

Table des matières

1	Etat de l'art	2
1.1	Cadre de comparaison	2
1.2	Application du cadre	3
1.2.1	Méthodes pour la détection et la reconnaissance des états émotionnels	8
1.2.2	Autres caractéristiques liées à l'utilisateur	8
1.2.3	L'adaptation d'un jeu à l'état émotionnel et à d'autres caractéristiques d'un joueur	9
1.3	Interprétation de la comparaison	9
2	Modélisation conceptuelle	11
2.1	Ontologie	11
2.2	Difficultés rencontrées	12
2.3	Bilan	13
3	Liste des capteurs	14

1 Etat de l'art

Avant d'apporter une contribution à notre projet, et plus particulièrement à la problématique de l'ingestion de données en temps-réel provenant de capteurs, nous devons nous intéresser à ce qu'il existe dans la littérature scientifique et technique actuelle. Pour cela, nous nous sommes intéressés aux approches permettant l'adaptation de jeux aux états émotionnels et à d'autres caractéristiques des joueurs. Pour comparer et évaluer ces approches, nous avons élaboré notre propre cadre de comparaison. Ce cadre nous permet de distinguer différents points clés qui vont nous permettre d'apporter une réponse à notre problématique et qui vont nous aider à la réalisation de notre projet.

Dans cette section, nous présentons dans un premier temps le cadre de comparaison que nous avons mis au point. Et dans un second temps, nous appliquons ce cadre à plusieurs approches que nous avons relevées afin de faire ressortir des méthodes qui pourront nous être utiles pour apporter une contribution pour ce projet.

1.1 Cadre de comparaison

Nous cherchons à comparer des approches traitant de l'adaptation dynamique de jeux pervasifs aux états émotionnels et à d'autres caractéristiques des joueurs. Pour cela, nous devons nous appuyer sur une comparaison commune entre toutes les approches. Nous avons donc élaboré notre propre cadre de comparaison. Ce cadre nous permet d'avoir une vue d'ensemble sur la façon dont l'adaptation est traitée par les méthodes comparées.

Pour comparer et évaluer les approches que nous avons sélectionnées pour ce rapport, mais également pour de futures recherches, notre cadre s'appuie sur les critères suivants :

- Les méthodes pour la détection et pour la reconnaissance des états émotionnels
 - Les capteurs utilisés
 - Les algorithmes utilisés pour la détection et/ou la reconnaissance de l'état émotionnel
- Les autres caractéristiques de l'utilisateur prises en compte par le jeu
- Les méthodes d'adaptation d'un jeu au contexte de son utilisateur
 - Les méthodes pour l'adaptation du jeu selon l'état émotionnel du joueur
 - Les méthodes pour l'adaptation du jeu selon d'autres caractéristiques du joueur

Le critère "méthodes pour la détection et pour la reconnaissance des états émotionnels" nous permet d'identifier d'une part les capteurs utilisés (s'ils existent). Et d'autre part, les algorithmes utilisés pour la détection et la reconnaissance d'états émotionnels. Comme nous visons à utiliser des capteurs pour notre projet, il est important pour nous de savoir si certains capteurs reviennent souvent dans la littérature et s'ils sont performants pour ce type d'application. Nous visons aussi à utiliser des algorithmes d'apprentissage profond non-supervisés pour la reconnaissance d'états émotionnels (comme celui décrit dans [4]), alors nous avons cherché à savoir s'il existait déjà des algorithmes similaires.

Le critère "autres caractéristiques de l'utilisateur prises en compte par le jeu" nous

permet d'identifier s'il existe d'autres données que celles concernant l'état émotionnel pour une "bonne" adaptation d'un jeu. Ce critère permet d'élargir notre champ de recherche.

Le dernier critère "méthodes d'adaptation d'un jeu au contexte de son utilisateur" permet d'identifier les algorithmes pour l'adaptation dynamique et particularisée d'un jeu. D'un côté nous explorons les algorithmes utilisant l'état émotionnel du joueur. Et de l'autre, nous explorons les algorithmes utilisant d'autres caractéristiques du joueur. Comme nous souhaitons que notre jeu soit particularisé à chaque joueur et que l'adaptation se fasse en temps-réel, nous cherchons des approches qui utilisent ce genre d'algorithmes. Nous nous intéressons tout particulièrement aux approches qui présentent des algorithmes pour l'adaptation dynamique aux états émotionnels des joueurs.

Ce cadre peut être appliqué à des recherches scientifiques et à des jeux déjà existants sur le marché. Pour notre état de l'art, nous avons appliqué notre cadre à douze approches différentes. Ces approches concernent différents types de jeux (jeux sérieux, jeux-vidéo, jeux pervasifs,...).

1.2 Application du cadre

Pour cet état de l'art, nous avons sélectionné 8 approches différentes réparties sur 10 références. Dans cette partie, nous appliquons à ces 8 approches notre cadre de comparaison.

Le tableau 1 donne une vision globale des approches selon les critères de comparaison explicités dans la Section 1.1.

	Détection et reconnaissance de l'état émotionnel				Adaptation		
Réf(s)	Capteur(s)	État(s) émotionnel(s) à détecter et à reconnaître	Méthode de reconnaissance des états émotionnels	Autres caractéristiques du joueur utilisées	Méthode d'adaptation pour l'état émotionnel	Méthode d'adaptation pour d'autres caractéristiques	Domaine d'application
[2]	Emotiv EPOC+ (passive BCI) pour EEG	Ennuie / Flow / Stress	Plusieurs méthodes de machine learning. Meilleure méthode : Random Forest (précision = 78%)	-	-	-	Jeu vidéo (aventure horrique)
[3, 4]	CAPTIV (de chez TEA), Neurosky Brainwave Headset (pour GSR, RR, SKT, HR et EEG)	Des changements d'états émotionnels	-	Carte d'organisation de Kohonen + EMDeep	-	-	Jeu pervasif et jeu vidéo
[5, 8]	BiTalino (r)evolution kit (retenu); Empatica E4; Microsoft Band 2; E-Health; (Pour GSR et HR)	Relaxé / Neutre / Stressé (sur une échelle de 1 à 7 avec 1 = Relaxé, 4 = Neutre et 7 = Stressé)	Auto-évaluation des joueurs durant la phase d'échantillonnage	-	La version adaptative du jeu utilise des "affective patterns" comme "l'Immersion Emotionnel", des ennemis et des obstacles et « des informations imparfaites"	-	Jeu vidéo (scroll-runner)
[6]	Empatica E4 (pour GSR, HR et HRV)	Ennuie / Flow / Stress	-	Réseau de neurones à convolution (CNN)	-	-	Jeu vidéo (Tétris sur téléphone portable)

	Détection et reconnaissance de l'état émotionnel				Adaptation		
Réf(s)	Capteur(s)	État(s) émotionnel(s) à détecter et à reconnaître	Méthode de reconnaissance des états émotionnels	Autres caractéristiques du joueur utilisées	Méthode d'adaptation pour l'état émotionnel	Méthode d'adaptation pour d'autres caractéristiques	Domaine d'application
[7]	-	Colère / Ennui / Peur / Frustration / Joie	Style de jeu du joueur	Ensemble défini pour les événements, les actions, les objectifs, les statuts des objectifs + Fonctions pour la cartographie de chaque tendances d'action pour chaque état émotionnel (et fonction inverse), la cartographie de la tendance d'action pour chaque état émotionnel et pour chaque statut d'objectif	-	Chaînes de Markov et matrices de transition	Jeux sérieux (apprentissage)

	Détection et reconnaissance de l'état émotionnel				Adaptation		
Réf(s)	Capteur(s)	État(s) émotionnel(s) à détecter et à reconnaître	Méthode de reconnaissance des états émotionnels	Autres caractéristiques du joueur utilisées	Méthode d'adaptation pour l'état émotionnel	Méthode d'adaptation pour d'autres caractéristiques	Domaine d'application
[9]	-	-	Préférence en culture	-	-	Utilisation de l'API GoogleSocial-GraphAPI pour identifier l'utilisateur et définir son profil. Plusieurs APIs et scripts open-sources sont utilisés pour extraire des données des différents réseaux sociaux. WordNet et Wikipedia sont utilisés pour le filtrage des données. Et les bases de connaissances YAGO et DB-pédia sont employées pour catégoriser les données et récupérer les données concernant la culture avec une base de connaissance spécifique (CRM)	Jeux sérieux (culture)

Détection et reconnaissance de l'état émotionnel				Adaptation			Domaine d'appli- cation
Réf(s)	Capteur(s)	État(s) émo- tionnel(s) à détecter et à reconnaître	Méthode de re- connaissance des états émotionnels	Autres ca- ractéristiques du joueur utilisées	Méthode d'adaptation pour l'état émotionnel	Méthode d'adaptation pour d'autres caractéristiques	
[11]	BioNomadix Wirless Sensors MP150 (GSR, ECG, EMG, RR) + capteurs de mou- vement sur 3 axes + caméra (enregistre le visage du joueur) + capteurs de mouve- ment des zygoma- tiques	Colère / Ennui / Peur / Fru- stration / Joie	Niveau du joueur pour ce jeu + Ni- veau de difficulté de la partie + Score final	Reconnaissance via réseau de neurones à convolu- tion (CNN) + Données annotées ajoutées à une base de don- nées (DAG database erag.lip6.fr, base de don- nées des auteurs)	-	-	Jeu vi- déo (Fifa 2016)
[12]	Capteurs de pres- sion	Amusement	Moyenne du temps de réponse, la variance de la pression sur la case et le nombre d'inter- actions avec la plate-forme	"Amusement" recalculé 3 fois au cours de la partie (à t=45s, t=60s et t=75s)	-	Des règles prédéfinies permettent l'augmentation / la diminution du nombre de cases jouables ou de la rapidité d'ap- parition / de disparition des points lumi- neux sur la plate-forme selon le niveau d'amusement détecté	Playware ("Bugs- smasher")

TABLE 1 – Application du cadre de comparaison

1.2.1 Méthodes pour la détection et la reconnaissance des états émotionnels

1. Utilisation de capteurs :

La majorité des approches que nous avons étudiée et qui abordent le domaine de la détection et/ou de la reconnaissance des états émotionnels, utilisent des capteurs de contact (voir Annexe ??). [6, 8, 5] utilisent le bracelet Empatica E4 (GSR, HR et HRV pour [6] et HR et GSR pour [8, 5]). Cependant, dans cette dernière approche, plusieurs capteurs ont été testés (BITalino (r)evolution kit, E-Health et Microsoft Band 2, Annexe ??) et le choix des auteurs semble d'avantage se porter sur BITalino (r)evolution kit. Dans [11], des capteurs de contact BioNomadix wireless sensors MP150 - Biopac (GSR, ECG et RR) sont utilisés. [3, 4] utilisent des capteurs de contact de chez TEA (GSR, RR et SkT) mais également un casque pour la lecture d'ondes cérébrales (EEG) Mindwave Mobile. Dans [2] un dispositif similaire est utilisé : EPOC+ (Emotiv).

2. Détection et reconnaissance de l'état émotionnel :

Les approches visent à détecter et à reconnaître des états émotionnels. Pour [8, 5], le but est de reconnaître les états de relaxation / neutre / stress en utilisant des questionnaires remplis par les participants et grâce à des estampilles pour chaque événement émotionnel. Dans [2], le but est de reconnaître grâce à différentes méthodes de machine learning les états d'ennui, d'engagement (flow) et de stress. L'approche décrite dans [6] vise également à reconnaître les états d'ennui, de flow et de stress en utilisant un réseau de neurones à convolution (CNN). Les auteurs de [11] ont également utilisé une architecture CNN pour reconnaître les états émotionnels d'ennui, de colère, de peur, de frustration et de joie. [3, 4] proposent une méthode d'apprentissage profond et non-supervisé appelé EMDeep dans le but de reconnaître les états émotionnels ressentis par l'utilisateur.

[7] n'utilisent pas de capteur. La reconnaissance des états émotionnels d'intérêt, de plaisir, d'inquiétude, de peur, de surprise de colère et de frustration, se fait grâce à plusieurs ensembles et plusieurs fonctions prédéfinis. Ces ensembles de valeurs et ces fonctions vont permettre de savoir à chaque instant quelle émotion est ressentie par le joueur.

1.2.2 Autres caractéristiques liées à l'utilisateur

D'autres facteurs que l'état émotionnel du joueur doivent être pris en compte pour avoir un modèle utilisateur plus complet.

Par exemple, dans l'approche [9] des données de préférences de l'utilisateur en matière de culture qui ont été récupérées sur différents réseaux sociaux (Facebook, Flickr, etc.) sont utilisées.

Dans l'article [12], le temps de réponse, la pression sur les cases, le nombre d'interactions avec la plate-forme physique du jeu sont autant de facteurs pris en compte pour permettre au jeu d'évaluer le niveau de divertissement.

Comme le montre [7], le style de jeu du joueur peut être un élément de personnalisation.

Ces styles de jeux sont des catégories déjà définies et le joueur est donc associé à l'une de ces catégories.

On peut aussi relever d'autres facteurs comme l'âge ou le genre de la personne. [2] montre qu'il existe une différence significative entre les hommes et les femmes lorsqu'ils jouent à un jeu vidéo en se basant sur les données enregistrées lors de sessions à un jeu vidéo d'aventure horrifique. Ainsi les femmes semblent être plus sensibles au contexte du jeu et plus attentives aux conditions de la partie. Leur engagement dans une partie semble plus important lorsque le niveau est très stressant et il semble plus minime lorsque le niveau est ennuyeux, contrairement aux hommes qui présentent un niveau d'engagement similaire pour tous les types de niveaux (ennui, flow et stress).

1.2.3 L'adaptation d'un jeu à l'état émotionnel et à d'autres caractéristiques d'un joueur

1. Adaptation du jeu en utilisant l'état émotionnel du joueur :

Dans [7], si le nombre d'états émotionnels positifs est inférieur au nombre d'états émotionnels négatifs expérimentés par le joueur, alors le jeu proposera au joueur un événement qui induit un état émotionnel positif. L'idée est de ne pas proposer constamment des événements induisant un état émotionnel positif mais uniquement lorsque cela semble nécessaire pour maintenir l'engagement du joueur plus longtemps.

2. Adaptation du jeu en utilisant d'autres caractéristiques du joueur :

[12] propose qu'un jeu de playware s'adapte en composant avec les données de temps de réponse, du nombre d'interaction et de la pression sur les cases par le joueur. Selon ces données, le jeu peut augmenter ou diminuer la zone de curiosité ou la rapidité

Les auteurs de [8] présentent une version « affective » de leur jeu vidéo. Dans cette version il y est inclus les patrons affectifs d' « Immersion Émotionnelle », d' « ennemis et d'obstacles » et d' « informations imparfaites ».

1.3 Interprétation de la comparaison

De cette comparaison, il en ressort plusieurs questions et limites.

Tout d'abord, nous remarquons que seulement quelques états émotionnels sont traités dans les approches que nous avons étudiées. Même si nous pouvons imaginer que certains états émotionnels ne seront jamais expérimentés au cours du jeu que nous souhaitons concevoir, il semble tout de même important de pouvoir prendre en compte le plus grand nombre d'états émotionnels possible. Sans quoi, le jeu ne pourrait pas s'adapter correctement au joueur et impacter négativement son expérience et son niveau d'intérêt pour le jeu. Notre idée n'est pas de détecter et de reconnaître tous les états émotionnels. Nous souhaitons utiliser un algorithme d'apprentissage profond non-supervisé afin de trouver des motifs particuliers permettant de détecter un changement d'un état émotionnel vers un autre.

Avec cette information, nous serions en mesure de connaître l'état émotionnel courant du joueur.

Dans le cadre de notre projet, nous souhaitons utiliser des capteurs physiologiques de contact, c'est-à-dire des capteurs "collés" au joueur. Ces capteurs nous permettront d'acquérir des données sur l'état physiologique courant du joueur pour en déduire son état émotionnel courant via des algorithmes. Dans les approches que nous avons relevées, certaines d'entre elles reconnaissent des états émotionnels en utilisant différents types d'algorithmes et des capteurs physiologiques (voir Annexe ??). Mais contrairement à cela, d'autres approches (par exemple [7]) utilisent des modèles pour "prédire" l'état émotionnel courant du joueur. Ces méthodes "prédictives" peuvent être intéressantes car elles ne nécessitent pas de capteurs. Le joueur n'a pas à acheter des capteurs, ni à les "coller" sur lui pour que le jeu puisse détecter son état émotionnel courant. Il est donc "plus libre" dans ses mouvements. Cependant, ce type de méthodes semble être moins précis car il se base sur le principe que tous les joueurs ressentiront exactement le même état émotionnel lorsqu'ils se retrouveront dans le même cas de figure. De plus, cela implique d'envisager absolument tous les états du jeu possibles, toutes les actions possibles du joueur et d'associer un état émotionnel pour chaque intersection. Ceci nous laisse croire que l'utilisation de capteurs physiologiques, même si leur utilisation est plus contraignante pour le joueur, est plus pertinente car plus proche de chacun puisque les capteurs génèrent des données propres à chaque joueur. Nous pensons que deux états émotionnels distincts pourront être expérimentés par deux joueurs différents, même s'il s'agit de la même situation dans le jeu pour les deux joueurs. De ce fait, il est nécessaire que le jeu s'adapte à chacun dynamiquement.

Notre cadre de comparaison révèle que d'autres caractéristiques que celle de l'état émotionnel peuvent être considérées pour augmenter la "connaissance" du jeu sur son joueur. Ces caractéristiques peuvent être intéressantes à étudier à la fois pour mieux connaître les goûts et les préférences du joueur (qui sont souvent plus pérennes) mais aussi pour l'enrichissement de la connaissance du contexte de l'environnement globale. Ces caractéristiques peuvent aussi bien s'appuyer sur l'utilisation d'un questionnaire de préférences rempli par l'utilisateur lui-même (comme dans [2, 6], que sur la présence de capteurs dans l'environnement (exemple avec le playware dans [?]). Cela constitue une piste qui pourrait être approfondie dans de prochains travaux.

Cet état de l'art nous a permis d'avoir une vision globale de ce qui existait déjà en matière d'adaptation de jeux aux états émotionnels des joueurs. Il nous a permis d'affiner les contours pour la conceptualisation d'un jeu pervasif capable de s'adapter dynamiquement aux états émotionnels de son joueur et de trouver de nouvelles pistes de réflexions. Il a aussi été l'occasion de proposer un cadre de comparaison pour ce sujet. Grâce à cet état de l'art, j'ai pu comprendre quels sont les enjeux pour la réalisation de notre objectif.

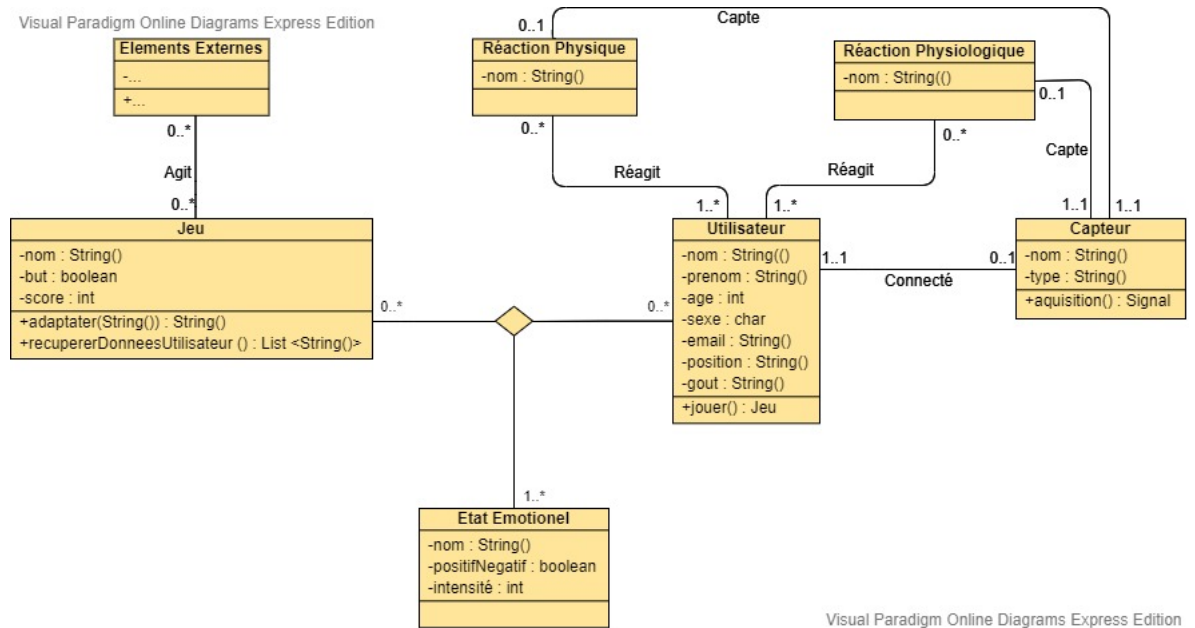


FIGURE 1 – Ontologie d’un jeu pervasif prenant en compte l’état émotionnel du joueur

2 Modélisation conceptuelle

Dans cette partie, nous présentons un modèle conceptuel qui est en cours d’aboutissement. Le but de ce modèle conceptuel est de représenter chaque composant permettant la prise en compte des états émotionnels dans le jeu pervasif et de s’y adapter. Le modèle doit à la fois représenter le joueur, le jeu, les états émotionnels, les capteurs mais aussi des composants plus abstraits comme les réactions physiologiques du joueur, la reconnaissance des états émotionnels, l’adaptation dynamique du jeu, etc. Dans ce modèle, nous nous sommes intéressé en particulier à l’utilisation de capteurs pour le jeu et avons traité les composants permettant cela. Cette représentation est modélisée sous la forme d’une ontologie. Pour cela, nous utilisons le format standard du diagramme de classes UML.

2.1 Ontologie

Le diagramme de la Figure 1 représente notre contribution pour une modélisation pour le projet. Dans cette représentation, nous avons apporté une première contribution à notre problématique. Nous nous sommes intéressés tout particulièrement aux liens entre les différents éléments impliqués dans le traitement des données physiologiques et physiques pour la détection et la reconnaissance d’états émotionnels dans un jeu pervasif adaptable dynamiquement au contexte du joueur.

Dans cette représentation, plusieurs concepts sont présentés. Chaque classe permet re-

présente un élément essentiel dans la gestion de données générées par des capteurs.

- La classe **Jeu** englobe tout ce qui concerne le jeu pervasif que nous souhaitons concevoir ;
- La classe **Utilisateur** représente le joueur ;
- La classe **Etat Emotionnel** représente l'état émotionnel du joueur. Cet état sera déduit par des algorithmes comme ceux présentés dans [3, 4] ;
- La classe **Réaction Physique** représente les réactions physiques de l'utilisateur ;
- La classe **Réaction Physiologique** représente les réactions physiologiques de l'utilisateur ;
- La classe **Capteur** représente les capteurs utilisés le jeu pour acquérir des métriques physiques et/ou physiologiques d'un utilisateur ;
- La classe **Elements Externes** représente tous les éléments de l'environnement du jeu ;=.

Une relation ternaire existe entre **Jeu**, **Etat Emotionnel** et **Utilisateur**. Cette relation est due au lien très fort qu'il existe entre ces trois classes. En effet, le jeu entraîne un état émotionnel qui est expérimenté par l'utilisateur lorsqu'il joue à ce jeu. Cette notion est notamment expliquée dans [1]. La classe **Capteur** a une relation avec **Utilisateur** car c'est l'utilisateur qui porte le ou les capteurs. Ce ou ces capteurs permettent d'acquérir des métriques sur une (ou plusieurs) réaction physique ou physiologique (réciproquement représentés par les classes **Réaction Physique** et/ou **Réaction Physiologique**) de l'utilisateur (détaillés dans [10]). Ces métriques sont utilisés par le jeu pour en déduire l'état émotionnel courant du joueur (voir la Section 1). La classe **Elements Externes** représente tous les éléments liés à l'environnement qui seront pris en compte par le jeu. Cette classe permet simplement de rappeler que d'autres éléments que l'état émotionnel seront à considérer dans de futurs travaux. Cependant, nous ne détaillons pas ce composant ici car notre contribution vise à répondre à la problématique liée aux données générées par les capteurs physiologiques.

2.2 Difficultés rencontrées

L'ontologie que je présente dans ce rapport à la Figure 1 n'est pas le résultat définitif du modèle conceptuel que nous cherchons à élaborer. Lors de l'élaboration de cette ontologie, plusieurs essais et plusieurs versions différentes ont été proposés. Cependant, le modèle était toujours incohérent, il manquait de substance et présentait plusieurs niveaux d'abstraction qui ne devait pas figurer sur un même modèle. Cela peut s'expliquer de différentes manières. L'une des explications est que je me suis lancée trop rapidement, selon moi, dans la conception de cette ontologie. Je pense que je ne maîtrisais pas encore assez bien le sujet, l'objectif et la problématique de notre projet. De ce fait, j'ai eu tendance à mélanger les niveaux d'abstraction. Une autre explication est qu'avec les différentes approches que je lisais parallèlement à la construction de cette ontologie, j'ai voulu retranscrire dans ce modèle tout ce que j'assimilais au fil de mes lectures. Ce qui faisait que j'ajoutais à ce mo-

dèle des éléments superflus. Une dernière explication est que je manquais de recul sur mon travail. Dès que je terminais une version de l'ontologie et que celle-ci n'était pas correcte, je commençais une nouvelle version. Je ne laissais pas de temps de repos entre chaque nouvel essai.

Pour toutes ces raisons que nous avons décidé de changer de point de vue et de problématique. Nous avons décidé de revenir, si possible, plus tard à l'ontologie.

2.3 Bilan

Le bilan que je tire de cet exercice de modélisation est que malgré cet échec d'aboutir à une ontologie livrable, j'ai pu, d'une part, mieux comprendre la problématique liée au projet et à la conception de modèles. Et d'autre part, j'ai pu me rendre compte de l'étendue des difficultés qu'il était possible de rencontrer dans ce genre d'exercice. Par exemple, lors de la conception de cette ontologie, je me suis retrouvée à mélanger plusieurs niveaux d'abstraction, ce qui la rendait peu compréhensible et invalide. Je me suis aussi rendu compte qu'il fallait beaucoup de patience et d'entraînement pour concevoir un tel modèle. Aujourd'hui, je comprends mieux les enjeux de tels modèles. A l'avenir je pourrais réaliser des modèles de meilleure qualité grâce à cette expérience.

La réalisation de cette ontologie nous a permis de réorienter notre objectif de recherche. Nous nous sommes dirigés vers l'implémentation d'une solution pour la gestion des données générées par les capteurs physiologiques.

Références

- [1] R. Calvo, S. D'Mello, J. Gratch, A. Kappas, G. N. Yannakakis, and A. Paiva. Emotion in Games. In R. Calvo, S. D'Mello, J. Gratch, and A. Kappas, editors, *The Oxford Handbook of Affective Computing*. Oxford University Press, Jan. 2015.
- [2] V. Carofiglio, B. D. Carolis, and F. D'Errico. A BCI-based Assessment of a Player's State of Mind for Game Adaptation. page 6, 2019.
- [3] V. Gal. Vers une nouvelle Interaction Homme Environnement dans les jeux vidéo et pervasifs : rétroaction biologique et états émotionnels : apprentissage profond non supervisé au service de l'affectique. page 357, Oct. 2019.
- [4] V. Gal, S. Banerjee, and D. V. Rad. Identifying emotion pattern from physiological sensors through unsupervised EMDeep model. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, pages 1–19, Mar. 2020.
- [5] B. Giżycka and G. J. Nalepa. Emotion in Models Meets Emotion in Design : Building True Affective Games. In *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM)*, pages 1–5, Galway, Aug. 2018. IEEE.
- [6] M. Maier, D. Elsner, C. Marouane, M. Zehnle, and C. Fuchs. DeepFlow : Detecting Optimal User Experience From Physiological Data Using Deep Neural Networks. In

Proceedings of the Twenty-Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pages 1415–1421, Macao, China, Aug. 2019. International Joint Conferences on Artificial Intelligence Organization.

- [7] B. Mostefai, A. Balla, and P. Trigano. A generic and efficient emotion-driven approach toward personalized assessment and adaptation in serious games. *Cognitive Systems Research*, 56 :82–106, Aug. 2019.
- [8] G. J. Nalepa, B. Giżycka, K. Kutt, and J. K. Argasiński. Affective Design Patterns in Computer Games. Scrollrunner Case Study. pages 345–352, Sept. 2017.
- [9] S. Noor and K. Martinez. Using Social Data as Context for Making Recommendations : An Ontology based Approach. page 8, 2009.
- [10] L. Shu, J. Xie, M. Yang, Z. Li, Z. Li, D. Liao, X. Xu, and X. Yang. A Review of Emotion Recognition Using Physiological Signals. *Sensors*, 18(7) :2074, June 2018.
- [11] W. Yang, M. Rifqi, C. Marsala, and A. Pinna. Physiological-Based Emotion Detection and Recognition in a Video Game Context. In *2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, pages 1–8, Rio de Janeiro, July 2018. IEEE.
- [12] G. Yannakakis and J. Hallam. Real-Time Game Adaptation for Optimizing Player Satisfaction. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, 1(2) :121–133, June 2009.

3 Liste des capteurs