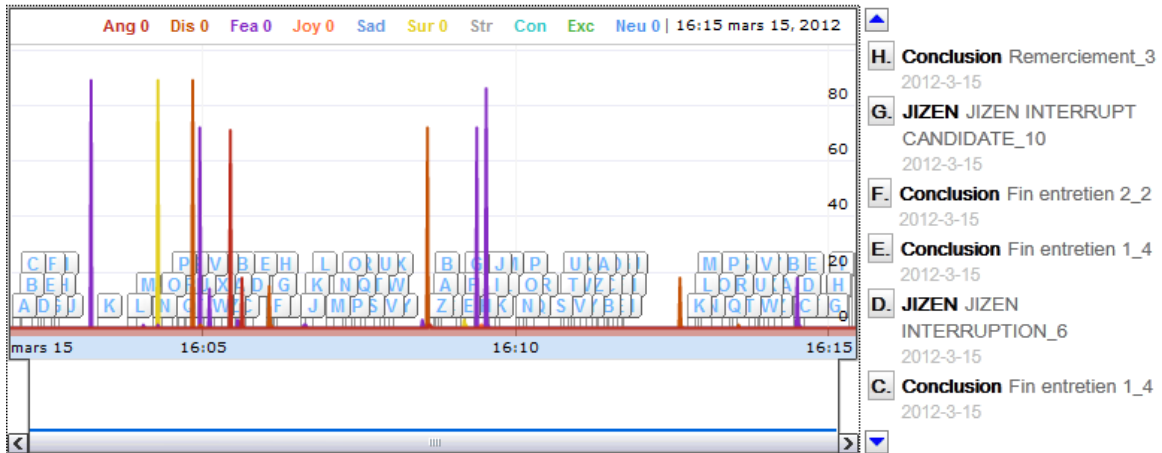


FIGURE 4 – Illustration d'un bilan permettant d'analyser les pics émotionnels ressentis par le sujet au cours de la simulation.

Après accomplissement de la tâche, nous avons donné à chaque sujet un questionnaire. Les sujets devaient évaluer la nature et l'intensité des émotions ressenties pour chaque phase d'entretien, le comportement de l'ACA (animation, dialogue), le réalisme de l'environnement virtuel ainsi que les aspects liés à l'ergonomie, l'utilisabilité et l'acceptabilité du simulateur. Pour chacune de ces questions, les sujets devaient exprimer leur avis selon une échelle de Likert à sept points.

L'expérimentation s'est déroulée dans un environnement contrôlé, présentant une bonne luminosité, pour une analyse efficace des expressions faciales via la webcam. L'ambiance sonore a réduite au maximum afin de ne pas perturber les sujets pendant l'expérimentation.

### 4.3 Résultats

La Figure 5 montre les moyennes des quatre émotions (correspondant à l'excitation, la peur, la joie et la surprise) qui ont évoluées pendant l'entretien. Nous avons constaté que chacune de ces émotions variait en fonction de la phase de l'entretien. Ainsi, pour l'excitation, nous avons déterminé une moyenne de 38,1% pour la phase prestations salariales. En ce qui concerne la surprise et la joie, nous avons déterminé des moyennes de 10,8% et 38,1% respectivement. Dans les phases perspectives et conclusion, nous avons observé des moyennes de 74,5% et 77,2% respectivement pour la joie. En ce qui concerne les phases introduction et expérience professionnelle, un sentiment de joie à l'air de prédominer. Nous avons déterminé des valeurs de 41,2% et 44,3%, respectivement. En ce qui concerne les autres phases, et en particulier les phases étude et formation, et personnalité, la peur semble alors dominer (35,4%, et 29,1% respectivement).

Nous remarquons que les sujets ont été en état de relative excitation durant la phase salaire. Le fait que lors d'un entretien réel, cette phase soit également d'une forte intensité émotionnelle, contribue à valider notre simulateur. En outre, nous constatons que les sujets, en moyenne, terminent l'entretien dans un état émotionnel relativement positif (trois dernières phases de l'entretien). Alors

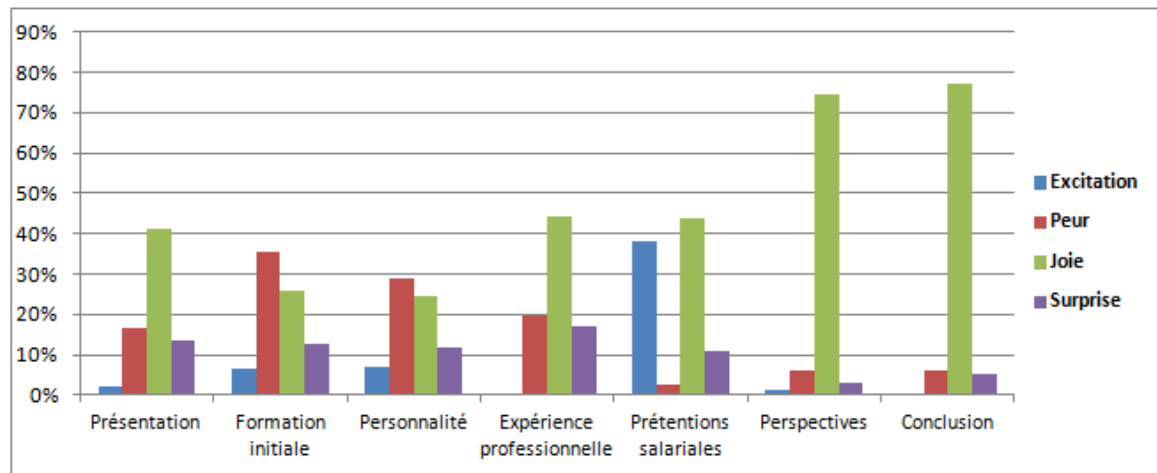


FIGURE 5 – Illustration de l'évolution des émotions pendant les phases de l'entretien.

qu'en moyenne, les sujets ont été dans un état émotionnel relativement mitigé (mélange entre la joie et la peur) dans les phases étude et formation, et personnalité.

## 5 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté le processus de développement de l'architecture du simulateur d'entretien d'embauche (PISE). Nous avons détaillé les différents modules du simulateur. Ces modules reposent sur deux acteurs principaux : l'agent conversationnel animé (ACA) et le candidat. En effet, l'ACA a une apparence et des caractéristiques comportementales humaine. Le candidat est représenté dans un module d'intelligence artificielle par un vecteur d'état émotionnel. Pour construire ce vecteur, nous avons intégré au simulateur une plate-forme d'analyse comportementale et émotionnelle (PACE), permettant en particulier une détection des émotions en temps-réel. Puis, nous avons défini le modèle émotionnel du candidat ainsi que le modèle de personnalité de l'ACA. Puis, nous avons présenté l'interaction comportementale candidat/ACA afin d'obtenir une véritable simulation comportementale reproduisant une interaction sociale dans un univers virtuel.

Une procédure expérimentale a permis d'évaluer le simulateur PISE. L'étude expérimentale repose sur une simulation interactive et immersive dans laquelle le candidat est impliqué à travers un dialogue avec l'ACA. Nous avons utilisé un casque EEG, un capteur biofeedback, une ceinture de respiration et une webcam comme outils d'acquisition afin de déterminer l'état émotionnel du candidat. L'expérimentation proposée avait un double objectif : la validation de notre simulateur, et l'évaluation du fonctionnement de la plate-forme d'analyse comportementale et émotionnelle (PACE). Les résultats obtenus permettent de valider partiellement le simulateur.

Ces travaux ouvrent la voie à des applications dans de nombreux domaines et contribuent à la démocratisation de l'usage de nouvelles interfaces homme-machine et techniques en informatique affective.

## Références

- [1] V. Billaudeau, L. Diot, A. Trenvouez, and A. Didry. *Le recrutement : quelles pratiques actuelles ? : Résultats d'enquête auprès des professionnels du recrutement*. France, 2012.
- [2] A. Damasio. *L'Erreur de Descartes. La raison des émotions*. Odile Jacob, 1994.
- [3] I-Maginer. Openspace3d. <http://www.openspace3d.com/>.



- [4] C. E. Izard. *The face of emotion*. Appleton-Century-Crofts, New York, 1971.
- [5] K. Oatley and P. Johnson-Laird. Towards a cognitive theory of emotions. *cognition & emotion*, 1987.
- [6] R. Pfeifer, S. Kaiser, and T. Wehrle. Artificial intelligence models of emotions. In *Cognitive Perspectives on Emotion and Motivation*, volume 44, pages 287–320, 1988.
- [7] R. Picard. *Affective Computing, rapport interne du MIT Media Lab*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA, 1997.
- [8] S. Schachter and J. Singer. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *69(5) :379–399*, 1962.
- [9] A. Sloman and M. Croucher. *Why robots will have emotions*. Originally appeared in Proceedings IJCAI 1981, Vancouver, Sussex University as Cognitive Science, 1981.
- [10] G. Stratton. Cattle, and excitement from blood. *30(5) :380–387*, 1923.