

Université de Montréal

Environnement Virtuel Générateur d'Émotions

Par Pierre-Olivier Brosseau

**Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de
Montréal, Faculté des arts et sciences**

Mémoire présenté à la Faculté des arts et sciences en vue de
L'obtention du grade de M. Sc. en informatique

Août 2014

©Pierre-Olivier Brosseau, 2014

RÉSUMÉ

Les émotions jouent un rôle important dans la prise de décision quotidienne. En effet, elles influencent grandement la manière dont les individus interagissent avec leur environnement. Dans cette étude nous avons premièrement conçu un environnement virtuel de conduite automobile, puis créé des scénarios générateurs d'émotions à l'aide de la méthode Belief-Desire-Intention. Nous avons évalué l'efficacité de ces scénarios à l'aide d'un groupe de 30 personnes et d'un casque électroencéphalogramme pour mesurer leurs émotions. On observe que plus de 70% des scénarios conçus avec cette méthode ont généré l'émotion que l'on avait anticipée chez 52% à 76% des participants. La deuxième phase de cette expérience porte sur la réduction d'émotions avec un agent correcteur. Nous avons noté une efficacité de la réduction des émotions allant de 36.4% jusqu'à 70.0% des participants à travers les différents scénarios.

Mots Clefs: Modèle BDI, Environnement Virtuel, Génération d'émotions, Création de scénarios générateurs d'émotions, Conduite avec EEG.

ABSTRACT

Emotions play an important role in daily decision-making. Indeed, they greatly influence how individuals interact with their environment. In this study, we first designed a virtual driving environment and various emotion-inducing scenarios using the Belief-Desire-Intention method. We evaluated the effectiveness of these scenarios with a group of 30 people and an EEG headset to measure the emotions. Over 70% of scenarios designed with this method induced the emotion that had been anticipated in 52% to 76% of the participants. The second phase of this experiment is the reduction of emotions with a corrective agent. We noted an efficiency in reducing emotions ranging from 36.4% to 70.0% of the participants through the different scenarios.

Keywords: BDI Model, Virtual Environment, Inducing Emotions, Creation of emotionalinducing scenarios, EEG Driving

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
ABSTRACT.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES	vii
NOTATIONS.....	ix
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 2 L'ENJEU DES ÉMOTIONS DANS LA CONDUITE AUTOMOBILE....	4
2.1 Le rôle des émotions dans les réactions et le processus de décision.....	4
2.2 Revue de la littérature.....	5
2.3 Les dangers de la rage au volant	7
2.4 Comment provoquer les émotions.....	8
2.5 Comment mesurer les émotions	9
2.6 L'approche du mémoire sur le problème	10
CHAPITRE 3 PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE.....	12
3.1 Introduction	12
3.2 L'éditeur de niveau.....	12
3.3 Création du profil utilisateur	16
3.4 Les quiz	17
3.5 La simulation.....	17
3.6 L'agent correcteur d'émotions	22
3.7 L'analyse des résultats	22
3.8 L'enregistrement des émotions	23
3.8.1 Le casque Emotiv EPOC	23

3.8.2 L'interface de connexion	25
3.8.3 L'enregistrement des émotions.....	26
3.9 La méthodologie.....	27
CHAPITRE 4 CRÉATION DE SCÉNARIOS GÉNÉRATEURS D'ÉMOTIONS	28
4.1 Introduction	30
4.2 Previous work.....	31
4.3 Creation of Scenarios	33
4.3.1 Scenarios based on BDI model.....	33
4.3.2 Using BDI to induce an emotion	34
4.4 Experimentation	35
4.5 Results.....	38
4.6 Conclusion.....	41
4.7 References	42
CHAPITRE 5 ENVIRONNEMENT VIRTUEL RÉDUCTEUR D'ÉMOTIONS	44
5.1 Introduction	45
5.2 Previous work.....	47
5.3 The Emotional Car simulator	48
5.3.1 The environment.....	48
5.3.2 Collecting the data	49
5.3.3 The correcting agent	49
5.3.4 The results.....	50
5.4 Experimentation	51
5.5 Results.....	53
5.6 Conclusion.....	55
5.7 References	56

CHAPITRE 6 DISCUSSION	59
CHAPITRE 7 CONCLUSION	62
Références.....	65
Annexe A Formulaire de consentement.....	i

LISTE DES TABLEAUX

Dans le mémoire :

- Tableau 1. Les scénarios

Dans le premier article :

- Table 1. Strongest emotion generated after the opposition event
- Table 2. Efficiency of the correcting agent for all the participants

Dans le deuxième article :

- Table 1. Average emotions generated in the simulator for all participants
- Table 2. Efficiency of the correcting agent for all participants

LISTE DES FIGURES

Dans le mémoire :

- Figure 1. L'éditeur de cartes Tiled
- Figure 2. Exemple de format d'une carte interprétée par le simulateur Figure 3. Exemple du code pour le troisième scénario
- Figure 4. Aperçu d'un scénario
- Figure 5. Écran d'enregistrement d'un nouvel utilisateur Figure 6. Le quizz posé avant un scénario
- Figure 7. La simulation lors du scénario 5, le passage piétonnier Figure 8. L'agent correcteur d'émotions
- Figure 9. Analyse des résultats
- Figure 10. Le casque Emotiv EPOC
- Figure 11. EPOC Control Panel avec une connexion adéquate pour faire l'expérience
- Figure 12. Mauvaise réception pour certains récepteurs
- Figure 13. L'onglet Affectiv Suite du EPOC Control Panel

Dans le premier article :

- Figure 1. The Fire Truck scenario running in the Virtual Environment
- Figure 2. The correcting agent
- Figure 3. Raise of Excitement after the Fire Truck starts its siren
- Figure 4. Raise of Frustration after the user notices that the only parking spot left was taken by a passing car
- Figure 5. The effect of the correcting agent on the high excitement of the user (while the agent is talking).

Dans le deuxième article :

- Figure 1. The experimental environment (EEG and simulation system) Figure 2. The correcting agent
- Figure 3. The variation of emotions while in traffic, x-axis is the time and y-axis is the percentage of emotion
- Figure 4. The parking lot (Scenario #6)
- Figure 5. The Fire Truck (Scenario #8)
- Figure 6: Excitement generated
- Figure 7: Frustration (in red) generated
- Figure 8. The effect of the correcting agent on the high excitement of the user (while the agent is talking)

NOTATIONS

- BDI : De l'anglais Belief-Desire-Intention
- EEG : Électroencéphalogramme
- IAPS: International Affectiv Picture System
- AAA: American Automobile Association
- ITS : Intelligent Tutoring Systems
- AS3 : Le langage de programmation ActionScript 3.0

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Les émotions jouent un rôle important dans la prise de décision quotidienne. En effet, elles influencent grandement la manière dont les individus interagissent avec leur environnement. Lors de la conduite automobile, ces émotions peuvent avoir des effets très néfastes sur la route, voir même causer la mort d'automobilistes ou de piétons.

Les pensées et les actions des êtres humains sont issus d'un processus très complexe. Plusieurs facteurs, dont les émotions d'une personne, changent la manière dont elle perçoit et interagit avec le monde. Il existe plusieurs techniques pour repérer les émotions, car elles sont faciles à repérer et classifier en temps-réel. Les émotions sont aussi facilement associées à des réactions ou des changements de comportements, ce mémoire portera plus particulièrement sur le cas de la rage au volant.

Les émotions affectent la prise de décisions et peuvent empêcher une personne de prendre des décisions rationnelles, ce qui peut être très dangereux dans des situations comportant des dangers, comme la conduite automobile. Les émotions peuvent entraîner des comportements violents, augmentent le temps de réaction et nuisent aux décisions d'un conducteur. Sur la route, une simple distraction provenant d'une émotion forte peut entraîner un manque de vigilance chez un conducteur et causer un accident. Dans ce mémoire, nous allons simuler des conditions pour provoquer de fortes émotions en situation de conduite automobile, les mesurer à l'aide d'un casque EEG et ensuite les réduire avec un agent correcteur d'émotions pour diminuer les risques d'accidents sur la route.

La rage au volant est un problème majeur sur la route, car elle est la cause de graves accidents. Que ce soit par des attaques physiques, à l'aide du véhicule ou même dans des cas extrême avec un fusil, la rage au volant cause des milliers de blessés et morts par année. La rage au volant, qui cause ces situations dangereuses sur la route, provient de l'agression d'un conducteur engendrée par de fortes émotions.

Les émotions se reflètent dans le comportement des conducteurs de plusieurs manières. Que ce soit par une agression verbale (en criant), une expression physique de son agressivité (coup de poing) ou par l'utilisation du véhicule (klaxonner), les actions causées par ces émotions fortes sont toujours dangereuses. La colère est l'émotion la plus dangereuse, car elle entraîne des comportements imprudents et met en danger non seulement le conducteur et ses passagers, mais les autres véhicules sur la route.

Pour corriger ce problème il faut premièrement provoquer les émotions qui sont à l'origine de la rage au volant. Pour ce faire, une analyse des différentes techniques provoquant des émotions a permis de concevoir un environnement virtuel de simulation de conduite automobile qui reproduit de telles conditions.

Les principales techniques pour provoquer des émotions emploient la stimulation auditive à l'aide de musique et d'effets sonores, la stimulation visuelle par des images ou séquences vidéos ou une imitation des traits du visage associés à une émotion. Sur la route, un conducteur reçoit beaucoup d'information et doit prendre des décisions en temps réel, il est donc nécessaire de créer un environnement qui reproduit de telles conditions pour s'assurer que les émotions provoquées soient semblables à celles vécues sur la route. Dans cette étude, un simulateur de conduite automobile est développé pour permettre la génération d'émotions en utilisant des stimulations sonores, visuelles et l'interaction du participant avec le monde conçu pour chaque scénario.

Plusieurs études portent sur l'analyse d'émotions des conducteurs par la voix, la respiration, le rythme cardiaque et même par le biais d'une caméra qui lit les yeux ou le visage. Cependant, ces recherches ne sont pas complètes, car elles portent uniquement sur la détection des émotions sans étudier des moyens efficaces pour les réduire. C'est pourquoi cette étude aborde premièrement la problématique de la génération d'émotions en créant des scénarios émotionnels qui représentent des situations plus réalistes que des bandes vidéo ou audio, qui sont les méthodes employées actuellement dans les études sur le sujet. Ensuite, une approche pour détecter et enregistrer les émotions du conducteur grâce aux ondes cérébrales est proposée. Cette technique, peu exploitée dans le domaine de la reconnaissance d'émotion lors de la conduite automobile, est beaucoup plus précise

parce que le casque EEG enregistre les ondes cérébrales qui sont plus spécifiques aux émotions ressenties.

Une fois les émotions provoquées avec le simulateur et vérifiées à l'aide du casque EEG, il faut s'attaquer au problème de la réduction de ces fortes émotions. Pour ce faire, cette recherche utilise un agent correcteur d'émotions. Il prend la forme d'un personnage qui donne des conseils à l'utilisateur avec une voix calmante après chaque scénario. En écoutant les conseils de l'agent correcteur d'émotions, le taux de participants qui ont vu une réduction de leurs émotions fortes dans les différents scénarios varie de 36.4% à 70.0%.

Ce mémoire débute par la description de l'enjeu des émotions dans la conduite automobile, suivi de la création de l'environnement virtuel de simulation de conduite automobile comprenant neuf scénarios générateurs d'émotions. La phase d'expérimentation a été effectuée avec 30 participants et a mené à la rédaction de deux articles. Le premier article présentera le processus de création des scénarios générateurs d'émotions à l'aide de la méthode BDI. Le deuxième article traitera du processus de réduction d'émotions à travers notre environnement virtuel. Finalement, ce mémoire se termine par une discussion sur les résultats obtenus, les limitations du système, les améliorations possibles et les contributions pour des recherches futures que cette expérience a amenés.

CHAPITRE 2 L'ENJEU DES ÉMOTIONS DANS LA CONDUITE AUTOMOBILE

2.1 Le rôle des émotions dans les réactions et le processus de décision

Les pensées et les actions des êtres humains ne sont pas le résultat du hasard. Le tempérament, les humeurs et les émotions d'une personne façonnent sa perception du monde et influencent la façon dont elle réagit. Le tempérament et la personnalité d'une personne ne varient pas beaucoup avec le temps, contrairement aux émotions qui sont plus faciles à repérer et classifier en temps-réel. De plus, les émotions sont plus facilement associées à des répercussions sur le comportement de la personne.

Les émotions jouent un rôle important dans la prise de décisions. Elles peuvent durer de quelques minutes jusqu'à plusieurs jours (ce que l'on qualifie d'humeur). Le plus important est que ces émotions affectent le processus de décision et vont permettre ou empêcher une personne de réagir adéquatement dans une situation cruciale. Être distrait à cause d'une émotion forte peut causer un manque de vigilance à n'importe quel moment. La recherche de Cai et al. [12] démontre que la colère et l'excitation entraînent une augmentation du rythme cardiaque, de la respiration et de la conductivité de la peau. Un conducteur qui n'est pas dans un état émotionnel normal a tendance à changer de voie rapidement, à tourner le volant plus violemment et à bruler des lumières quand il est en colère ou excité.

Ce mémoire portera sur un cas particulier; la conduite automobile. Lors de la conduite automobile, une simple distraction peut représenter la différence entre la vie et la mort pour le conducteur, les passagers et même ceux des autres véhicules sur la route. En général, les émotions augmentent le temps de réaction, ce qui est particulièrement dangereux dans ce contexte. Certaines émotions entraînent même des comportements violents de la part des conducteurs, ce phénomène portant le nom de rage au volant. Dans ce mémoire, nous allons voir comment on peut mesurer les émotions d'un conducteur et

s'il est possible de réduire ou de prévenir les émotions fortes pour diminuer les accidents sur la route.

2.2 Revue de la littérature

Improving Automotive Safety by Pairing Driver Emotion and Car Voice Emotion (2005)

Clifford Nass et son équipe ont fait une étude pour déterminer si une voiture équipée de la capacité de parler peut influencer la performance de son conducteur. Pour provoquer l'émotion des participants, ces derniers sont invités à regarder un vidéo de 5 minutes, et ensuite à passer 20 minutes dans un simulateur de conduite où le participant peut interagir avec la voix de la voiture qui fait des remarques avec une voix énergétique/modérée. Leur résultats montrent que quand la voix de la voiture à un ton similaire à celle du conducteur, ce dernier fait moins d'accident, fait plus attention à la route et participe plus à la conversation avec la voix de la voiture.

Automatic Recognition of Affective Cues in the Speech of Car Drivers to Allow Appropriate Responses (2005)

Christian Martyn Jones et Ing-Marie Jonsson ont construit un système pour reconnaître l'émotion du conducteur à l'intérieur de la voiture à partir de traits analysés dans la voix. Leur système associe des traits acoustiques comme le ton et volume à des émotions comme l'ennui, la tristesse et la colère. Les résultats de leur simulation montrent que les données collectées à partir de ce système ont une corrélation significative (60-70%) avec les données collectées par des experts en émotions.

On the Necessity and Feasibility of Detecting a Driver's Emotional State While Driving (2007)

L'expérience effectuée par Grimm et al. [32] porte sur l'étude des émotions d'un conducteur par la voix lorsqu'il y a du bruit ambiant. Ces derniers évaluent l'impact des bruits ambiants sur la reconnaissance des émotions. Ils ont découvert qu'avec des techniques de réduction du bruit, il est possible de distinguer les émotions dans la voix

d'un conducteur, même dans les pires conditions et d'obtenir de très bons résultats, soit moins de 16% d'erreur.

Autre Travaux Dans le Domaine

Il y a très peu d'autres œuvres sur la reconnaissance d'émotions lors de la conduite. Dans leur recherches, Jones et Jonsson ont présenté une méthode pour identifier cinq états émotionnels du conducteur lors de simulations. Ils utilisent eux aussi des réseaux de neurones comme classificateurs, cependant ils n'ont pas étudié l'impact des bruits ambiants. Schuller et al. [3] ont aussi basé leur expériences de simulateurs de conduite automobile en reconnaissant quatre émotions à partir de machines à supports de vecteurs. Cependant, des études ont démontré que la performance de la reconnaissance d'émotion dépend grandement du ratio de bruit qu'ils ont eux aussi ignoré. Des recherches sur la détection d'émotions sont présentement effectuées par Toyota. Leur système, qui est encore à l'état de prototype, permet d'identifier l'état émotionnel du conducteur à l'aide d'une caméra qui distingue 238 points sur son visage. La voiture peut ensuite faire des suggestions au conducteur, ou simplement ajuster la musique pour le relaxer. Le tout est encore à l'état de prototype, mais Toyota mentionne que leur système pourrait très bien être disponible dès leur prochaine génération d'automobiles.

Approche et originalité

Afin de faire progresser le domaine de la génération d'émotions, nous avons décidé de créer un environnement virtuel générateur d'émotion de conduite automobile. Notre environnement se distingue des autres similaires dans le domaine par les scénarios de l'environnement qui ont été créés spécifiquement pour générer des émotions à l'aide du système BDI. Ces scénarios permettent de prévoir les émotions générées en situation de simulation, même lorsque c'est le joueur qui est en contrôle du déroulement. Le système BDI crée des événements qui s'opposent aux intentions du joueur pour permettre de générer des émotions ciblées.

2.3 Les dangers de la rage au volant

La rage au volant entraîne de graves accidents impliquant des attaques physiques et des dangers potentiels de blessures graves ou même de mort, par exemple rouler par dessus un piéton, tirer un autre conducteur avec un fusil ou effectuer des agressions physiques. L'Association Américaine de la conduite automobile (AAA), estime que la proportion des blessures graves sur la route associée à un comportement agressif représenterait le tiers aux deux-tiers de l'ensemble des accidents de la route. De plus, pour chaque accident sérieux, il existe plusieurs milliers de conducteurs en colère, si ce n'est pas plus, qui ont des comportements dangereux, sans toutefois atteindre le point où ils commettent une agression. Les fortes émotions sont la base de cette colère qui donne naissance à ces situations dangereuses sur la route.

Les émotions se reflètent dans le comportement des conducteurs de plusieurs manières. La recherche de Deffenbacher et al. [51] identifie quatre types de manifestations de la rage au volant. Le premier type est l'agression de manière verbale en criant ou insultant d'autres conducteurs. Le deuxième type est l'expression physique de son agressivité, qui prend la forme de mouvements violents, de vouloir sortir de sa voiture et même d'essayer de se battre contre un autre conducteur. Le troisième type est l'utilisation du véhicule pour exprimer sa colère, par exemple en éblouissant l'autre véhicule avec ses lumières, en klaxonnant ou en coupant l'autre véhicule avec rage. Le dernier type de manifestation est l'adaptation à la situation, soit une réaction positive, où le conducteur essaie de combattre sa colère en se concentrant sur la conduite sécuritaire ou en essayant de relaxer.

Dans leur étude, on voit que les trois premières formes de manifestations de colère sont celles qui sont les plus dangereuses sur la route, car elles entraînent des comportements imprudents. Leur étude note aussi que les conducteurs qui essaient de s'adapter à la situation malgré leur colère ont beaucoup moins d'accidents et de risques de danger.

Ce mémoire va premièrement démontrer comment il est possible de provoquer de telles émotions dans une situation de conduite tout en vérifiant que les émotions souhaitées sont générées adéquatement à l'aide d'un casque EEG. Ensuite, l'étude va proposer une

approche pour réduire ces émotions dangereuses sur la route et finalement proposer des solutions au problème de la rage au volant.

2.4 Comment provoquer les émotions

Provoquer des émotions est le premier enjeu de notre recherche, car pour réduire une émotion, il faut premièrement être capable de la provoquer et de la rendre le plus conforme possible à la réalité. Plusieurs techniques sont utilisées dans le domaine. Actuellement, on tente de reproduire des émotions aux participant par le biais de séquences audio, d'images évoquantes, de vidéos ou encore par des imitations de mouvements associés aux émotions. Il est aussi possible de combiner plusieurs de ces méthodes pour augmenter le rendement de génération d'émotions.

Par stimulation auditive : Une des techniques les plus connues est d'employer des bandes sonores comprenant des bruits, des voix ou de la musique qui servent à provoquer des émotions ciblées chez le participant. Les études en psychologie de Kreutz et al. [52] et Konečni [53] démontrent qu'il est possible de provoquer des émotions chez des adultes avec seulement de la musique. La recherche de Kreutz et al. [52] conclue qu'il est nécessaire de vérifier les goûts musicaux des participants au préalable afin de bien générer les émotions ciblées. Celle de Konečni conclue que sans facteurs externes, la musique ne peut qu'engendrer de faibles émotions de base, à moins qu'elle ait déjà une signification particulière pour le participant [53].

Par stimulation visuelle : La technique la plus employée du domaine pour générer des émotions est celle présentant des images ou des séquences vidéos au participant. Le National Institute of Mental Health Center a développé l'International Affective Picture System (IAPS), qui est une base de données d'images servant à générer une grande variété d'émotions. Cette base de données a été mise à l'épreuve dans plusieurs recherches, notamment celle de Bradley et al. [45] qui démontre que l'effet des images sur le cerveau humain est comparable à celui observé par les experts en émotions. La stimulation visuelle s'effectue aussi à l'aide de séquences vidéos; la recherche de Koelstra, Sander, et al. [47] utilise des vidéoclips de musique pour générer de l'excitation

et celle de Johnson, et al.[48] utilise des courtes séquences vidéos pour générer de la joie et de la peur.

Par stimulation physique : Une autre technique vue dans les recherches de Ekman, Levenson et Friesen, est de demander aux participants de reproduire des expressions faciales associées à des émotions par exemple de froncer les sourcils, faire une grimace, sourire ou de contracter des muscles dans le cas de la recherche de Schiff et Lamon. L'idée derrière cette technique est que le cerveau humain associe les émotions à des réactions physiques et vice-versa. Leurs recherches indiquent que les émotions peuvent être stimulées de cette manière, sans avoir recours à d'autres sources externes de stimulation. Un désavantage notable de cette méthode est qu'elle requiert une grande concentration de la part du participant pour maintenir l'expression faciale requise, ce qui rend des tâches complexes difficiles à exécuter.

Autre Méthode: Une autre méthode possible est l'administration de drogues telle que l'amphétamine pour augmenter la peur chez le participant. Comme cette méthode n'affecte pas seulement l'état émotionnel du participant, il est difficile de tirer des conclusions de ce genre d'expérience.

2.5 Comment mesurer les émotions

Différentes techniques et outils sont utilisés pour mesurer les émotions d'un participant. Plusieurs signes se manifestent dans le corps humain: le rythme et la tonalité de la voix changent, la respiration change, le rythme cardiaque s'accélère ou diminue et les muscles du visage sont affectés par les émotions ressenties. Il est aussi possible d'analyser les émotions directement à la source, à l'aide d'un électroencéphalogramme, en analysant les signaux électriques produits dans des zones spécifiques du cerveau, permettant ainsi d'identifier avec précision certaines émotions.

Par la voix: L'importance de la reconnaissance d'émotions par la voix a grandement augmenté avec l'essor des nombreux systèmes et applications qui offrent une interaction vocale avec une intelligence artificielle. La recherche de Lee et al. [49] démontre qu'en combinant l'analyse de caractéristiques extraites de la voix d'un participant, comme sa

tonalité et son rythme, avec les mots qu'il a employés permettent de classifier les émotions avec un taux de succès de 40.7% pour les hommes et de 36.4% pour les femmes. Un tel système amène un bon rendement, mais il est difficile à implémenter, car la détection des mots de manière automatisée n'est pas un processus évident et maîtrisé.

Par les traits du visage: Analyser les expressions faciales a toujours été une manière connue pour déterminer les émotions ressenties. Les recherches de Baltrusaitis, Tadas, et al. [50] montre que l'on peut détecter les émotions avec un système de caméra qui détecte les traits du visage, les mouvements de la tête et la gesticule des épaules. Le taux de succès moyen pour la classification de cinq émotions via cette technique (colère, peur, joie, soulagement et tristesse) est de 44%, la tristesse ayant le plus haut taux (64%) et la colère le plus faible (11%).

2.6 L'approche du mémoire sur le problème

Ce mémoire porte sur ma recherche qui contribue à résoudre les problèmes de distractions et de rage au volant causés par de fortes émotions lors de la conduite automobile, en réduisant ces fortes émotions. Réduire ces émotions fortes, qui sont à la source de milliers d'accidents, est essentiel pour réduire les accidents de la route.

Pour étudier ces émotions, il faut premièrement les provoquer chez les participants. La première partie du mémoire portera sur la création d'un environnement virtuel générateur d'émotions et sur la technique employée pour mesurer les émotions. L'environnement virtuel ajoute un réalisme que l'on ne retrouve pas dans de simples bandes vidéos ou sonores, il permet ainsi de provoquer avec plus de précision des émotions. Pour mesurer les émotions, un casque EEG nommé Emotiv EPOC a été utilisé. Comme les émotions proviennent directement du cerveau, nous avons choisi la méthode qui permet d'analyser les émotions directement à la source, grâce aux signaux électriques émis par le cerveau.

La phase d'expérimentation sera ensuite présentée sous forme d'articles. Le premier article décrira la contribution du système BDI dans la création de scénarios générateurs d'émotions et le second décrira la méthode employée pour réduire les fortes émotions à

l'aide d'un agent correcteur. Ensuite, une discussion sur l'efficacité de la création des scénarios et du rendement de l'agent correcteur sera présentée. Finalement, les possibles apports pour la conduite d'un tel système et les implémentations pratiques seront présentés pour conclure le mémoire.

CHAPITRE 3 PRÉPARATION DE L'EXPÉRIENCE

3.1 Introduction

Pour procéder à notre collecte de donnée, il a fallu premièrement concevoir notre environnement virtuel qui est sous forme d'un jeu vidéo dans lequel il est possible de concevoir des scénarios. Ensuite, lier le casque EEG à notre simulateur et finalement faire l'expérience avec nos 30 participants.

Le cœur du simulateur est un jeu vidéo de simulation de conduite automobile. Ce chapitre décrit premièrement comment les scénarios sont construits, suivi de la description du contenu de l'environnement virtuel : soit la création du profil utilisateur, le quiz, la simulation, l'agent correcteur et l'analyse des résultats. Ensuite, se trouve une description du fonctionnement du casque EEG et une explication de ses interfaces. Finalement, le chapitre se termine par une section méthodologie qui comprend une description de l'expérience ainsi que de notre échantillon de 30 participants.

3.2 L'éditeur de niveau

Un scénario est composé de 2 parties distinctes, la première étant le décor qui se trouve en-dessous des voitures. Le design de cet arrière-plan se fait à l'aide d'un éditeur de tilemap intitulé Tiled (Figure 1).

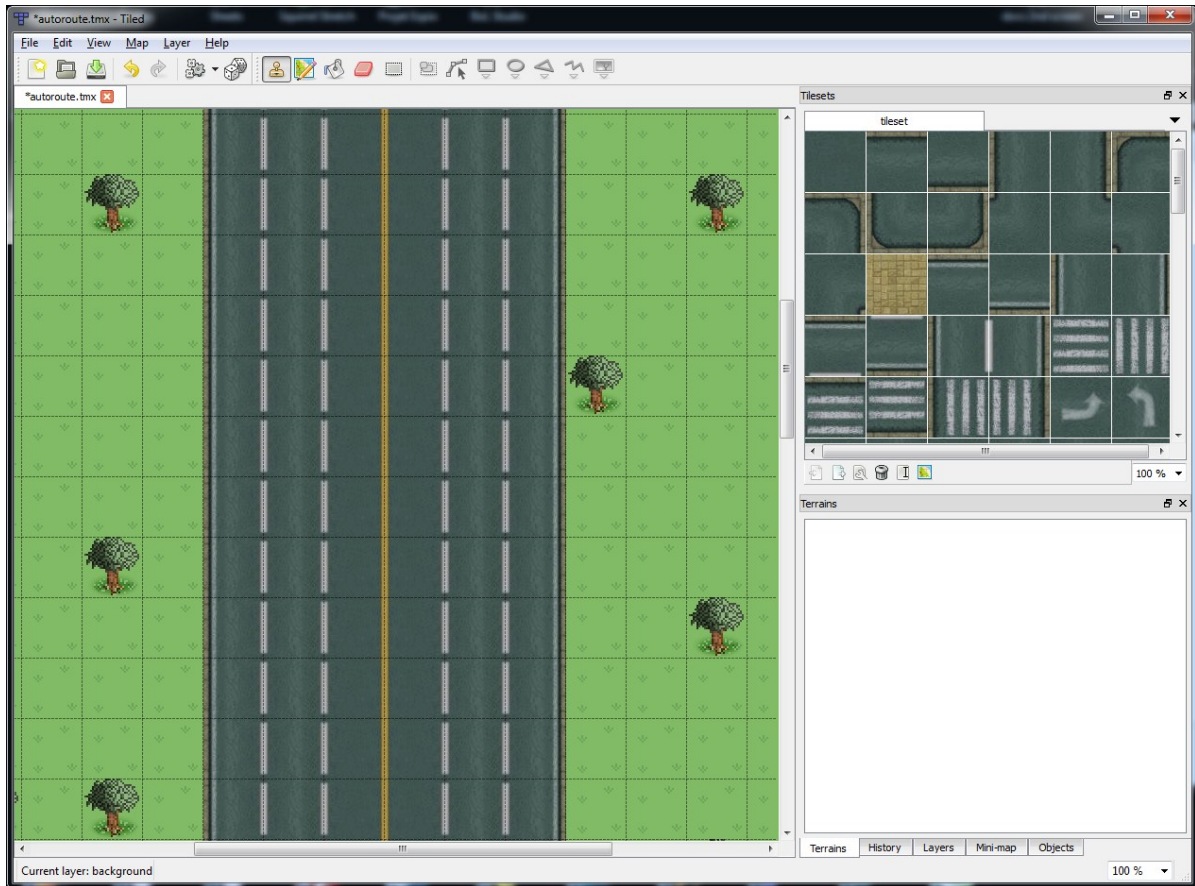


Figure 1. L'éditeur de cartes Tiled

Cet éditeur permet de dessiner une carte composée de tuiles à partir d'images carrées. Les 10 cartes composées à l'intérieur de tiled sont ensuite converties sous un format qui est interprété par notre simulateur.

J'ai programmé le simulateur de conduite automobile en utilisant le langage Actionscript 3.0 (AS3). Le simulateur comporte plus de 3000 lignes de codes à lui seul et chaque scénario représente une centaine de lignes supplémentaires en plus du design visuel. Pour ajouter le design visuel du scénario, il suffit d'importer en format AS3 le niveau dessiné dans l'éditeur tiled.

```

public static var IntersectionStop =
[[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,44,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,103,24,24,105,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[91,91,91,104,57,1,1,58,104,41,91,91,91,91,91,91,91,91],
[97,97,97,23,1,1,1,23,97,97,97,97,97,97,97,97,97,97],
[98,98,98,23,1,1,1,23,98,98,98,98,98,98,98,98,98,98],
[20,20,100,106,59,1,1,60,106,20,20,20,20,20,20,20,20,20],
[14,14,14,14,103,24,24,105,109,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,99,115,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14],
[14,14,14,14,21,96,95,22,14,14,14,14,14,14,14,14,14,14]]];

```

Figure 2. Exemple de format d'une carte interprétée par le simulateur

Le format interprété par mon simulateur est un tableau à 2 dimensions qui doit avoir une longueur et une largeur uniforme pour chaque colonne et chaque rangée de nombres allant entre 1 et 120, ces nombres représentant la tuile qui doit être affichée dans la carte à la position (x,y) où x est la rangée et y la colonne.

La 2eme composante d'un scénario est tout ce qui à au-dessus, ce qui comprend: la position initiale de la voiture du joueur avec sa vitesse initiale, les conditions de réussite et d'échec du scénario, le comportement des autres voitures ainsi que les zones qui déclenchent des événements (Figure 3).

```

//Scénario 3
case 3:
    this.playerCarX = 8 * 64 + 32;
    this.playerCarY = 27 * 64 + 32;
    this.playerSpeedMax = 6;

    this.cars[carCount++] = new Cars(3, 6, 9, Cars.DOWN, "Speed:1;MoveDist:70");
    this.cars[carCount++] = new Cars(4, 6, 8, Cars.DOWN, "Speed:1;MoveDist:55");
    this.cars[carCount++] = new Cars(6, 5, 9, Cars.DOWN, "Speed:1;MoveDist:60");
    this.cars[carCount++] = new Cars(4, 7, 24, Cars.UP, "Speed:7;MoveDist:570");

    this.victoryZones = new Zones("0;962;10000;100;84", Global.VICTORY);
    this.defeatZones = new Zones("0;961;10000;2|592;0;2;100000|442;0;2;100000", Global.DEFEAT);

```

Figure 3. Exemple du code pour le troisième scénario

Le simulateur, codé en AS3, a l'avantage d'être exécuté sur n'importe quelle plateforme qui roule flash, donc à même n'importe quel fureteur internet. La figure 4 présente un aperçu d'un scénario une fois que les deux composantes sont complétées.



Figure 4. Aperçu d'un scénario

La voiture du testeur, qui est la voiture rouge dans la figure 4 est la même tout au long des scénarios et aucune des voitures autonomes ne sont similaires à celle-ci pour ne pas confondre le conducteur.

Ensuite, il a fallu construire un environnement autour du simulateur pour enregistrer les informations des participants. J'ai programmé cet environnement en langage C#, l'ensemble représentant environ 1000 lignes de code. Cet environnement comporte 6 parties: La création du profil du participant, deux quiz, la simulation, un agent correcteur

d'émotions et finalement une section pour afficher les résultats avec un format facilement interprétable.

3.3 Création du profil utilisateur

Le premier écran du simulateur sert à créer le profil du participant, les informations récoltées sont anonymes et encryptées dans la base de données.

Nouvel Utilisateur:

Nom Complet :

Sexe : M
 F

Origine Ethnique :

Âge :

Possédez-vous un permis de conduire? Oui
 Non

Depuis combien d'années avez-vous votre permis?

Avez-vous déjà suivi des cours? Théoriques
 Pratiques
 Théoriques et Pratiques
 Non

Figure 5. Écran d'enregistrement d'un nouvel utilisateur

Les données récoltées sont le sexe, l'origine ethnique, l'âge, si le participant possède un permis de conduire, et le cas échéant, depuis quand et si il a déjà suivi ou non des cours de conduite. Ces données sont aussi encryptées dans notre base de données et sont utilisées uniquement à des fins statistiques en respectant l'anonymat des participants.

3.4 Les quiz

La section suivante est un quiz que l'on pose au participant pour connaître la perception qu'il a de son propre état émotionnel avant et après chaque scénario.

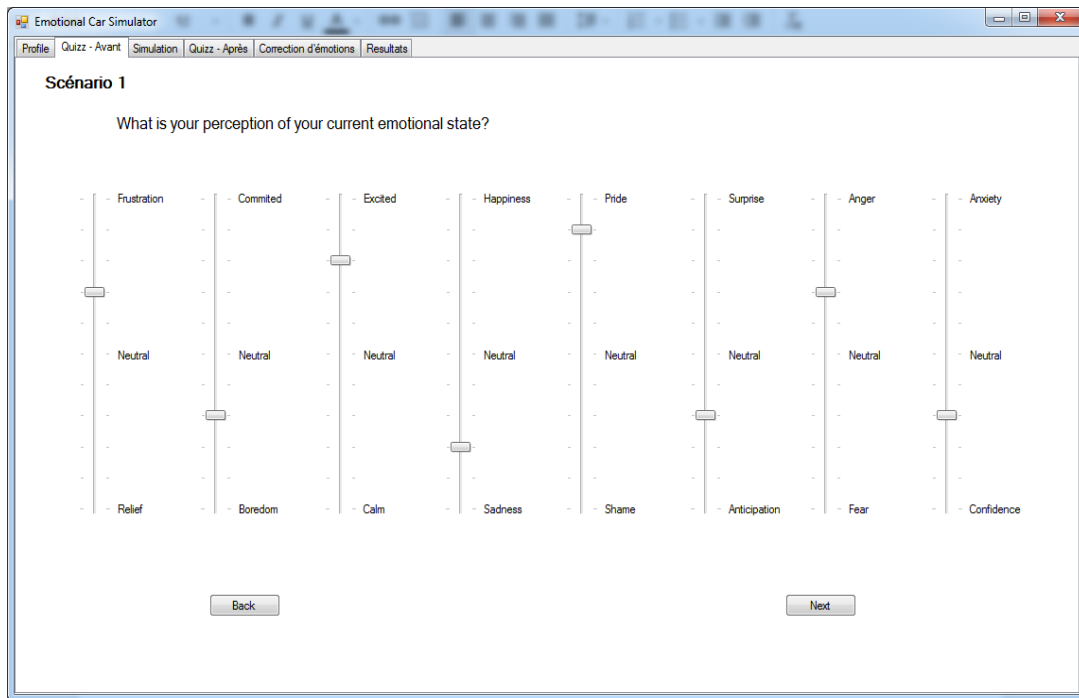


Figure 6. Le quiz posé avant un scénario

La perception de son état émotionnel peut alors être comparée avec les résultats du casque. Il est intéressant d'observer la différence entre son état avant et après le scénario.

3.5 La simulation

La simulation comprend 9 scénarios distincts dont un témoin qui ne sert qu'à familiariser l'utilisateur avec le simulateur et à s'assurer du bon fonctionnement du casque EEG.

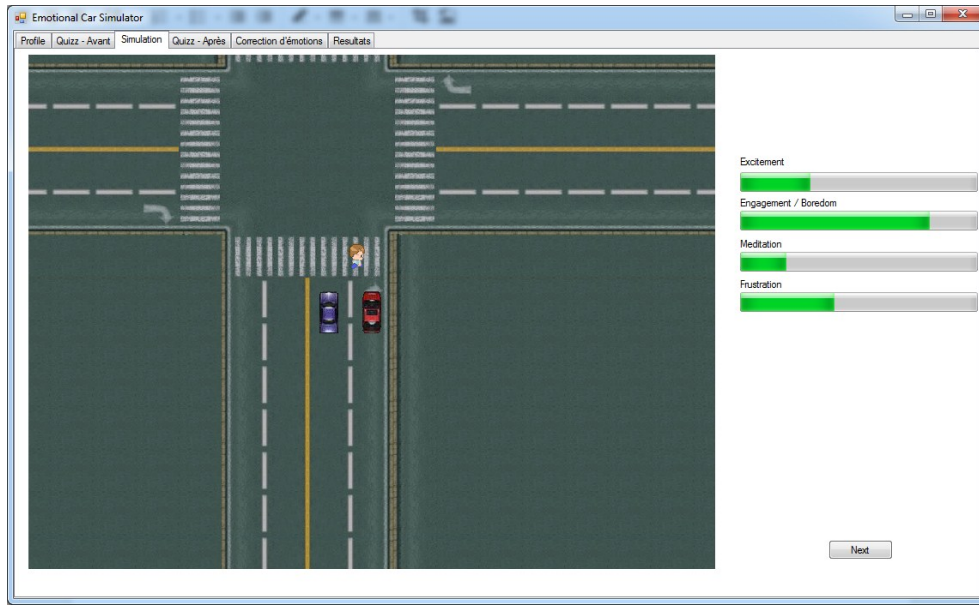





Figure 7. La simulation lors du scénario 5, le passage piétonnier

Lors de la simulation, le joueur contrôle toujours la voiture rouge et aucune des voitures autonomes ne sont semblables à la sienne pour éviter toute confusion. Avant chaque scénario, le joueur reçoit un objectif qu'il doit accomplir au cours du scénario, la conception de ces derniers sera expliquée plus en détail dans le premier article de la section expérimentation. À droite du simulateur, se trouvent 4 barres qui affichent les données émotionnelles (Figure 7) que l'on obtient en temps réel à partir du casque EEG Emotiv EPOC. Cela permet de s'assurer du bon fonctionnement du casque à partir du simulateur.

Tableau 1. Les scénarios

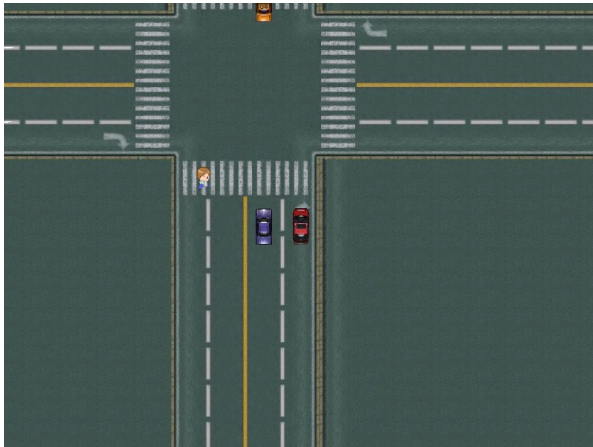
<p>1- Scénario témoin</p> 	<p>Le premier scénario est un scénario témoin qui sert à familiariser l'utilisateur avec le simulateur ainsi qu'à s'assurer que les connexions du casque EEG Emotiv EPOC sont bonnes et que les émotions à enregistrer s'affichent comme prévu dans l'interface du simulateur.</p>
<p>2- L'autoroute</p> 	<p>Le 2è scénario se passe sur une longue autoroute, il n'y a presque aucune voiture du même côté que le joueur et tout semble bien aller. Soudainement, un embouteillage bruyant apparait sur la route et entrave le chemin que doit emprunter le joueur pour réussir le scénario.</p>
<p>3- La zone scolaire</p> 	<p>Dans ce scénario, le conducteur sait qu'il se trouve dans une zone scolaire et qu'il doit la traverser. Quand il avance, il aperçoit un autobus scolaire de l'autre côté de la rue et doit arrêter le véhicule à une distance appropriée et attendre que l'autobus enlève son panneau pour réussir le scénario.</p>

4- L'intersection



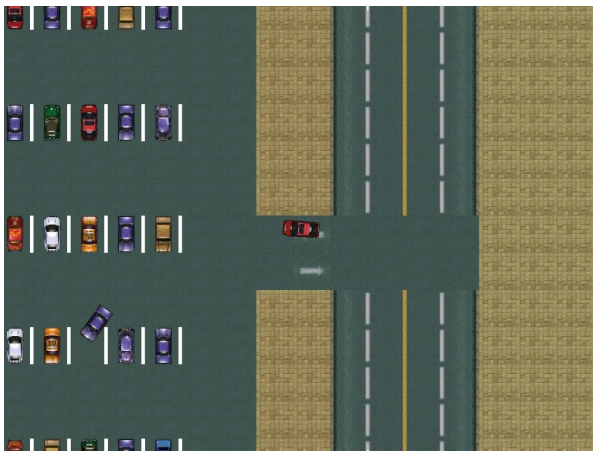
Dans ce scénario, le conducteur doit se rendre à l'intersection qui se trouve droit devant lui et tourner à droite. Quand il arrive à l'intersection, une voiture se place derrière la sienne et commence à klaxonner. Le joueur doit rester calme et attendre que la lumière change pour qu'il ait le droit de tourner afin de réussir le scénario.

5- Le passage piétonnier



Dans ce scénario, le conducteur arrive à une intersection qu'il doit traverser, mais un piéton entre dans le passage piétonnier au même moment. Pour réussir le scénario, le conducteur doit attendre derrière le passage piétonnier et respecter les règles de sécurité, même lorsqu'une des voitures automatiques l'incite à faire autrement en traversant l'intersection alors que le piéton est dans la traverse.

6- Le stationnement



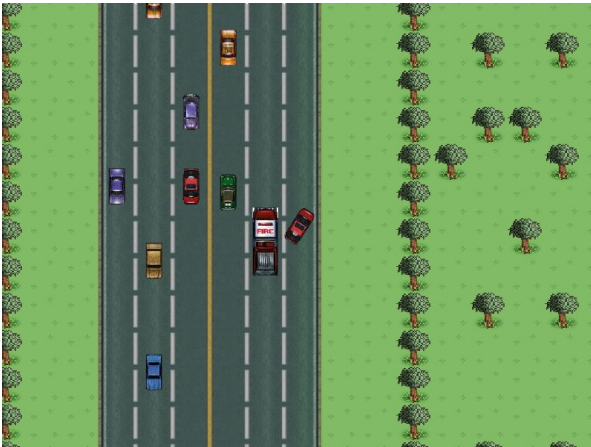
Dans ce scénario, le conducteur doit trouver un endroit pour stationner sa voiture dans le stationnement. À plusieurs reprises, une voiture automatique rentre dans la seule place qui est disponible lorsque le conducteur essaie de s'y rendre. Pour réussir le scénario, il faut que le conducteur attende patiemment le départ d'une voiture et stationne la sienne.

7- Problème de freins



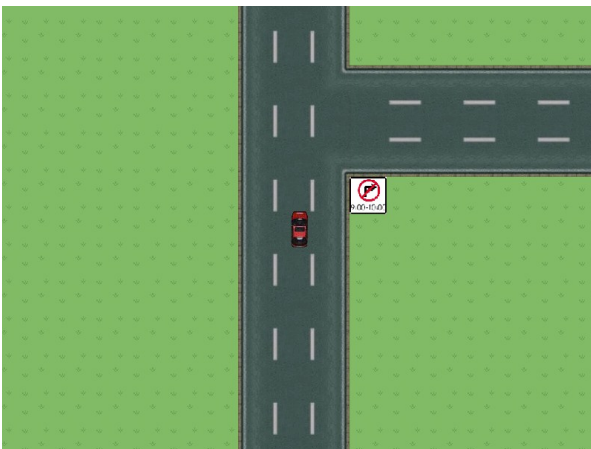
Ce niveau se déroule sur l'autoroute et la voiture se déplace à très grande vitesse. Le conducteur sait au préalable que sa voiture a un problème mécanique, mais sans plus de précisions. Ce sont les freins qui ne fonctionnent plus et pour réussir le scénario, il doit éviter les collisions avec les autres voitures.

8- Camion de pompier



Dans ce scénario, le conducteur est informé qu'il se trouve sur une route où il aperçoit de la fumée au loin. Après quelques secondes, une sirène se fait entendre et le conducteur doit laisser place au camion de pompier qui arrive dans la même voie que sa voiture, en évitant tout accident.

9- En retard au travail



Dans ce scénario, le conducteur s'est réveillé plus tard qu'à l'habitude : il embarque dans son auto à 9h du matin et doit se rendre le plus rapidement possible à son travail en tournant à droite à la première intersection. Quand il arrive à l'intersection, il y a une interdiction de tourner entre 9h et 10h, le conducteur doit alors emprunter un autre chemin pour réussir le scénario.

3.6 L'agent correcteur d'émotions

Après chaque scénario, le participant reçoit les conseils de notre agent correcteur d'émotions. Son but principal est de réduire les fortes émotions du participant en lui donnant des conseils sur le comportement approprié à avoir lorsqu'il se trouve dans une situation similaire à celle du scénario qu'il vient de compléter.

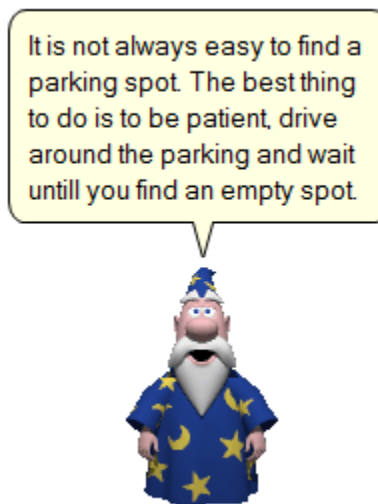


Figure 8. L'agent correcteur d'émotions

3.7 L'analyse des résultats

Le dernier outil du simulateur est la section pour effectuer une analyse de résultats. Cet outil permet d'afficher pour n'importe quel utilisateur la variation de l'intensité et de la probabilité des émotions au choix pour un scénario donné.

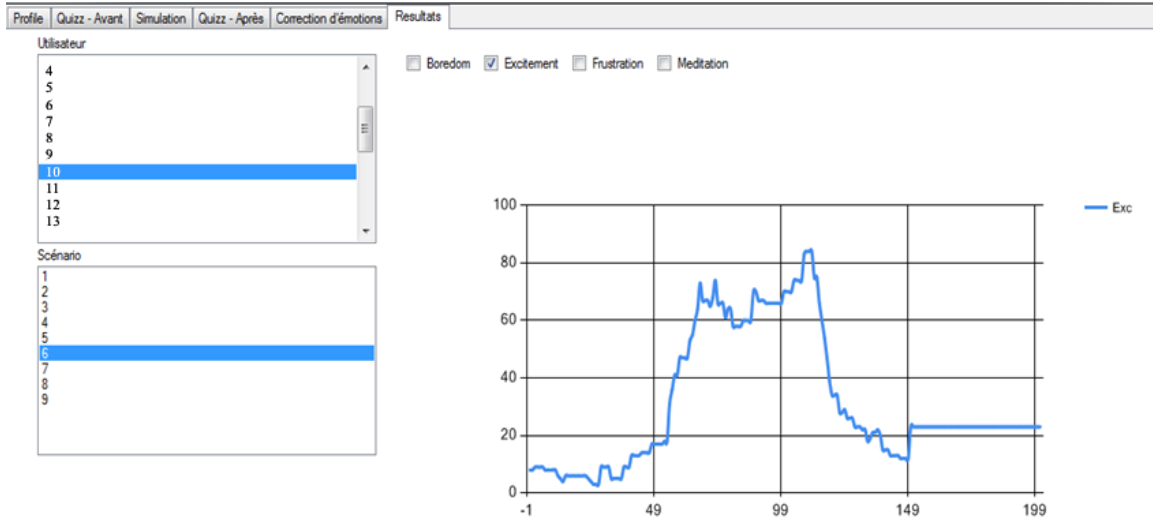


Figure 9. Analyse des résultats

Les noms des participants dans le tableau des résultats sont censurés, ayant été remplacés par des numéros assignés aléatoirement. Nous avons fait signer un formulaire de consentement aux participants, ce qui leur assurait l’anonymat dans la publication des résultats de notre recherche. Le formulaire de consentement peut être consulté dans l’annexe.

L’axe des x représente le temps en dixième de secondes et l’axe des y représente l’intensité et la probabilité que le participant ressente une émotion. Comme on peut voir dans la figure 9, le participant en question a eu une grande augmentation de son excitation à partir de $x = 50$. Les détails sur la génération d’émotions par les scénarios sera couverte plus en détail dans le second article de la section expérimentation.

3.8 L’enregistrement des émotions

3.8.1 Le casque Emotiv EPOC

Pour mesurer l'intensité des émotions chez les participants, le casque EEG Emotiv EPOC est utilisé. C'est un casque électroencéphalogramme de haute-résolution qui comporte 14 capteurs permettant d'interpréter les signaux électriques produits par le cerveau humain et d'analyser en temps réel les pensées, sentiments et émotions de l'utilisateur.



Figure 10. Le casque Emotiv EPOC

Pour installer le casque sur la tête du participant, il faut en premier lieu appliquer une solution saline sur les 14 capteurs pour permettre une bonne conductivité des signaux électriques et ensuite le déposer tranquillement sur la tête du participant. Finalement, il faut s'assurer que tous les capteurs ont une bonne réception des signaux électriques, ce qui est fait à l'aide du panneau de contrôle fourni avec le casque.

3.8.2 L'interface de connexion

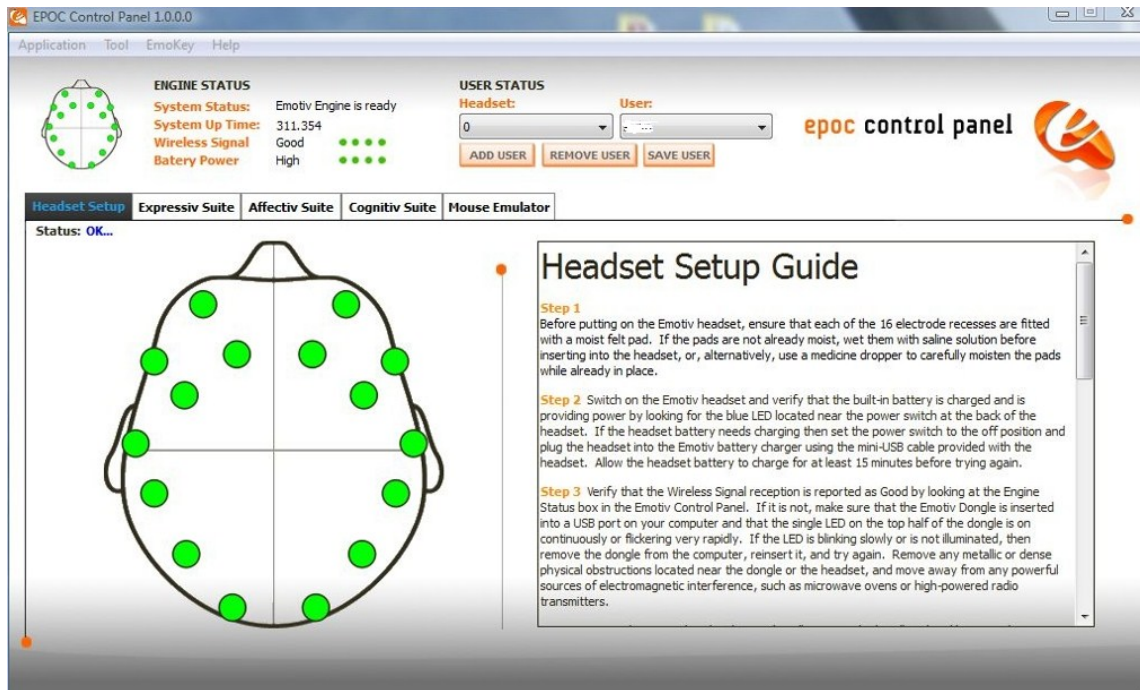


Figure 11. EPOC Control Panel avec une connexion adéquate pour faire l'expérience

Tout au long de l'expérience, le EPOC Control Panel est utilisé pour s'assurer que les résultats du casque sont bien enregistrés dans la base de donnée. Cet outil de contrôle permet de vérifier la connexion sans-fil du casque ainsi que l'état de chacun des capteurs sur la tête du participant.

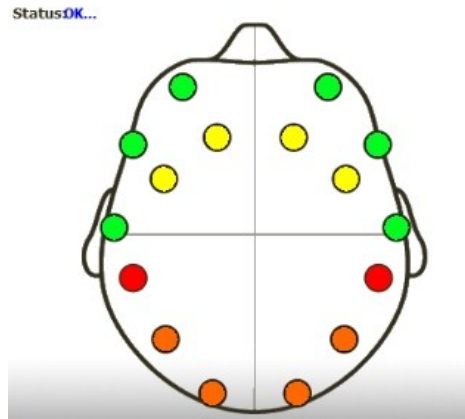


Figure 12. Mauvaise réception pour certains senseurs

Avant chaque scénario, il est essentiel de s'assurer que tous les récepteurs du casque affichent un cercle vert, ce qui signifie une bonne connexion. Quand le signal d'un ou plusieurs capteurs est jaune, orange ou rouge, il faut s'assurer de bien les replacer sur la tête du participant et d'appliquer à nouveau la solution saline sur ceux-ci au besoin.

3.8.3 L'enregistrement des émotions

Pendant les scénarios, le casque Emotiv EPOC transmet les valeurs de probabilité et de puissance pour chaque émotion à travers l'onglet Affectiv Suite (Figure 13).



Figure 13. L'onglet Affectiv Suite du EPOC Control Panel

Notre simulateur se connecte directement à cette interface et permet d'afficher les valeurs en temps réel lors de la simulation. Il enregistre aussi toutes les valeurs dans notre base de donnée pour permettre d'afficher les résultats et en faire l'analyse.

3.9 La méthodologie

Pour l'expérience, l'échantillonnage observé comprenait 30 participants, tous étudiants, âgés entre 17 et 33 ans, dont 6 de sexe féminin et 24 de sexe masculin. L'expérience s'est déroulée dans les laboratoires du département d'informatique et de recherche opérationnelle de l'Université de Montréal. Le temps d'installation du casque et la complétion de tous les scénarios par le participant prenait de 30 à 45 minutes. La phase d'expérience s'est déroulée sur 3 semaines.

CHAPITRE 4 CRÉATION DE SCÉNARIOS GÉNÉRATEURS D'ÉMOTIONS

La première phase de l'expérience est la création des scénarios, qui est décrite en détail dans mon article intitulé "Creation of Emotional Inducing Scenarios Using BDI". Dans cet article, les différentes techniques pour provoquer des émotions sont premièrement décrites. Deuxièmement, le modèle BDI qui a servi à la conception de nos scénarios est décrit en détail et décortiqué pour chaque scénario. Ensuite, lors de la phase d'expérimentation, la génération d'émotions avec les scénarios générateurs d'émotions est mise à l'épreuve. Finalement, l'article se termine par une analyse des résultats qui démontre l'efficacité de ce système.

Les bandes sonores et visuelles sont de bons moyens pour provoquer des émotions, mais pour mieux simuler les conditions de conduite automobile, un simulateur est une meilleure approche, car il demande une concentration de la part du conducteur. Cet article vise à amener une nouvelle technique pour concevoir des scénarios générateurs d'émotions en s'inspirant du modèle BDI. Ces scénarios provoquent des émotions spécifiques chez le conducteur en lui faisant vivre des situations réalistes de conduite.

Cet article n'est pas encore publié. Il va être proposé à la conférence ICAART qui se déroule à Lisbonne en janvier 2015.

Creation of Emotional Inducing Scenarios Using BDI

Pierre Olivier Brosseau, Claude Frasson

Université de Montreal

Département d'informatique et de recherche opérationnelle

2920 Chemin de la Tour, Montréal, H3T-1J4, Canada

Abstract: Automated analysis of human affective behavior has attracted increasing attention from researchers in psychology, computer science, linguistics, neuroscience, and related disciplines. However, existing methods to induce emotions are mostly limited to audio and visual stimulations. This study tested the induction of emotions in a virtual environment with scenarios that were designed using the Belief-Desire-Intention (BDI) model, well-known in the Agent community. The first objective of the study was to design the virtual environment and a set of scenarios happening in driving situations. These situations can generate various emotional conditions or reactions and the design was followed by a testing phase using an EEG headset able to assess the resulting emotions (frustration, boredom and excitement) of 30 participants to verify how accurate the predicted emotion could be induced. The study phase proved the reliability of the BDI model, with over 70% of our scenarios working as expected. Finally, we outline some of the possible uses of inducing emotions in a virtual environment for correcting negative emotions.

Keywords: Inducing Emotions · BDI · EEG headset · Emotional state · Scenarios

4.1 Introduction

The Belief-Desire-Intention (BDI) model is a well-known model in the agent community which is often used as its structure is close to the human reasoning pattern. This pattern is known as practical reasoning: using a set of beliefs we decide what we want to achieve (desire), then we decide how to do it (intentions) [Puica et al, 2013]. Emotions are another component of human behaviour and, according to an increasing part of Artificial Intelligence researchers' community, they represent an essential characteristic of intelligent behaviour, particularly for taking decision. In driving situations for instance, emotions place the driver into a cerebral state that will allow or disallow him/her to react adequately to a specific situation, sometimes requiring an immediate reaction. For instance, anger and excitation can lead to sudden driving reactions, often involving collisions. Sadness or an excess of joy can lead to a loss of attention. Generally, emotions that increase the reaction time in driving situations are the most dangerous. Several questions arise. How emotions appear when a driver is exposed to a specific traffic situation? How can we measure or estimate the emotion of the driver in these situations? Can we use the BDI model to design emotional-inducing scenarios in a virtual environment? How can we train the driver to react differently and control his emotions? By creating unexpected events in a virtual environment that go against the user's desires and intentions, we have seen that we can induce controlled primary emotions. Several techniques have been used over the years to generate emotions such as emotional-inducing audio and video sequences [O'Toole et al., 2005], [Pantic and Bartlett, 2007] and [Sebe et al., 2004]. The American Driving (AAA) Association, estimates that the proportion of serious injuries on the road associated with aggressive behavior would be the tier two-thirds of all road accidents. In addition, for every serious accident, there are several thousands of drivers angry, if not more, who behave recklessly without reaching the point where they commit an assault. Strong emotions are the basis of this anger that gives rise to these dangerous situations on the road.

In our study we have decided to push this process further by adding human interaction in a virtual environment. The goal of our study is to design multiple scenarios in a driving virtual environment, each one with scenes able to induce a specific primary emotion.

Different technologies can be used to assess emotions. We can use physiological sensors that are able to evaluate seat position, facial recognition, voice recognition, heart rate, blood pressure, sweating and the amount of pressure applied on the computer mouse. The galvanic skin conductivity is a good indication of emotional change but its evaluation is not precise. The use of Electroencephalograms (EEG) sensors is more precise and more recently used [Chaouachi et al, 2011]. In fact, EEG signals are able to detect emotions and cerebral states which, synchronized with the driving scene, can highlight what happens in the brain and when.

The organization of the paper is as follows: section 2 presents a brief review of previous works in similar fields. Section 3 presents the design of emotional scenarios based on BDI model. In section 4, we present the details of the experimental procedure. Finally, section 5 presents the results and a discussion about the impact of our findings in the field of emotionally-based environments design.

4.2 Previous work

Recently, a large body of research was directed towards improving learners' experience and interaction in learning environments. Affective and social dimensions were considered in these environments to provide learners with intelligent and adaptive interaction (Picard et al. 2001, D'Mello et al. 2009). Audio and video sequences have been used to induce emotions for a long time: [O'Toole et al., 2005], [Pantic and Bartlett, 2007] and [Sebe et al., 2004] the subjects and their reactions were recorded while they were watching the emotion-inducing videos. Multiple emotions can be observed by recording the subjects' voice and faces [Schuller et al.,2007] and comparing them with audio and visual databases of human affective behavior [Zeng et al., 2009][Neiberg et al., 2006].

The different techniques used to label the emotions over the years were Self-report [Sebe et al., 2004], observers' judgment or listener's judgment [O'Toole et al., 2005] when analyzing the voice and face expressions [Pantic and Bartlett, 2007][Bartlett et al.,

2005][O'Toole et al.,2005] and other biometrics means. Jones and Jonsson [Jones et al, 2005] built a system to recognize the emotion of the driver inside the car from traits analyzed in his voice. Their system combines acoustic features such as tone and volume to emotions such as boredom, sadness and anger. Research on emotions detection are currently conducted by Toyota. Their system, which is still in the prototype stage, can identify the emotional state of the driver with a camera that spots 238 points on his face. The car can then make suggestions to the driver, or simply adjust the music to relax. In our study we have decided to use the EPOC EEG headset from Emotiv to detect emotions of a driver, a system relatively easy to use and control.

From the EPOC we collect 3 main emotions: boredom, excitement and frustration. *Frustration* is an emotion that occurs in situations where a person is blocked from reaching a desired outcome. In general, whenever we reach one of our goals, we feel pleased and whenever we are prevented from reaching our goals, we may succumb to frustration and feel irritable, annoyed and angry. Typically, if the goal is important, frustration and anger or loss of confidence will increase. *Boredom* creeps up on us silently, we are lifeless, bored and have no interest in anything, due perhaps to a build-up of disappointments, or just the opposite, due to an excess of stimuli that leads to boredom, taking away our ability to be amazed or startled anymore when things happen. *Excitement* is a state of having a great enthusiasm while calm is a state of tranquillity, free from excitement or passion.

The BDI model is a model developed for programming intelligent agents. It originates from a respectable philosophical model of human practical reasoning (originally developed by Michael Bratman) [Georgeff et al., 1999]; the first references of a practical implementation appeared as early as 1995 [Rao et al., 1995].

This model was developed because of its similarity with the human reasoning process [Georgeff et al., 1999]. In our research, we have decided to use this model to develop scenarios in a virtual environment that will induce strong emotions of the users by going against one of their beliefs or preventing one of their intentions [Puica et al, 2013].

4.3 Creation of Scenarios

4.3.1 Scenarios based on BDI model

Scenarios

The scenarios are designed using the BDI model, associating a desire in the form of an objective that the user has to complete. The goal of the scenario is to induce a primary emotion with an intensity varying depending on the user.

Objective

The objective of the scenario is defined by a text that the participant reads before entering the simulation, it gives the participant a general idea of what he has to accomplish, and thus generating a belief and preparing the intentions that will be generated during the simulation.

Percepts

The percepts are anything that comes from the environment: stimuli or messages from the simulator, they are also influenced by the emotions of the user. [Puica et al, 2013] In our simulator the percepts are the textual objective for each scenario, the visual stimulation and the controls of the car.

Beliefs

The beliefs represent the information that the user holds when he is currently trying to complete a scenario. They are acquired from percepts. When a human is placed in a situation forcing him/her to make urgent decisions he/she will try to grasp the situation by sensing current information in the environment [Joo et al., 2013]. These beliefs are also influenced by the user's emotions [Puica et al, 2013].

Desires

A desire is a goal perceived by the user when attempting a scenario. We suppose that the desire for the user is linked to what will lead him/her to a success in the scenario by

fulfilling the objective. The desire to complete the objective for a scenario never changes and it is portrayed through the user's intentions throughout the scenario.

Intentions

An intention is one of the different actions that the user will chose to reach a certain desire. They are constantly revised by the user based on his current desires, beliefs, emotions [Puica et al, 2013] and the different ways to reach the goal. Users are generally committed to an intention until it is achieved or proven that it cannot be accomplished anymore. In our environment we generate events that we call **opposition events** that prevents the user from accomplishing the most obvious intentions in the scenarios.

The Expected Intention

It is the most obvious and easiest way to complete the scenario, it is this intention that we will prevent the user from accomplishing

$$\textit{Expected Intention} = f(\textit{Belief}, \textit{Desires})$$

4.3.2 Using BDI to induce an emotion

Opposition event

Our goal is to induce emotions by generating opposition and calming events in the simulation that will prevent the subject from realizing his current intention. The emotion-induction is provoked when the event occurs and prevents the user from accomplishing his intention. The user now has to find a new intention to fulfill his desire if he wants to succeed in the scenario.

Emotion Generated

The primary emotions generated comes from instinctual behavior and the secondary emotions influence the cognitive processes [Puica et al, 2013]. In our study, each scenario is designed to induce one targeted primary emotion by creating an opposition to the expected intention.

$$*Emotion Generated = g(Expected Intention, Opposition)*$$

In the following section we will go through each scenario and describe what the Belief and Desires associated with each scenario are and the expected intention of the subject that we will use to plan the opposition event. After that, we will verify if the primary emotion induced by each scenario is the expected one. For the experiment we have defined eight scenarios.

4.4 Experimentation

To collect the data we used the EPOC headset built by Emotiv. Emotiv EPOC is a high resolution, multi-channel, wireless neuroheadset. The EPOC uses a set of 14 sensors plus 2 references to tune into electric signals produced by the brain in order to detect the user's thoughts, feelings and expressions in real time. Using the Affectiv Suite we can monitor the player's emotional states in real-time. This method was used to measure the emotions throughout the whole simulation process. The emotions are rated between 0 and 100%, where 100% is the value that represents the highest power/probability for this emotion.

The virtual environment takes the form of a game in which the player is driving a car from a bird's-eye view (Figure 1, the red car is the player's car) who is submitted to a

variety of realistic situations that everybody could experience. First of all, the user has to register and provide personal information in the Virtual Environment, then he/she is submitted to a test scenario to become acquainted with the simulator, this test scenario is also used as our baseline to identify the emotions of the user using the EPOC headset. After the test scenario, the user is then submitted to the eight scenarios mentioned earlier. 30 participants were involved in the experiment. They were aged between 17 and 33, and included 6 women and 24 men. The system is coded in action script 3.0.



Figure 1. The Fire Truck scenario running in the Virtual Environment

For each scenario the opposition event takes place at a certain time or is triggered when the user arrives at a specific place. When the opposition event is triggered, we use the Emotiv EPOC headset to register the probability of the three emotions that the user is feeling. These values are registered at a speed of 10 times per second and are saved in the database at the end of the scenario. We then proceed to analyze the results.

Correcting Agent:

To correct the negative emotions generated in the scenarios we created an agent in charge of neutralizing player's emotions (Figure 2).

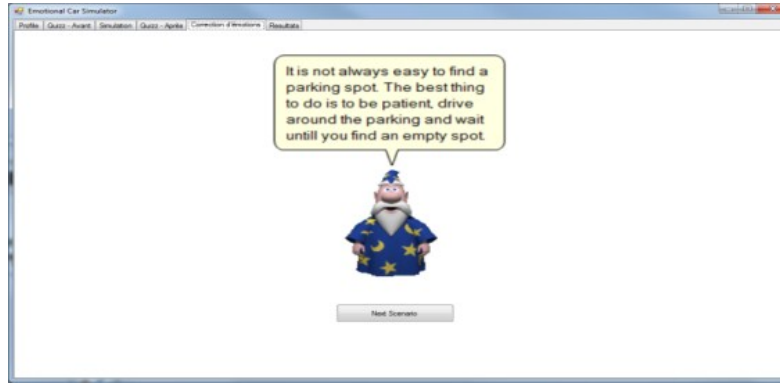


Figure 2. The correcting agent

Its soothing voice combined with its funny appearance is there to reassure the player and tell him the proper behavior to handle the scenario correctly and to reduce his emotions. In this first implementation we have created texts specific to each scenario. They contain calming advices and more explanations on the scenario in order to reduce the importance of emotion into the context.

For example the BDI components of the above scenarios are the following:

Fire Truck: Beliefs (he/she is on the highway and must go forward), Desire (to reach the end of the highway), Expected Intention (to keep going forward until he/she reaches the end).

Parking Spot: beliefs (he/she has to park the car in the parking spot), Desire (to find an empty spot and park the car), Expected Intention (to drive the car and park it in the empty spot that is visible from the start).

The corresponding opposition events and expected emotions are the following:

Fire Truck: Opposition event (after a while there is a loud siren coming from behind and the subject has to move away for the fire truck to pass), expected emotion (excitement).

Parking Spot: Opposition event (when the car arrives near an empty parking spot, another car takes the place), expected emotion (frustration).

4.5 Results

After the completion of the eight scenarios, we produce graphs showcasing the variations in probability and intensity of the user's emotions over time, and determine if the opposition event induced the emotion as planned. The x-axis represents the time in 10th of a second and the y-axis represents the probability that the user is feeling a certain emotion. We determine that an emotion has been induced by the event if the probability that the emotion is felt by the user has increased by at least 20% in the next 5 seconds after the opposition event. We are only looking at the variation as the base value can vary depending on the user. As we can see below, the probability of Excitement increases by 40% in the course of 5 seconds following the moment where Fire Truck starts its siren (Figure 3), therefore we can conclude that excitement has been induced by the opposition event as expected.

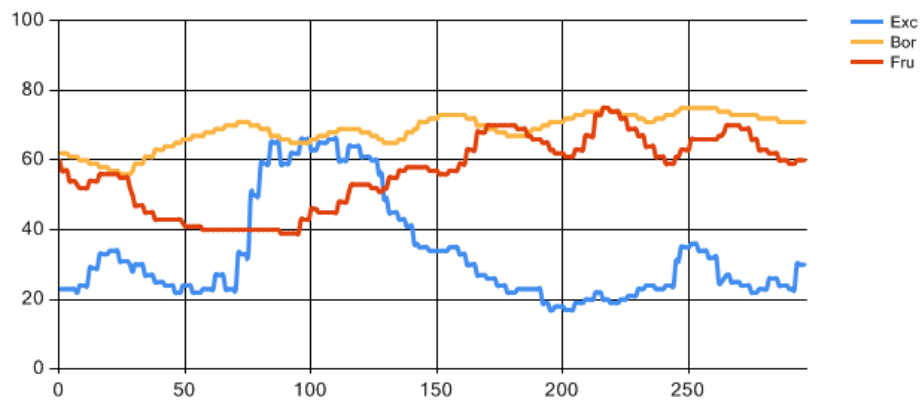


Figure 3. Raise of Excitement after the Fire Truck starts its siren

In the following scenario (parking spot) the participant has to find a place in a public parking. There is only one place left and before the participant can reach it, another car takes it. The participant has to look around to find another place

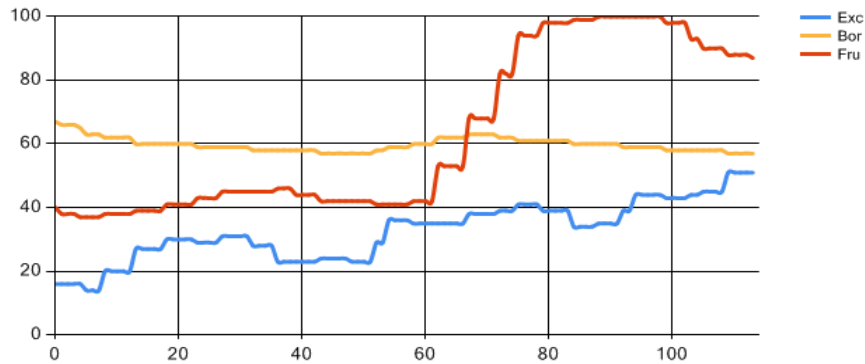


Figure 4. Raise of Frustration after the user notices that the only parking spot left was taken by a passing car

For each scenario we have calculated the percentage of participants that have experienced each emotion and have chosen the emotion that was experienced by the highest number of participants as the observed emotion. Out of the eight scenarios, six of them resulted in having an observed emotion that matched the predicted emotion. (Table 1).

Table 1. Strongest emotion generated after the opposition event

Scenario	Expected Emotion	Observed Emotion	Percentage of participants
Highway	Frustration	Frustration	64.7%
School Zone	Boredom	Excitement	70.6%
Intersection	Frustration	Frustration	73.3%
Pedestrian	Frustration	Frustration	52.9%
Parking Spot	Frustration	Frustration	76.5%
Brakes Failure	Excitement	Frustration	66.6%
Fire Truck	Excitement	Excitement	58.8%
Late for Work	Frustration	Frustration	64.7%

Strong emotions generated during the scenarios are corrected with the correcting agent. The efficiency is the percentage of the amount of reduction. In Figure 5 we see the impact of the correcting agent on the excitement resulting for scenario 5 (parking spot). The influence is effectively on the excitation which decreases while the other emotions are stable.

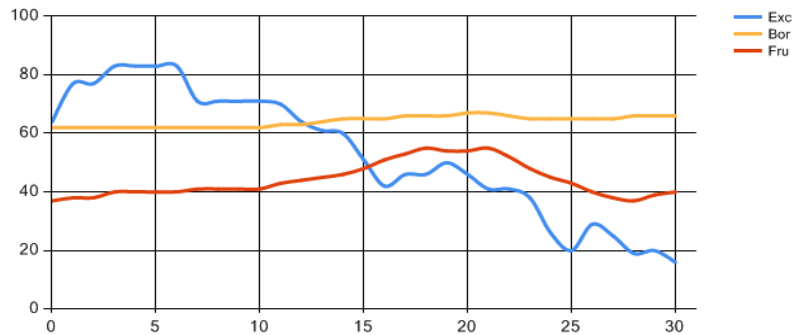


Figure 5. The effect of the correcting agent on the high excitement of the user (while the agent is talking).

The correcting agent worked with the best efficiency of 70.0% for the frustrated participants in scenario 8 (Table 2), and 66.7% of excited participants in scenario 3.

Table 2. Efficiency of the correcting agent for all the participants

Scenario	Excitement	Boredom	Frustration
1	66.7%	21.1%	50.0%
2	50.0%	8.6%	45.5%
3	66.7%	4.8%	62.5%
4	42.9%	10.3%	66.7%
5	66.7%	19.7%	57.1%
6	46.2%	7.5%	41.6%
7	57.1%	0.0%	58.3%
8	55.6%	0.0%	70.0%
9	44.4%	4.3%	36.4%

The boredom emotion is particular. It seems that when the user is in this emotion which can last for hours, he cannot evolve and change, except on special conditions that the correcting agent should deploy.

4.6 Conclusion

Using the Belief-Desire-Intention model we have been able to design emotion-inducing scenarios in a virtual environment that induced emotions as intended. We had established that an emotion could be considered as generated if we saw an increase of at least 20% of the intensity of the emotion within the few seconds following the event. In six out of eight scenarios the primary induced emotion was the expected one. Our study shows that applying our system that combines the BDI model and the Emotiv EPOC is a good solution to induce a specific emotion.

After generating a strong emotion for a participant, we tested whether it was possible to reduce it using our corrective emotional agent. An emotion is considered as reduced if the observed value of probability and intensity of that emotion has declined over 20%, a few seconds after the advice of our correcting agent. Again, the obtained results were positive.

Virtual environments that are designed to correct emotional behavior would benefit from creating scenarios that use our system to target dangerous emotions (frustration for a driver for instance) and repeatedly training the user to reduce the intensity of these emotions. Further research could be made by using a more realistic virtual environment to really immerse the user and comparing the intensity of induced emotions. It would be also to test several calming scenarios to detect which one would lead to the most important reduction.

The advantage of our system is that it is now very easy to generate scenarios to provoke driver's emotions and correct these same emotions. An emotional corrective agent could easily be implemented in a car to advise the driver in relation to the emotions felt. However, in this case the major limitation of the system would be to be unable to detect

the exact origin of the emotion, the emotional correcting agent having no information on what would have caused the strong emotion of the driver. It would be much more difficult to give specific advice as to not to mind when and find a new parking spot when this one is taken by another driver.

Acknowledgments: We acknowledge the National Science and Engineering Research Council (NSERC) for funding this work.

4.7 References

1. Bartlett, M.S., Littlewort, G., Frank, M., Lainscsek, C., Fasel, I., and J. Movellan. 2005. Recognizing Facial Expression: Machine Learning and Application to Spontaneous Behavior. IEEE Int'l Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '05), pp. 568-573.
2. Chaouachi, M., Jraidi, I., Frasson, C. 2011. Modeling Mental Workload Using EEG Features for Intelligent Systems. User Modeling and User-Adapted Interaction, Girona, Spain, pp.50-61.
3. D'Mello, S., and Graesser, A. 2009. Automatic Detection of Learner's Affect From Gross Body Language. Applied Artificial Intelligence, vol.23, n.2, pp. 123-150.
4. Georgeff, M., Pell, B. Pollack, M., Tambe, M., Woolridge, M. 1999. The Belief-Desire-Intention Model of Agency.
5. Jaekoo J. 2013. Perception and BDI Reasoning Based Agent Model for Human Behavior Simulation in Complex System. Human-Computer Interaction, Part V, HCII 2013, LNCS 8008, pp.62-71.
6. Jones, C., Jonsson, I.M. 2005. Automatic recognition of affective cues in the speech of car drivers to allow appropriate responses. OZCHI.
7. Neiberg, D., Elenius, K. and Laskowski, K. 2006. Emotion Recognition in Spontaneous Speech Using GMM. Int'l Conf. Spoken Language Processing (ICSLP '06), pp. 809-812.

8. O'Toole, A.J. et al. 2005. A Video Database of Moving Faces and People. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 5, pp. 812-816.
9. Pantic, M., and Bartlett, M.S. 2007. Machine Analysis of Facial Expressions. Face Recognition, I-Tech Education and Publishing, K. Delac and M. Grgic, eds., pp. 377-416.
10. Picard, R.W., Vyzas, E., and Healey, J. 2001. Toward machine emotional intelligence: analysis of affective physiological state. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol.23, n.10, pp. 1175-1191
11. Puica, M-A, Florea, A-M. 2013. Emotional Belief-Desire-Intention Agent Model: Previous Work and Proposed Architecture. International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence, Vol. 2, No. 2.
12. Rao, A. S., Georgeff, P. 1995. BDI Agents: From Theory to Practice, Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems. AAAI.
13. Rao, A. S., Georgeff, P. 1995. BDI Agents: From Theory to Practice, Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems. AAAI.
14. Schuller, B., Muller, R., B., Hornler, A., Hothker, H. Konosu, and Rigoll, G. 2007. Audiovisual Recognition of Spontaneous Interest within Conversations. Ninth ACM Int'l Conf. Multimodal Interfaces (ICMI '07), pp. 30-37.
15. Sebe, N., Lew, M.S., Cohen, I., Sun, Y., Gevers, T., and Huang, T.S. 2004. Authentic Facial Expression Analysis. IEEE Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition (AFGR).
16. O'Toole, A.J. et al. 2005. A Video Database of Moving Faces and People. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 5, pp. 812-816.

CHAPITRE 5 ENVIRONNEMENT VIRTUEL RÉDUCTEUR D'ÉMOTIONS

La deuxième phase de l'expérience est la reconnaissance d'émotions avec le casque EEG Emotiv EPOC qui est décrite en détail dans l'article, co-écrit avec Thi Hong Dung Tran, intitulé "Virtual Environment for Monitoring Emotional Behaviour in Driving". Cet article porte sur l'importance du contrôle des émotions fortes dans des situations où elles peuvent représenter un danger lors de la conduite automobile. L'article présente premièrement les différentes techniques pour détecter les émotions et les avantages d'utiliser un EEG, suivi d'une description du simulateur et de la collecte de données. Ensuite, l'agent correcteur d'émotions est présenté, ce dernier ayant comme but de réduire les fortes émotions chez les participants. Ensuite, cet agent correcteur d'émotion est mis à l'épreuve dans la phase d'expérimentation. Finalement, l'analyse des résultats démontre l'efficacité de cet agent correcteur et l'article se termine sur les avancements possibles que pourrait amener un tel agent dans les systèmes existants.

Comme nous l'avons vu, les émotions fortes sont très dangereuses pour la conduite automobile, car elles entraînent des distractions sur la route et même la rage au volant. Cet article vise à amener une approche pour réduire les émotions fortes des conducteurs. Avec un agent correcteur d'émotions, on peut diminuer les émotions fortes du conducteur tout de suite après leur détection. Dans la conclusion, des avancements scientifiques possibles seront présentés ainsi que les potentielles applications pratiques d'un agent correcteur d'émotions. Il y aura aussi une discussion sur la prévention des émotions en appliquant à plusieurs reprises ce système. Si l'on peut prévenir les émotions fortes avant même qu'elles ne surviennent, on réduirait grandement les accidents sur la route.

Cet article a été publié dans la conférence Intelligent Tutoring Systems (ITS) en 2014 à Hawaii.

Virtual Environment for Monitoring Emotional Behaviour in Driving

Claude Frasson, Pierre Olivier Brosseau, Thi Hong Dung Tran

Université de Montréal
Département d'informatique et de recherche opérationnelle
2920 Chemin de la Tour, Montréal, H3T-1J4, Canada

Abstract: Emotions are an important behaviour of humans and may arise in driving situations. Uncontrolled emotions can lead to harmful effects. To control and reduce the negative impact of emotions, we have built a virtual driving environment in which we can capture and analyse emotions felt by the driver using EEG systems. By simulating specific emotional situations we can provoke these emotions and detect their types and intensity according to the driver. Then, in the environment, we generate corrective actions that are able to reduce the emotions. After a training period, the driver is able to correct the emotions by himself.

Keywords: Emotions, Simulation, EEG, Driving, Emotional state

5.1 Introduction

Emotions play an important role in decision. Emotions can last from a few minutes to several days (in this case they are called moods). What is more important is that they place the driver into a cerebral state that will allow or disallow him/her to react adequately to a cognitive or a decisive situation. *Mental engagement* is related to the level of mental vigilance and alertness during the task. Sometimes engagement is considered as the level of attention and motivation. The loss or diminution of engagement is considered as a *distraction* [16]. *Mental workload* can be seen as the mental effort and

energy invested in terms of human information processing during a particular task. If a driver is in a high mental workload he can ignore possible dangers. While driving, these emotions can have very harmful effects on the road, or even cause death. For instance, anger can lead to sudden driving reactions, often involving collisions. Sadness or an excess of joy can lead to a loss of attention. Generally, emotions that increase the reaction time in driving situations are the most dangerous. Several questions arise. How do we measure or estimate the emotion of the driver in certain situations? How can the driver act on his emotions to reduce their intensity? How can we train the driver to react differently and control his emotions?

Different technologies can be used to assess emotions. We can use physiological sensors that are able to evaluate seat position, facial recognition, voice recognition, heart rate, blood pressure, sweating and the amount of pressure applied on the computer mouse. The galvanic skin conductivity is a good indication of emotional change but its evaluation is not precise. The use of Electroencephalograms (EEG) sensors is more precise and more recently used [17]. In fact, EEG signals are able to detect emotions and cerebral states which, synchronized with the driving scene, can highlight what happens in the brain and when. To reduce emotions, most of the systems use a voice to interact with the driver. In the present paper we aim to assess emotions felt by a driver in specific driving situations. For that, we have built a virtual environment that is able to generate these emotions. Then, a virtual agent intervenes to reduce the emotional impact so that the driver can return to a neutral emotion. Following this introduction, we first comment first on previous works realized in this domain. Then, we present the main components of our simulator, a virtual environment that is able to generate emotions and an agent in charge of reducing emotions. We describe the experiments realized, show the resulting emotions and the measures obtained. Finally, we show how the system can reduce emotional reactions and create an impact on reducing road accidents.

5.2 Previous work

Intuitively emotions play a role in driving, but even if they are not listed as a direct factor in road accidents [4, 12], it is reported that 16 million drivers in the United States have disabilities road rage [10]. What is the effect on driving when emotions such as anger and excitement arise, since they increase the driver reaction time?

Nass, Jonsson et al. [1,2] realized a study to determine whether a car equipped with the ability to speak may influence the performance of its user. Participants of the simulation were invited to converse with the voice of car. Results showed that when the voice of the car met the voice of the participant (happy / sad / moderate) he had less accidents, paid more attention to the road and was more involved in the conversation with the voice of car. Jones and Jonsson [14] have presented a method to identify five emotional states of the driver during simulations. They used neural networks as classifiers, but they have not studied the impact of ambient noise. Schuller et al. [3] also based their experiences on driving simulators recognizing four emotions using support vector machines. However, these studies have shown that the performance of emotion recognition depends largely on the ratio of noise that they have also ignored.

Results obtained by Cai et al. [13] show that anger and excitement, in a scenario involving several drivers, cause an increase in heart rate, breathing and skin conductivity. More specifically, drivers who are not in the neutral state, cross more the lines on the road, turn more on the wheel, and are changing lanes much faster when they are angry or excited. We can conclude that the emotions of anger and excitement negatively affect the control of the vehicle when driving as compared to driving in a neutral state. And this control is directly connected to road safety.

Works undertaken by a team at The Institute Human-Machine Communication in Munchen [18] confirm the influence of the affective state on driver performances. Again, the study emphasized the importance of developing an intelligent system inside the car. To achieve this, emotion plays a significant role in the comfort and safety of driver's performance. Facial expressions, voice, physical measurements, driving parameters and contextual knowledge of the driver are important and reliable methods for recognizing

the emotions and state of the driver. A distraction detection system is also under way and will assist the driver with a Lane Keeping System and a Head Tracking System. Research on emotions detection is being funded by Toyota. Their system, which is still in the prototype stage, can identify the emotional state of the driver with a camera that stands 238 points on their face. The car can then make suggestions to the driver, or simply adjust the music for relaxation. Everything is still in the prototype stage, but Toyota says that their system could be available in their next car generation.

5.3 The Emotional Car simulator

5.3.1 The environment

To generate and assess emotions in a driving situation we have built a Virtual Environment able to simulate specific driving situations that could be a source of emotions. The virtual environment takes the form of a game in which the player is a driver who is submitted to a variety of realistic situations that everybody could experience every day in traffic. Our environment is divided into 6 parts: the profile of the user, the quiz (before and after simulation), the simulation, the emotion corrector (an agent able to calm the user and reduce his emotions), and the result part. On the right side of the interface we have integrated the measures which come in real time from an EEG headset: Excitement, Engagement, Boredom, Meditation, and Frustration. First of all, the user has to register and provide personal information (profile) in the Virtual Environment, then he is submitted to the first quiz in which he has to determine the perception of his own emotions. This quiz is invoked before and after each scenario in the simulator. The simulator is the part intended to cause emotional reactions. It is based on a video game where a user can experiment nine different driving scenarios designed to generate emotions by using stimulating sounds and mobile cars or trucks that suddenly arise in the traffic to disrupt the driving behaviour of the user. The emotion corrector module is intended to reduce player's emotions. It is represented by a virtual emotional agent which is aware of user's emotion and will try to talk to him according to various scenarios, explaining the good behavior to adopt in order to reduce his emotions.

5.3.2 Collecting the data

To collect the data we used the EPOC headset built by Emotiv. EPOC is a high resolution, multi-channel, wireless neuroheadset which uses a set of 14 sensors plus 2 references to tune into electric signals produced by the brain to detect the user's thoughts, feelings and expressions in real time (Figure 1). Using the Affectiv Suite we can monitor the player's emotional states in real-time. This method was used to measure the emotions throughout the whole simulation process. Emotions are rated between 0 and 100%, where 100% is the value that represents the highest power/probability for this emotion.



Figure 1. The experimental environment (EEG and simulation system)

5.3.3 The correcting agent

To correct the negative emotions generated in the scenarios we created an agent in charge of neutralizing player's emotions (Figure 2).

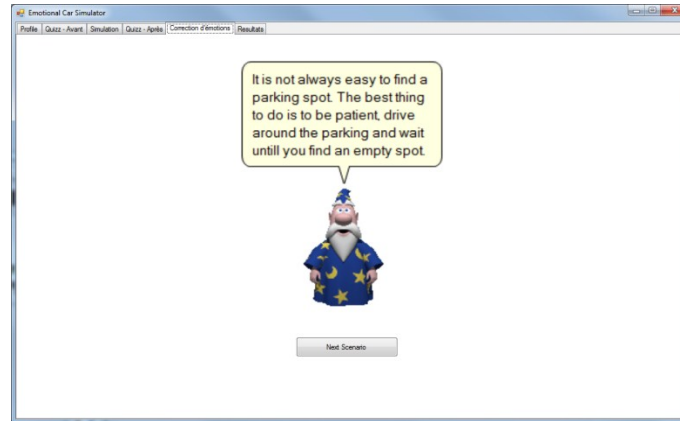


Figure 2. The correcting agent

Its soothing voice combined with its funny appearance are there to reassure the player and tell him the proper behaviour to handle the scenario correctly and to reduce his emotions.

5.3.4 The results

The last part of the virtual environment is an interface which shows the results. For each user it is possible to select a given scenario and retrieve the emotions captured by the EPOC headset during the simulation. Each pair of emotions can be hidden or shown in the graphic using this interface. For instance, in Figure 3, on the left side of the screen, we select the user (which is blurred out for privacy purposes), a scenario and the emotions to display.

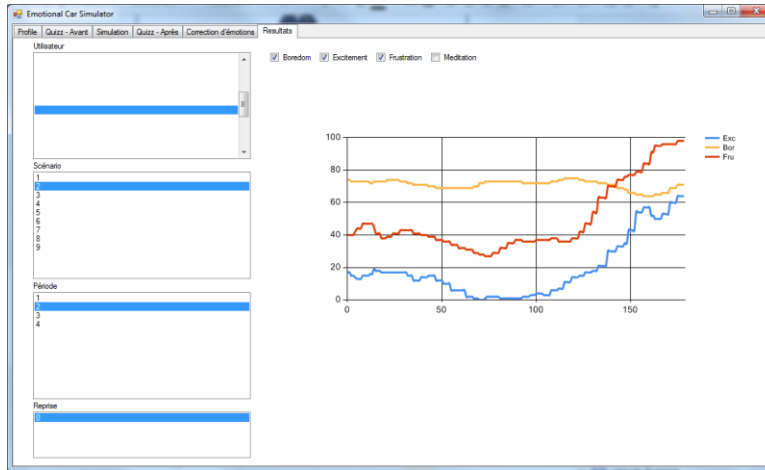


Figure 3. The variation of emotions while in traffic, x-axis is the time and y-axis is the percentage of emotion.

The graph appears on the right and displays the progression of the selected emotions over the course of scenario. It represents scenario #2, in which the player finds himself stuck in the traffic. We can clearly see the slow increase in both frustration and excitement.

5.4 Experimentation

From the EPOC we collect 3 main emotions: boredom, excitement and frustration. *Frustration* is an emotion that occurs in situations where a person is blocked from reaching a desired outcome. In general, whenever we reach one of our goals, we feel pleased and whenever we are prevented from reaching our goals, we may succumb to frustration and feel irritable, annoyed and angry. Typically, if the goal is important, frustration and anger or loss of confidence will increase. *Boredom* creeps up on us silently, we are lifeless, bored and have no interest in anything, due perhaps to a build-up of disappointments, or just the opposite, due to an excess of stimuli that leads to boredom, taking away our ability to be amazed or startled anymore when things happen. *Excitement* is a state of having a great enthusiasm while calm is a state of tranquility, free from excitement or passion.

The simulation module contains nine scenarios; each scenario is a different situation likely to cause emotions. The first scenario is simply intended to help the participant to

become familiar with the car's controls and the simulator. In the second scenario, the participant is stuck in a traffic jam with a lot of noise. In the third scenario, the participant drives near a school with a school bus waiting on the other side of the road. The participant has to stop five meters before the bus and wait until the stop signal is gone. In the fourth scenario the participant is driving straight up to an intersection with a stop sign on his side, he has to wait for all other cars to pass. The fifth scenario is similar to the fourth, this time with a pedestrian crossing the street. In the sixth scenario, the participant has to find a place in a public parking. There is only one place left and before the participant can reach it, another car takes it. The participant has to look around to find another place (Figure 4). In the seventh scenario, the car is already on a highway at high speed and the brakes are no more working. The participant has to stay calm, verifies if the brakes are working properly and tries to stop the car. In the eighth scenario, a fire truck comes from behind and starts its siren.

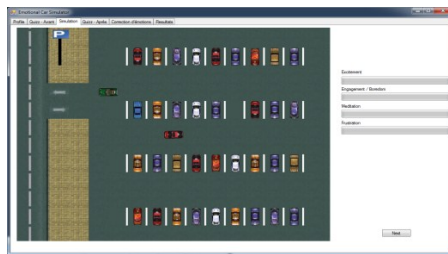


Figure 4. The parking lot (Scenario #6)



Figure 5. The Fire Truck (Scenario #8)

The participant has to move his car to the right and stay immobilised until the fire truck is gone (Figure 5). In the last scenario, the participant is late for work. If the participant takes the first turn right he will arrive at work on time but there is an interdiction to turn right, he has to take the second right turn. The participant has to respect the signalisation and turn where it is permitted, even if he is in a hurry.

5.5 Results

The subjects of this study were 30 college students from Quebec, 6 females and 24 males aged between 17 and 33. Amongst them, 24 had their driving license. In this section, we present the common emotions generated during the scenarios. Participants are excited when an event (pedestrian, siren, stop sign, parking, etc.) occurs. They become very frustrated and excited when they realized that their brakes did not work (41.2% frustrated and 70.6% excited). Participants got bored when they had to wait for the pedestrian (23.5%) or when nothing happened (29.4% during the first scenario). Participants became very frustrated when they caused a collision (70.6% in scenario 6) or when they failed a scenario. The following figures show the influence of a Fire Truck's siren and a brakes failure. Figure 6 shows the generation of excitement when the Fire Truck started its siren. Figure 7 shows the generation of frustration when the user noticed that the brakes failed. These data are for a single user.

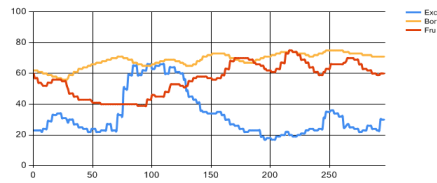


Figure 6: Excitement generated

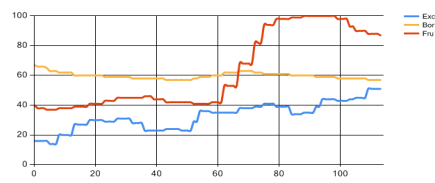


Figure 7: Frustration (in red) generated.

We consider a *generated* emotion by observing the emotions that have increased their value by at least 20% in the course of the scenario (Figure 6). A *corrected* emotion is also defined by observing a decrease of at least 20% between the end of the scenario and the end of the correcting agent phase (Figure 7).

Table 1. Average emotions generated in the simulator for all participants

Scenario/emotions	Excitement	Boredom	Frustration
1	35.3%	29.4%	11.7%
2	70.6%	11.8%	64.7%
3	70.6%	5.9%	47.1%
4	41.2%	11.8%	52.9%
5	52.9%	23.5%	41.2%
6	76.5%	11.8%	70.6%
7	41.2%	0.0%	70.6%
8	52.9%	0.0%	58.8%
9	52.9%	5.8%	64.7%

Strong emotions generated during the scenarios are corrected with the correcting agent. The efficiency is the percentage of the amount of reduction. The correcting agent worked with the best efficiency of 70.0% for the frustrated participants in scenario 8 (Table 2), and 66.7% of excited participants in scenario 3.

Table 2. Efficiency of the correcting agent for all participants

Scenario/emotions	Excitement	Boredom	Frustration
1	66.7%	21.1%	50.0%
2	50.0%	8.6%	45.5%
3	66.7%	4.8%	62.5%
4	42.9%	10.3%	66.7%
5	66.7%	19.7%	57.1%
6	46.2%	7.5%	41.6%
7	57.1%	0.0%	58.3%
8	55.6%	0.0%	70.0%
9	44.4%	4.3%	36.4%

Figure 8 shows the influence of the correcting agent on excitement in this case.

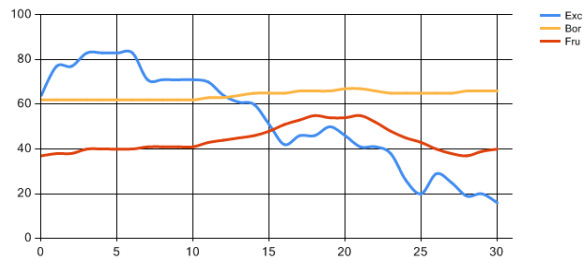


Figure 8. The effect of the correcting agent on the high excitement of the user (while the agent is talking).

5.6 Conclusion

Emotions affect the drivers' behaviour. Strong emotions or negative emotions can lead to aggressive reactions. Correcting these strong or negative emotions can have a positive impact on the drivers' safety. In our simulator the correcting agent has a considerable impact to improve drivers' actions. Excitement and frustration have decreased after the driver followed the advices of the agent with an efficiency varying from 36.4% to 70.0%. Driving is an everyday activity in which people rarely prevent or stop these strong or negative emotions. The correcting agent improve the drivers' emotional behaviour. Our emotional correcting agent has only corrected the emotions of excitement and frustration, but it is also possible to create agents to correct other negative or strong emotions such as boredom, which can cause distractions and accidents on the road. Correcting this emotion is also an important step to improve driving quality and is a good subject for further research. Instead of correcting these emotions, preventing them is also a very interesting subject for further investigations. Preventing strong or negative emotion will also prevent bad driving behaviours. By training the emotional behaviour of the driver with successive use of our system it would reduce the impact on the driver's emotional state. Experiments in virtual environments have shown the improvement for the user in terms of emotional reactions (flight simulations, phobia reduction) and we think that applying our system repeatedly should have the same effect on drivers. A useful application of our system

could be installed in driving schools, combining training driving codes and adequate emotional behaviour. In order to integrate portable technology, we could insert into future cars a face reading system which is able to detect not only driver's emotions but also his weariness. This approach will contribute to the birth of intelligent cars that will detect the capabilities and emotional conditions of the driver for a safer environment.

Acknowledgments. We acknowledge the National Science and Engineering Research Council (NSERC) for funding this work.

5.7 References

1. Jonsson, I.M., Nass, C., Harris, H., Takayama, L. 2005. Matching In-Car Voice with Driver State: Impact on Attitude and Driving Performance. Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, pp. 173–181.
2. Nass, C., Jonsson, I.M., Harris, H., Reaves, B., Endo, J., Brave, S., Takayama, L. 2005. Improving Automotive Safety by Pairing Driver Emotion and Car Voice Emotion. CHI.
3. Schuller, B., Lang, M., Rigoll, G. 2006. Recognition of Spontaneous Emotions by speech within Automotive Environment. Deutsche Jahrestagung für Akustik (DAGA), Braunschweig, Germany, pp. 57–58.
4. Setiawan, P., Suhadi, S., Fingscheidt, T., Stan, S. 2005. Robust Speech Recognition for Mobil Devices in Car Noise. Interspeech, Lisbon, Portugal.
5. Grimm, M., Kroschel, K., Narayanan, S. 2007. Support vector regression for automatic recognition of spontaneous emotions in speech. Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP).
6. Grimm, M., Kroschel, K., Harris, H., Nass, C., Schuller, B., Rigoll, G., Moosmayr, T. 2007. On the Necessity and Feasibility of Detecting a Driver's Emotional State While Driving, Affective Computing and Intelligent Interaction. Lecture Notes in Computer Science vol.4738, pp. 126-138.

7. Al-Shihabi, T., Mourant, R.R. 2003. Toward more realistic driving behavior models for autonomous vehicles in driving simulators. *Transportation Research Record*, n.1843, p 41-49.
8. Lisetti, C.L. and Nasoz, F. 2004. Using noninvasive wearable computers to recognize Human Emotions from Physiological Signals. *EURASIP Journal on Applied Signal Processing* 11, pp. 1672–1687.
9. Balling, O., Knight, M.R., Walters, B., Sannier, A. 2002. Collaborative Driving Simulation. SAE 2002 World Congress & Exhibition, Detroit, MI, USA, Session: Vehicle Dynamics & Simulation (Part A). Document Number: 2002-01-1222.
10. CNN news. 2006. CNN News Health Study: 16 million might have road rage disorder. <http://www.cnn.com/2006/HEALTH/06/05/road.rage.disease.ap/>.
11. Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Cox, C. 2005. Beyond emotion archetypes: Databases for emotion modeling using neural networks. *Neural Networks*, vol.18, n.4, Emotion and Brain, pp. 371-388.
12. NHTSA. 2005. Traffic safety facts 2005. NHTSA annual report, Washington, USA, DOT HS 809 848.
13. Cai, H., Lin, Y., Mourant, R. R. 2007. Study on Driver Emotion in Driver-Vehicle-Environment Systems Using Multiple Networked Driving Simulators. DSC 2007, North America, Iowa City.
14. Jones, C., Jonsson, I.M. 2005. Automatic recognition of affective cues in the speech of car drivers to allow appropriate responses. OZCHI.
15. Schuller, B., Arsic, D., Wallhoff, F., Rigoll, G. 2006. Emotion Recognition in the Noise Applying Large Acoustic Feature Sets. *Speech Prosody*, Dresden, Germany.
16. Stevens, R., Galloway, T., Berka, C. 2007. EEG-Related Changes in Cognitive Workload, Engagement and Distraction as Students Acquire Problem Solving Skills. Conati, C., McCoy, K., Paliouras, G. (eds.) *User Modeling 2007*, vol. 4511. pp. 187-196.
17. Chaouachi, M., Jraidi, I., Frasson, C. 2011. Modeling Mental Workload Using EEG Features for Intelligent Systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Girona, Spain, pp. 50-61.

18. Florian Eyben, Martin Wöllmer, Tony Poitschke, Björn Schuller, Christoph Blaschke, Berthold Färber, and Nhu Nguyen-Thien. 2010. Emotion on the Road—Necessity, Acceptance, and Feasibility of Affective Computing in the Car. *Advances in Human-Computer Interaction* vol.2010, 263593, p. 17.

CHAPITRE 6 DISCUSSION

Dans le premier article traitant de la création de scénarios générateurs d'émotions à partir du modèle BDI, nous avons pu observer leur efficacité en les testant avec un échantillon de 30 participants. Nous avons établi, dans ce même article, qu'une émotion était considérée comme générée par le scénario si on notait une augmentation d'au moins 20% de la probabilité de l'intensité d'une émotion chez le participant dans les secondes suivant l'événement déclencheur. Après avoir analysé les résultats des 30 participants, on observe que plus de 70% des scénarios conçus avec cette méthode ont générés l'émotion que l'on avait anticipée, chez la majorité des participants allant de 52% à 76%. La création des scénarios générateurs d'émotions était un prérequis pour le second objectif principal de cette recherche, soit la création d'un agent correcteur d'émotions, présenté dans le second article.

Parmi les scénarios, celui qui devait générer de l'ennui chez le participant a plutôt généré de l'excitation comme émotion principale chez la plupart des participants. Comme ce scénario est parmi les premiers présentés au participant, il est possible que l'excitation ressentie soit causée par la découverte du simulateur et non par le scénario en tant que tel. Ceci pourrait être vérifié en effectuant plusieurs séances avec les mêmes participants et comparer les résultats dans les séances subséquentes ou en alternant la disposition des scénarios pour différents participants.

Après avoir généré une émotion forte chez un participant, nous avons vérifié s'il était possible de la réduire à l'aide de notre agent correcteur d'émotion. Pour considérer une émotion comme étant réduite grâce à notre agent correcteur, il fallait que la valeur observée de probabilité et d'intensité pour cette émotion ait diminué de plus de 20% dans les secondes suivant les conseils de notre agent correcteur d'émotion. Encore une fois les résultats étaient concluants; pour la frustration et l'excitation, nous avons noté une efficacité de la réduction des émotions allant de 36.4% jusqu'à 70.0% des participants à travers les différents scénarios. Pour ce qui est de l'ennui, comme nous n'avons pas pu générer cette émotion de manière significative, il était donc inutile de chercher à la

réduire. Il serait intéressant de créer de nouveaux scénarios qui cibleraient plus particulièrement cette émotion ou d'autres émotions qui peuvent être dangereuses sur la route afin d'étudier des manières de les réduire.

L'avantage de notre système est qu'il est maintenant très facile de générer des scénarios pour provoquer des émotions chez un conducteur et de corriger ces mêmes émotions. Un agent correcteur d'émotions pourrait facilement être implémenter dans une voiture pour donner des conseils au conducteur par rapport aux émotions ressenties. Une des grandes limitations de notre système est qu'à l'extérieur de notre système, un agent correcteur d'émotions n'aurait pas l'information sur ce qui a causé la forte émotion chez le conducteur. Il serait alors beaucoup plus difficile de donner des conseils spécifiques comme de ne pas s'en faire et de chercher une nouvelle place de stationnement lorsque celle-ci est prise par un autre conducteur.

En plus des avantages et inconvénients du système, il y a d'autres questions qui ressortent de cette recherche. Dans un scénario donné, est-ce que l'on génère seulement les émotions ciblées? Est-ce que les autres émotions pourraient avoir un impact sur les réactions du conducteur? Pour répondre à ces questions, il faudrait faire une analyse plus complète des émotions du participant et voir quelles autres émotions sont générées par les scénarios et si elles ont de l'influence sur la conduite et les interactions entre conducteurs. La question du réalisme est aussi un point essentiel à évaluer; est-ce que les émotions générées dans des situations de simulation reflètent bien la réalité? Quels seraient les améliorations possibles dans notre environnement virtuel de simulation de conduite automobile?

Nous avons recueilli des données sur l'origine ethnique des participants dans cette recherche, car il est fort probable qu'elle influence la perception du participant sur la conduite automobile et la manière dont il réagit aux scénarios. Cependant, puisque la majeure partie (20 sur les 30 candidats) était d'origine canadienne, nous n'avons pas pu faire une analyse à ce sujet. Il serait important dans une étude à plus grande échelle de

vérifier si le pays où les participants ont appris à conduire influence les émotions provoquées par les différents scénarios.

Pour améliorer notre système, il serait intéressant de reproduire des tests similaires dans un simulateur où l'environnement du test serait une vraie voiture pour augmenter le réalisme. Une étude menée par Cai et al. [12] a démontré l'efficacité d'un tel simulateur et les bienfaits d'utiliser des êtres humains pour conduire les différentes voitures présentes à l'intérieur du simulateur. Une telle expérience est cependant beaucoup plus coûteuse, mais permettrait d'avoir des résultats beaucoup plus précis et qui reflèteraient mieux la réalité. Cela permettrait en plus d'étudier les interactions entre plusieurs conducteurs et pas seulement entre un conducteur et des voitures automatiques.

Afin de pousser davantage cette recherche et avoir une meilleure validité des résultats, il serait intéressant d'avoir un échantillon supérieur à 30 participants. Premièrement, un plus grand échantillon permettrait de faire des analyses en fonction du sexe, de l'origine, de l'âge et des années d'expériences de conduite des participants afin d'exclure des variables confondantes. Aussi, un plus gros échantillon permettrait de vérifier si nos résultats peuvent s'appliquer à une population plus grande, car la majeure partie de nos participants proviennent du même milieu universitaire.

CHAPITRE 7 CONCLUSION

Nous avons vu les différentes techniques pour provoquer des émotions en conditions de simulation premièrement par la stimulation auditive à l'aide de musique et d'effets sonores, deuxièmement par la stimulation visuelle par des images ou séquences vidéos et finalement par une imitation des traits du visage associés à une émotion. Dans notre cas il était nécessaire de créer un simulateur de conduite pour mieux représenter les problèmes émotionnels liés à la conduite automobile. Premièrement, pour mieux représenter les conditions sur la route, où le conducteur doit porter attention à ce qu'il fait tout en faisant face à des distractions visuelles et auditives et deuxièmement pour que le conducteur prenne part aux situations et ne soit pas uniquement un spectateur.

Ce simulateur de conduite est une contribution originale, car c'est le premier système de simulation de conduite automobile qui génère des événements déclencheurs d'émotions en se basant sur les intentions du joueur. Le simulateur pourrait être amélioré en augmentant le nombre de scénarios ainsi que la gamme d'émotions qui sont générées grâce au système BDI. L'agent correcteur de notre système pourrait aussi être implanté dans une voiture, puisqu'il utilise la voix pour réduire les émotions. C'est un système très approprié, qui pourrait en plus être combiné avec de la musique pour réduire les fortes émotions.

Le second enjeu de ce mémoire était de mesurer les émotions. D'abord, nous avons vu les différentes techniques d'analyse de la voix et des traits du visage, puis l'utilisation du casque EEG. L'avantage de ce casque qu'il puise les informations directement des signaux électriques produits dans des zones spécifiques du cerveau, ce qui permet d'identifier avec précision les émotions recherchées.

Le modèle BDI a ensuite permis la création des scénarios générateurs d'émotions. En créant des événements, dans chaque scénario, qui empêchaient le conducteur de réaliser ses objectifs ou d'accomplir ses intentions provoquant ainsi de fortes émotions.

Nous avons ensuite pu observer l'efficacité de la génération d'émotions des ces scénarios conçus à partir du modèle BDI, qui ont permis de générer l'émotion ciblée dans 75% des scénarios, ainsi que l'efficacité d'un agent réducteur d'émotions qui réduisait une forte émotion chez 36.4% à 70.0% des participants selon le scénario. L'expérience a donc démontré qu'il est possible et efficace d'utiliser le modèle BDI pour concevoir des scénarios générateurs d'émotions et les appliquer dans des situations plus réalistes comme la conduite automobile.

Les émotions fortes influencent le comportement des conducteurs et peuvent les amener à avoir un comportement agressif. C'est pourquoi, une fois ces émotions générés, l'enjeu principal de cette recherche était de les réduire. Corriger ces émotions fortes à un impact positif sur le comportement et sur la conduite du conducteur. L'agent correcteur d'émotion apparaissait à l'écran suite à la génération de ces émotions fortes pour pouvoir les réduire. Nous avons pu observer que suite aux conseils de l'agent correcteur l'excitation et la frustration des participants diminuait avec une efficacité allant de 36.4% jusqu'à 70.0% pour un scénario donné. Cet agent correcteur améliore donc le comportement émotionnel du conducteur. Comme nous avons uniquement généré des émotions de frustration et d'excitation, nous avons uniquement réduit ces deux émotions. Il serait intéressant de concevoir plus de scénarios avec davantage d'émotions générées pour tester l'efficacité de l'agent correcteur sur une plus grande gamme d'émotions.

Il est important de pouvoir générer ces émotions avec précision pour pouvoir cibler certains problèmes réalistes, comme celui de la rage au volant. La rage au volant est un problème très connu qui affecte le comportement du conducteur et peut avoir des répercussions dangereuses sur la route. Comme nous avons pu le constater avec l'agent correcteur d'émotions, il est possible de diminuer l'intensité d'une telle émotion dangereuse, ce qui pourrait être fait simplement avec une voix relaxante dans la voiture qui donne des conseils au conducteur. L'agent correcteur a été conçu pour réduire l'excitation et la frustration chez le conducteur, mais il pourrait également prévenir d'autres états comme l'ennui qui peut causer des distractions et des accidents sur la route.

Réduire ces fortes émotions est une étape très importante pour diminuer les dangers sur la route. En plus de réduire les émotions, il serait intéressant de voir s'il est possible de les

prévenir avec de plus amples recherches sur le sujet. Empêcher une forte émotion avant même qu'elle surgisse permettrait de prévenir un mauvais comportement sur la route et éviterait beaucoup d'accidents. En entraînant des conducteurs avec le simulateur sur des multiples séances, il serait possible de voir une réduction de l'état émotionnel du conducteur vis-à-vis certains événements déclencheurs. Plusieurs expériences dans des environnements virtuels ont démontré le potentiel d'un tel système de prévention d'émotions fortes, un exemple notable étant les simulateurs qui servent à réduire les phobies. Nous pensons qu'appliquer notre système de façon répétée aurait à long terme un effet positif sur les conducteurs. Éventuellement, une application pratique pourrait se faire dans les écoles de conduite en combinant l'apprentissage du code de la route avec un état émotionnel adéquat. Il serait aussi possible d'intégrer directement un système de détection d'émotions ainsi qu'un agent correcteur à même les voitures pour détecter les fortes émotions et prévenir une grande partie des accidents de la route.

Références

1. Jonsson, I.M., Nass, C., Harris, H., Takayama, L. 2005. Matching In-Car Voice with Driver State: Impact on Attitude and Driving Performance. Proceedings of the Third International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, pp. 173-181.
2. Nass, C., Jonsson, I.M., Harris, H., Reaves, B., Endo, J., Brave, S., Takayama, L. 2005. Improving Automotive Safety by Pairing Driver Emotion and Car Voice Emotion.
3. Schuller, B., Lang, M., Rigoll, G. 2006. Recognition of Spontaneous Emotions by speech within Automotive Environment. Deutsche Jahrestagung für Akustik (DAGA), Braunschweig, Germany, pp. 57-58.
4. Setiawan, P., Suhadi, S., Fingscheidt, T., Stan, S. 2005. Robust Speech Recognition for Mobile Devices in Car Noise. Interspeech, Lisbon, Portugal.
5. Grimm, M., Kroschel, K., Narayanan, S. 2007. Support vector regression for automatic recognition of spontaneous emotions in speech. Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP).
6. Grimm, M., Kroschel, K., Harris, H., Nass, C., Schuller, B., Rigoll, G., Moosmayr, T. 2007. On the Necessity and Feasibility of Detecting a Driver's Emotional State While Driving, Affective Computing and Intelligent Interaction, Lecture Notes in Computer Science Volume 4738, 2007, pp. 126-138.
7. Al-Shihabi, T., Mourant, R.R. 2003. Toward more realistic driving behavior models for autonomous vehicles in driving simulators. Transportation Research Record, n 1843, pp. 41-49.
8. Lisetti, C.L. and Nasoz, F., 2004. Using noninvasive wearable computers to recognize Human Emotions from Physiological Signals. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, vol.2004, no.11, pp. 1672-1687.
9. Balling, O., Knight, M.R., Walters, B., Sannier, A. 2002. Collaborative Driving Simulation. SAE 2002 World Congress & Exhibition, Detroit, MI, USA, Vehicle Dynamics & Simulation (Part A). Document Number: 2002-01-1222.

10. Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Cox, C. 2005. Beyond emotion archetypes: Databases for emotion modeling using neural networks. *Neural Networks*, vol.18, n.4, *Emotion and Brain*, p371-388.
11. NHTSA. 2005. *Traffic safety facts 2005*, Washington, USA, NHTSA annual report, DOT HS, p809-848.
12. Cai, H., Lin, Y., Mourant, R. R. 2007. Study on Driver Emotion in Driver-Vehicle-Environment Systems Using Multiple Networked Driving Simulators. *DSC 2007 North America - Iowa City*.
13. Jones, C., Jonsson, I.M. 2005. Automatic recognition of affective cues in the speech of car drivers to allow appropriate responses. *OZCHI*.
14. Schuller, B., Arsic, D., Wallhoff, F., Rigoll, G. 2006. Emotion Recognition in the Noise Applying Large Acoustic Feature Sets. *Speech Prosody*, Dresden, Germany.
15. Eyben, F., Wöllmer, M., Poitschke, T., Schuller, B., Blaschke, C., Färber, B., Nguyen-Thien, N. 2010. Emotion on the Road—Necessity, Acceptance, and Feasibility of Affective Computing in the Car. *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2010, no. 5.
16. Jaekoo Joo. 2013. Perception and BDI Reasoning Based Agent Model for Human Behavior Simulation in Complex System. *Human-Computer Interaction, Part V, HCII 2013, LNCS 8008*, pp.62-71.
17. Mihaela-Alexandra Puica, Adina-Magda Florea. 2013. Emotional Belief-Desire-Intention Agent Model: Previous Work and Proposed Architecture. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, vol. 2, no. 2.
18. Michael Georgeff, Barney Pell, Martha Pollack, Milind Tambe, Michael Wooldrige. 1999. The Belief-Desire-Intention Model of Agency. *Intelligent Agents V: Agents Theories, Architectures, and Languages*.
19. A.J. O’Toole et al. 2005. A Video Database of Moving Faces and People. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 27, no. 5, pp. 812-816.
20. M. Pantic and M.S. Bartlett. 2007. Machine Analysis of Facial Expressions. *Face Recognition*, I-Tech Education and Publishing, K. Delac and M. Grgic, eds., pp. 377-416.

21. N. Sebe, M.S. Lew, I. Cohen, Y. Sun, T. Gevers, and T.S. Huang. 2004. Authentic Facial Expression Analysis. IEEE Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition (AFGR).
22. Zhihong Zeng, Maja Pantic, Glenn I. Roisman, and Thomas S. Huang. 2009. A survey of Affect Recognition Methods: Audio, Visual, and Spontaneous Expressions. Member, IEEE Computer Society, IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, Vol. 31, no. 1, pp. 39-57.
23. Anand S. Rao and Michael P. Georgeff. 1995. BDI Agents: From Theory to Practice. Proceedings of the First International Conference on Multiagent Systems, AAAI.
24. M.S. Bartlett, G. Littlewort, M. Frank, C. Lainscsek, I. Fasel, and J. Movellan. 2005. Recognizing Facial Expression: Machine Learning and Application to Spontaneous Behavior. IEEE Int'l Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '05), pp. 568-573.
25. D. Neiberg, K. Elenius, and K. Laskowski. 2006. Emotion Recognition in Spontaneous Speech Using GMM. Int'l Conf. Spoken Language Processing (ICSLP '06), pp. 809-812.
26. A.J. O'Toole et al. 2005. A Video Database of Moving Faces and People. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 5, pp. 812-816.
27. B. Schuller, R. Muller, B. Hornler, A. Hothker, H. Konosu, and G. Rigoll. 2007. Audiovisual Recognition of Spontaneous Interest within Conversations. Ninth ACM Int'l Conf. Multimodal Interfaces (ICMI '07), pp. 30-37.
28. Nass, C., Jonsson, I.M., Harris, H., Reaves, B., Endo, J., Brave, S., Takayama, L. 2005. Improving Automotive Safety by Pairing Driver Emotion and Car Voice Emotion. CHI.
29. Schuller, B., Lang, M., Rigoll, G. 2006. Recognition of Spontaneous Emotions by speech within Automotive Environment. Deutsche Jahrestagung f'ur Akustik (DAGA), Braunschweig, Germany, pp. 57-58.
30. Setiawan, P., Suhadi, S., Fingscheidt, T., Stan, S. 2005. Robust Speech Recognition for Mobil Devices in Car Noise. Interspeech, Lisbon, Portugal.

31. Grimm, M., Kroschel, K., Narayanan, S. 2007. Support vector regression for automatic recognition of spontaneous emotions in speech. Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP).
32. Grimm, M., Kroschel, K., Harris, H., Nass, C., Schuller, B., Rigoll, G., Moosmayr, T. 2007. On the Necessity and Feasibility of Detecting a Driver's Emotional State While Driving, Affective Computing and Intelligent Interaction. Lecture Notes in Computer Science Volume 4738, pp. 126-138.
33. Al-Shihabi, T., Mourant, R.R. 2003. Toward more realistic driving behavior models for autonomous vehicles in driving simulators. Transportation Research Record, no. 1843, 2003, pp. 41-49.
34. Lisetti, C.L. and Nasoz, F. 2004. Using noninvasive wearable computers to recognize Human Emotions from Physiological Signals. EURASIP Journal on Applied Signal Processing 2004, no. 11, 1672–1687.
35. Balling, O., Knight, M.R., Walters, B., Sannier, A. 2002. Collaborative Driving Simulation. SAE 2002 World Congress & Exhibition, Detroit, MI, USA, Session: Vehicle Dynamics & Simulation (Part A). Document Number: 2002-01-1222.
36. CNN news. 2006. CNN News Health Study: 16 million might have road rage disorder, June 5. <http://www.cnn.com/2006/HEALTH/06/05/road.rage.disease.ap/>.
37. Cowie, R., Douglas-Cowie, E., Cox, C. 2005. Beyond emotion archetypes: Databases for emotion modeling using neural networks. DSC 2007 North America, Iowa City, Neural Networks vol. 18, no. 4, Emotion and Brain, pp. 371-388.
38. NHTSA. 2005. Traffic safety facts 2005. NHTSA annual report. Washington, USA, DOT HS 809 848.
39. Cai, H., Lin, Y., Mourant, R. R. 2007. Study on Driver Emotion in Driver-Vehicle-Environment Systems Using Multiple Networked Driving Simulators. DSC, North America, Iowa City.
40. Jones, C., Jonsson, I.M. 2005. Automatic recognition of affective cues in the speech of car drivers to allow appropriate responses. OZCHI.
41. Schuller, B., Arsic, D., Wallhoff, F., Rigoll, G. 2006. Emotion Recognition in the Noise Applying Large Acoustic Feature Sets. Speech Prosody, Dresden, Germany.

42. Stevens, R., Galloway, T., Berka, C. 2007. EEG-Related Changes in Cognitive Workload, Engagement and Distraction as Students Acquire Problem Solving Skills. Conati, C., McCoy, K., Paliouras, G. (eds.) *User Modeling 2007*, vol. 4511. pp. 187-196.
43. Chaouachi, M., Jraidi, I., Frasson, C. 2011. Modeling Mental Workload Using EEG Features for Intelligent Systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Girona, Spain, pp. 50-61.
44. Florian Eyben, Martin Wöllmer, Tony Poitschke, Björn Schuller, Christoph Blaschke, Berthold Färber, and Nhu Nguyen-Thien. 2010. Emotion on the Road—Necessity, Acceptance, and Feasibility of Affective Computing in the Car. *Advances in Human-Computer Interaction* vol. 2010, no. 263593, p.17.
45. Bradley, M. M. & Lang, P. J. 2007. The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention. J. A. Coan and J. J. B. Allen (Eds.), *Handbook of Emotion Elicitation and Assessment*, Oxford University Press, pp. 29-46.
46. Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. 2008. International affective picture System (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8. University of Florida, Gainesville, FL.
47. Koelstra, Sander, et al. 2012. Deap: A database for emotion analysis; using physiological signals. *Affective Computing, IEEE Transactions on* 3.1, pp.18-31.
48. Johnson, Kareem J., and Barbara L. Fredrickson. 2005. “We All Look the Same to Me” Positive Emotions Eliminate the Own-Race Bias in Face Recognition. *Psychological Science* vol. 16, no. 11, pp. 875-881.
49. Lee, Chul Min, and Shrikanth S. Narayanan. 2005. Toward detecting emotions in spoken dialogs. *Speech and Audio Processing, IEEE Transactions on* vol. 13, no. 2 pp. 293-303.
50. Baltrusaitis, Tadas, et al. 2011. Real-time inference of mental states from facial expressions and upper body gestures. *Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops (FG 2011)*, IEEE International Conference on. IEEE.
51. Deffenbacher, Jerry L., EUGENE R. GETTING, and Rebekah S. Lynch. 1994. Development of a driving anger scale. *Psychological reports* 74.1, pp.83-91.

52. Kreutz, Gunter, et al. 2007. Using music to induce emotions: Influences of musical preference and absorption. *Psychology of music*, vol. 36, no. 1, pp. 101-126.
53. Konečni, Vladimir J. 2008. Does music induce emotion? A theoretical and methodological analysis. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts* 2.2 p.115.

Annexe A Formulaire de consentement

Titre de la recherche : Environnement Virtuel Générateur d'Émotions

Chercheurs : Pierre-Olivier Brosseau et Thi Hong Dung Tran

Directeur de recherche : Claude Frasson

A) Renseignement aux participants

1. Objectif de la recherche

Votre participation à cette recherche vise à étudier les réactions émotionnelles dans la conduite.

2. Participation à la recherche

Votre participation à cette recherche consiste à effectuer des scénarios dans une simulation de conduite automobile. Il y a 9 scénarios en tout. Ensuite, vous êtes invité à remplir un questionnaire pour chaque scénario. Lors de l'expérience un casque EEG sera utilisé pour enregistrer les signaux cérébraux du participant. Les enregistrements se feront à l'aide de capteurs non intrusifs. L'expérience se déroulera dans un local du DIRO de l'Université de Montréal et sera d'une durée d'environ 40 minutes. Vous bénéficierez d'un montant compensatoire de 10\$.

3. Confidentialité

Les renseignements que vous donnerez demeurent confidentiels. Chaque participant de l'étude se verra attribuer un numéro d'identification. Aucune information permettant de vous identifier d'une façon ou d'une autre ne sera publiée. Ces données seront conservées durant sept ans, conformément à la politique habituelle de l'Université de Montréal. Après ce délai, elles seront totalement détruites.

4. Avantages et inconvénients

L'utilisation des capteurs physiologiques est indolore et sans risque. En participant à cette recherche, vous pourrez contribuer à l'avancement des connaissances sur la sécurité de la conduite en particulier de la reconnaissance d'émotions.

5. Droit de retrait

Votre participation est entièrement volontaire. Vous êtes libre de vous retirer en tout temps par avis verbal, sans préjudice et sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer avec l'assistant de recherche, à l'adresse de courriel indiqué dans le point B du formulaire. Si vous vous retirez de la recherche, les renseignements qui auront été recueillis seront détruits.

B) Consentement

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur ma participation à la recherche et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette recherche.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à prendre part à cette recherche. Je sais que je peux me retirer en tout temps sans préjudice et sans devoir justifier ma décision.

Signature : _____

Date : _____

Nom : _____

Prénom : _____

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature du chercheur: _____

Date: _____

Nom: _____

Prénom: _____

Pour toute question relative à la recherche, ou pour vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer avec Thi Hong Dung Tran, étudiante en Maitrise ou Pierre-Olivier Brosseau, étudiant en Maitrise à l'adresse de courriel suivante :

Un exemplaire du formulaire de consentement signé doit être remis au participant.