



**HAL**  
open science

# Incarnation de la présence émotionnelle grâce à une interface tangible en situation d'apprentissage collaboratif hybride: état de l'art

Mathilde Yousefi, Stéphanie Fleck

## ► To cite this version:

Mathilde Yousefi, Stéphanie Fleck. Incarnation de la présence émotionnelle grâce à une interface tangible en situation d'apprentissage collaboratif hybride: état de l'art. 2023. hal-04046144

**HAL Id: hal-04046144**

**<https://hal.science/hal-04046144>**

Preprint submitted on 25 Mar 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Incarnation de la présence émotionnelle grâce à une interface tangible en situation d'apprentissage collaboratif hybride : état de l'art

Embodying emotional presence through a tangible interface in a hybrid collaborative learning situation: state of the art

MATHILDE YOUSEFI, Université de Lorraine - UR7312 PErSEUs, France

STÉPHANIE FLECK, Université de Lorraine - UR7312 PErSEUs, France

Emotional awareness is a fundamental pillar of collaboration, enabling better understanding between group members and improving communication. Collaborative tasks are an effective learning method, and supporting emotional awareness within a group would enhance the experience. Thus, designing an interface that materializes the different pillars of collaborative learning, especially emotional presence, could greatly enhance the learning experience. In this state of the art, we present about fifteen studies that explore the relationships between the different concepts underlying collaborative learning and ask how the interface could convey relevant information to the group. We approach their findings through the prism of two questions: what information might be relevant to gather and present to the group and how to present it via the tangible interface. In doing so, we raise other questions, such as the issue of personal data, the effectiveness of emotion measurement, or its temporality. These issues have been little explored in the field of human-computer interaction. This exploratory work is intended to provide the community with information that will enable further research.

CCS Concepts: • **Human-centered computing** → **Interaction design; Collaborative and social computing.**

Additional Key Words and Phrases: Hybrid collaborative learning, Emotional presence, Tangible interface, Affective computing

La conscience des émotions est un pilier fondamental de la collaboration en permettant une meilleure compréhension entre les membres d'un groupe et en améliorant la communication. Les tâches collaboratives sont une méthode efficace pour l'apprentissage et soutenir la prise de conscience émotionnelle au sein d'un groupe permettrait d'en améliorer l'expérience. Ainsi, concevoir une interface qui matérialiserait les différents piliers de l'apprentissage collaboratif, et plus précisément la présence émotionnelle, pourrait grandement améliorer l'expérience d'apprentissage. Dans cet état de l'art nous présentons une quinzaine d'études qui explorent les relations entre les différents concepts sous-tendant l'apprentissage collaboratif et qui interrogent la manière dont l'interface pourrait transmettre les informations pertinentes au groupe. Nous aborderons leurs résultats sous le prisme de deux questions : quelles informations peuvent être pertinentes à recueillir et à présenter au groupe, et comment les présenter via l'interface tangible. Nous soulevons ainsi d'autres problématiques comme la question des données personnelles, de l'efficacité des mesures des émotions ou de leur temporalité. Cette problématique est peu explorée dans le domaine des Interactions Homme-Machine. Ce travail exploratoire a donc pour objectif de fournir à la communauté des informations qui permettraient la poursuite de recherches dans ce domaine.

Mots-clés additionnels : Apprentissage collaboratif hybride, Présence émotionnelle, Interface tangible, Informatique affective

## Reference:

Mathilde Yousefi and Stéphanie Fleck. 2023. Incarnation de la présence émotionnelle grâce à une interface tangible en situation d'apprentissage collaboratif hybride : état de l'art. IHM '23, April 3-6, Troyes, France This is the author's version of the work. It is posted here for your personal use. Not for redistribution. The definitive version of record was published in IHM '23 Adjunct: Adjunct Proceedings of the 34th Conference on l'Interaction Humain-Machine.

ISBN 979-8-4007-0066-8

## 1 INTRODUCTION

Ces dernières années ont été marquées par une accélération des changements de modalités de travail amenant, notamment, à davantage d'interactions à distance. Exacerbées durant la récente pandémie, ces formes d'interactions concernent, aujourd'hui, aussi bien les situations personnelles (e.g., échanges familiaux longue distance), les situations professionnelles (e.g., télétravail) que les situations d'éducation et formation (e.g., apprentissage à distance - *online*, en condition hybride ou *blended learning* - modèle d'apprentissage couplant présentiel et distanciel). Malheureusement, dans le cadre éducatif, comme l'attestent les nombreux travaux conduits notamment lors de la pandémie, ces distanciations sociales entraînent des conséquences négatives sur les ressentis des apprenants (e.g., stress, démotivation, perte d'efficacité personnelle, émotions négatives) [1, 42, 46]. De plus, lorsque des situations pédagogiques collaboratives sont menées en distanciel, la présence sociale, i.e., la capacité d'un individu à se comporter de manière appropriée et efficace dans les interactions sociales, essentielle à toute collaboration [49], est mise en difficulté [29]. Ces activités pédagogiques collectives peuvent également générer une multitude d'états affectifs (e.g., stress, ennui, isolement, frustration, plaisir, neutre, [16]) qui deviennent alors difficiles à percevoir et donc à réguler par l'enseignant (*tutelar regulation*), par l'apprenant lui-même (*self-regulation*) mais aussi par les autres apprenants (*Socialy-shared regulation*) [31, 35, 52]. Face à l'enjeu, ce travail en cours correspond à la première étape d'un projet visant, à terme, la conception d'une nouvelle génération d'interfaces utilisateur tangibles (TUI), qui, couplées à une solution d'*affective-computing*, visent à rendre la présence émotionnelle perceptible aux groupes de travail et aux enseignants malgré la distance.

En vue de nourrir la conception de TUI dites affectives au sein d'une approche de recherche fondée sur la conception ou design-Based Reseach (ou DBR - voir [5, 57, 67, 71]), cet article propose une revue de littérature adossée sur une première sélection de 15 articles. Après avoir présenté le contexte spécifique de ces travaux, nous discuterons dans une perspective de DBR les résultats ciblant deux questions principales :

- Q1 - Quelles informations recueillir et présenter aux participants ?
- Q2 - Comment matérialiser au mieux ces informations via une interface tangible ?

## 2 ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

### 2.1 L'apprentissage collaboratif à distance ou en condition hybride

Dans le cadre spécifique des dispositifs de formation mobilisant l'apprentissage collaboratif, la qualité des processus interpersonnels est une variable déterminante. En effet, ce type de situation pédagogique demande que les individus travaillent collectivement pour atteindre un objectif commun défini [17]. Les élèves bénéficient du partage d'expériences dès lors que les interactions sont régulées et structurées [18, 34]. Ces régulations impliquent des interactions constantes avec les connaissances, les pairs et l'enseignant. Cela nécessite également une synchronisation opérationnelle pour soutenir la progression de la tâche, la coordination et le contrôle conjoints. De plus, pour être optimale, la collaboration exige une forte conscience situationnelle (i.e., la capacité de comprendre et de réagir de manière appropriée aux stimuli environnementaux dans un contexte donné) ainsi qu'un climat d'apprentissage positif et motivant [3, 28, 32]. En distanciel, tout cela demande donc la structuration d'une "communauté d'enquête" (*Community of Inquiry* - CoI voir [61, 68]), pour laquelle plusieurs états de présence des participants sont reconnus comme nécessaires [26].

- La présence cognitive. Elle est basée sur la construction de représentations partagées et sur une représentation cohérente de la situation, du problème par les participants [33, 62]. Cela demande d'exprimer et échanger des connaissances, un engagement dans une pensée critique et la résolution de problèmes [25]. Elle contribue à la construction d'un « référentiel commun » [58].

- La présence sociale. Elle s'apparente à une projection des caractéristiques personnelles des étudiants dans le groupe. Elle façonne le point de départ de l'activité collaborative et permet une socialisation entre les membres. Elle participe au sentiment de faire communauté, améliore la communication et l'entraide [70].
- La présence pédagogique, ou présence enseignante, consiste pour l'enseignant à créer un environnement favorable à l'apprentissage et non seulement au travail. Cela comprend, notamment, la communication d'objectifs d'apprentissage clairs, des retours explicites et au bon moment. L'enseignant a donc un rôle clé dans ces situations distancées. Le cadre donné au cours de l'activité permet d'éviter les sentiments d'isolement et les interactions non productives, dégradant l'expérience d'apprentissage [27]. Les bonnes interactions entre enseignants et étudiants sont donc primordiales [41].

Au-delà de la qualité de l'ingénierie pédagogique, tout cela demande des participants (étudiants et enseignant) qu'ils puissent établir et maintenir des relations entre eux au sein de l'environnement d'apprentissage en ligne ou hybride. Aujourd'hui, ces aspects sont potentiellement soutenus par des outils couramment proposés par les plateformes tels que les chats, la visioconférence, les feedbacks ou les espaces partagés de travail synchrone/asynchrone [59, 64]. Or, une quatrième dimension, plus récemment ajoutée au modèle de CoI, est peu ou pas prise en compte par les systèmes actuellement déployés en formation : la présence émotionnelle [11]. La présence émotionnelle fait référence à l'état affectif perceptible et identifiable par les participants durant l'expérience d'apprentissage [7, 60]. Cette dernière est directement influencée par les trois précédentes et inversement [28, 61]. L'absence de régulation émotionnelle peut mener à de la frustration, des interactions non productives et donc une expérience d'apprentissage dégradée [30, 36, 53]. C'est donc un aspect essentiel en contexte en ligne ou hybride. Or, il est compliqué d'être conscient des émotions des autres à distance.

Pour cette raison, il apparaît essentiel de chercher à rendre tangible l'état émotionnel des participants au sein des environnements de travail collaboratif hybrides pour améliorer le sentiment de présence émotionnelle malgré un contexte de distanciation sociale.

## 2.2 La tangibilisation des émotions en contexte éducatif

La conception d'interactions en lien avec les affects est un domaine de recherche en plein développement. En Interaction Humain-Machine (IHM), de nombreux travaux témoignent du potentiel des interfaces utilisateurs tangibles (TUI) pour soutenir l'apprentissage, la collaboration ou une expérience d'apprentissage positive (e.g., [14, 21–23, 38, 50, 56, 65, 66]). Cependant, ces derniers se centrent quasi systématiquement sur les apprentissages en face à face, notamment car les TUI sont favorables aux activités de manipulation directe. Les études ciblant les supports tangibles pour l'apprentissage en distanciel ou contexte hybride ou ciblant la tangibilisation d'émotions personnelles ou collectives (i.e. *emotion awareness*) via des TUI sont encore peu développées (e.g., [24, 47, 74]). Plusieurs travaux antérieurs ont exploré des supports tangibles interactifs dans le but de permettre la communication d'émotions, mais ils visaient essentiellement à rendre possible à l'utilisateur l'expression d'émotions, par exemple, pour interagir avec un avatar au sein d'un scénario de storytelling [51], aider à percevoir [63], ou apprendre à exprimer son état émotionnel [2]. A notre connaissance, seul *Nimio* [9] correspond à une interface tangible ambiante pensée pour la collaboration. Cependant, elle ne matérialise qu'une part de la présence sociale des collaborateurs.

Face au manque de travaux répondant spécifiquement à nos questions, nous nous sommes donc concentrés à identifier les facteurs favorables à la conception d'une TUI permettant d'incarner la présence émotionnelle. En effet, certaines questions se posent. La première que nous explorons ici est de savoir que montrer. La seconde est comment montrer

cette information par le biais d'une interface qui soit non-intrusive pour, notamment, faire que l'incarnation de la présence émotionnelle soit sans ambiguïté dans son contenu.

### 3 MOYENS ET MÉTHODES

Dans le cadre de cette étude en cours, il s'agit donc de mieux identifier les moyens pertinents pour matérialiser l'état émotionnel au sein d'un groupe de participants. Les principaux champs de notre recherche concernent donc principalement les sciences de l'éducation, mais aussi les sciences du numérique (*affective computing*, IHM, CSLC ou *computer-supported collaborative learning*). Nous nous sommes également appuyés sur les champs de recherche du marketing où nous nous sommes principalement intéressés à la sensorialité des produits.

Pour effectuer cet état de la littérature, les différents termes utilisés étaient "*collaborative learning*" et "*emotional awareness*", "*social awareness*" mais aussi "*colors*", "*emotions*", "*tangible interface*" et "*affective computing*". Nous avons sélectionné des études issues des bases de données ScienceDirect, Web of Science et PsycArticles. Les premiers critères de sélection étaient la date de publication postérieure à 2012, le type d'utilisateurs (notre étude s'intéressant aux adultes en formation). Nous avons ainsi trouvé une centaine d'articles. Puis nous avons affiné la sélection en nous concentrant spécifiquement sur les contextes d'apprentissage ou professionnel, et sur les articles porteurs d'éléments pour l'incarnation de la présence émotionnelle. Les principaux résultats des articles retenus sont ensuite discutés à la lumière d'autres travaux (n>60) dans une perspective orientée design pour la conception d'une nouvelle génération de TUI *affective*.

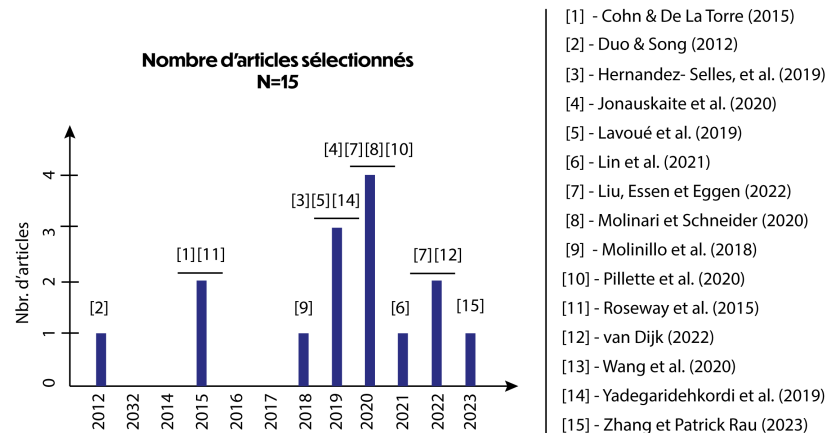


FIG. 1. Évolution des dates de publication des différentes études sélectionnées pour ce travail (Voir Annexes pour la description détaillée des 15 articles).

15 articles résultent de cette sélection. L'essentiel a moins de 5 ans (voir 1), ce qui confirme l'intérêt très récent autour de ces questions. Les études discutées sont référencées par ordre alphabétique dans les Tables 1 et 2 en annexes. Dans ces tables, nous mettons en avant leur lien avec les deux questions soulevées en introduction, les modèles théoriques utilisés ainsi que les limites identifiées de ces travaux. Ces travaux retenus sont des états de la littérature conséquents (N°1, 13, 14), des enquêtes portant sur les représentations personnelles (N°3, 4, 9) d'étudiants ou grand public à l'échelle internationale, des études expérimentales (N°5, 6, 7, 8, 11, 15). Deux études sont, elles, des présentations de prototypes (N° 2 & 12). Il est important de noter que la plupart des sessions de test ou expérimentales sont faites avec parfois très

peu de participants, mettant des limites certaines aux résultats obtenus et confirmant le besoin d'études empiriques dans ce domaine. De plus, on note que les modèles théoriques reliés aux états émotionnels ne sont pas toujours invoqués.

### 3.1 Limites

Beaucoup d'études sur l'apprentissage collaboratif portent sur les modalités de travail en distanciel où chaque étudiant est seul face à son ordinateur. Aucune ne s'intéresse spécifiquement au contexte d'apprentissage hybride, qui peut présenter des difficultés supplémentaires comme notamment une asymétrie de l'information et un manque de communication entre les groupes d'élèves en présentiel avec les autres groupes à distance.

## 4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Fiabilité de l'incarnation

Comme pour tout feedback, que ce soit en IHM [43] ou en éducation [54], rendre compte de l'état émotionnel de manière tangible exige une certaine fiabilité et fidélité dans l'incarnation des données d'entrée (inputs) pour faire sens aux participants (i.e., être compréhensible et pertinente).

L'étude 1 - [12]) montre à travers une revue de littérature que les expressions faciales, qui portent souvent de fortes significations, peuvent être utilisées de manière fiable pour la reconnaissance automatique des émotions. Mais selon l'étude 13 [72], renforcée par [6, 73], associer la reconnaissance faciale à d'autres sources est à privilégier pour appréhender au mieux un état émotionnel. En effet, les humains expriment leurs états émotionnels à travers des informations multimodales. Aussi, l'incarnation tangible devrait également pouvoir prendre en considération et rendre compte de tous les indices possibles (e.g., réponses physiologiques émotionnelles, comportements, tons de la voix, expressions faciales et gestes corporels). Sur la base de l'étude 13 [72], coupler une TUI à des solutions d'*affective computing* en vue de fournir des données d'entrée multimodales en temps réel apparaît envisageable. Les récentes avancées en ML et DL permettent de fusionner des bases de données physiques (reconnaisances faciales, données textuelles, audio) et physiologiques (ECG, EEG). Cet état de l'art fondé sur près de 400 articles statue également sur la performance des modèles d'analyses affectives multimodaux améliorant la robustesse de la reconnaissance émotionnelle et autorisant aujourd'hui l'application en condition réelle. La reconnaissance des émotions grâce à des capteurs physiologiques de type électroencéphalogramme, électrocardiogramme semble, selon nous, complexe en condition éducative car très invasive. Des solutions portables (voir [10, 37]) devraient être privilégiées. Les IA d'*affective computing* se fondent sur de grandes bases de données pré-enregistrées auxquelles différentes émotions sont associées [73]. Les modèles utilisés invoquent soit des modèles discrets [69] fondés sur les émotions de base tel le modèle de Ekman (joie, tristesse, colère, dégoût, peur, surprise), mais aussi des modèles multidimensionnels tels le modèle PAD ou tridimensionnel qui ajoutent la perspective temporelle [39, 45]. Ce dernier nous apparaît le plus pertinent. En effet, comme l'indiquent [8, 13, 15], l'état émotionnel d'une personne est une réaction subjective à des stimuli internes ou externes (e.g., des événements, des personnes, des artefacts ou des idées). Il correspond autant à une réponse physiologique qu'à une représentation mentale consciente, et donne une valeur (positive/neutre/négative) sous l'influence de nos expériences antérieures et de la situation dans laquelle le déclencheur émotionnel survient. De plus, il peut varier en intensité et en durée, voire perdurer même en l'absence des déclencheurs. C'est donc un phénomène complexe et multifacette, fondamentalement intrinsèque au sujet et situationnel.

Des travaux semblent ainsi encore nécessaires pour rendre tangible une telle complexité. Un nouveau challenge repose selon l'étude 13 sur le fait d'apprendre aux IA à détecter les émotions masquées, simulées/fausses. Dans notre

cas, nous pensons également nécessaire de discriminer les émotions non liées à la situation dans laquelle la personne est placée. Par exemple, une personne arrivant triste à cause d'un événement extérieur pourrait ne pas arriver à éprouver du plaisir lors de la tâche d'apprentissage, sans que la tâche en soit la cause, questionnant ainsi l'incarnation de la ligne de base à utiliser (qu'est-ce qu'un état moyen?). Les travaux de l'étude 11 [63] alertent aussi sur le fait que les seules réponses physiologiques ne retranscrivent pas totalement la perception personnelle des sujets. Les auteurs ont ici proposé un dispositif ambiant lumineux pour matérialiser à un utilisateur son état émotionnel en situation de travail en se basant sur le modèle *Pleasure-Arousal*. Les auteurs ont préalablement collecté des indices physiologiques afin de créer une *baseline* émotionnelle. En parallèle, les participants étaient invités à exprimer leur état émotionnel sur le modèle PAD tout au long de la journée. Or, de manière intéressante, les données auto-rapportées montrent une différence significative avec les données physiologiques captées. Ainsi, les sujets évaluent leur état comme étant plus énergique (axe "arousal") et plus positif (axe "pleasure") que ce que les mesures physiologiques rapportaient, traduisant un possible biais.

Malheureusement, l'influence de la manière de retranscrire au sujet l'information sur son état émotionnel n'est pas questionnée dans ces études.

#### 4.2 La spécificité des états émotionnels en situation éducative

Pour identifier les typologies d'incarnations possibles, il convient de cerner la diversité des informations émotionnelles à fournir (outputs). L'étude 14 [75] met en évidence les 20 principaux états émotionnels utilisés dans les études sur l'informatique affective ; à savoir l'ennui, la colère, l'anxiété, le plaisir, la surprise, la tristesse, la frustration, la fierté, l'espoir, le désespoir, la honte, la confusion, le bonheur, le naturel, la peur, la joie, le dégoût, l'intérêt, le soulagement et l'excitation. Les auteurs de l'étude 2 [19] affirment que 4 états émotionnels se succèdent durant les tâches d'apprentissage : la surprise, la confusion, le désespoir et enfin la confiance en soi (notamment, après avoir réussi). Cependant, ils n'adosent leurs affirmations sur aucune donnée ou travail antérieur. Si l'on se fonde sur les études en contexte éducatif, Dewan et al. (2019) [4] et D'Mello et al. (2013) [20] indiquent, par exemple, que les émotions les plus éprouvées dans le contexte d'apprentissage sont la frustration, l'ennui, l'engagement, le stress, la confusion, mais aussi le plaisir, le gain d'apprentissage et la neutralité. L'étude 5 - [40]) cherche à mesurer subjectivement la conscience des émotions grâce à une grille d'auto-évaluation chez 11 participants (8 femmes et 3 hommes) d'un âge moyen de 24 ans. Ces derniers devaient reporter 4 fois au cours de la journée les émotions qu'ils ont éprouvées selon une liste restreinte proche de celle des auteurs précédents : anxiété, ennui, confusion, curiosité, plaisir, engagement, frustration, surprise et neutralité. Ils ont également mené des entretiens rétrospectifs afin de connaître les causes présumées de ces émotions. Selon leurs résultats, les étudiants éprouveraient davantage d'émotions négatives que positives (anxiété, frustration et ennui). Les causes seraient le plus souvent liées à la tâche d'apprentissage plutôt qu'aux résultats (reçus ou attendus). L'émotion "neutre" a été rapportée plus souvent en situation d'apprentissage individuel qu'en situation collective qui induirait des émotions positives avec une plus forte valence. Ces résultats s'inscrivent dans la continuité des résultats de l'étude 11 qui montrent que les salariés ressentent majoritairement un état émotionnel neutre, ou éprouvent de l'ennui, du stress ou de la frustration au cours de leurs activités. Les ressentis positifs étaient eux principalement suscités par les interactions sociales.

Il n'est ici pas clair s'il faut privilégier des retours unidimensionnels (e.g., indiquer une succession d'états émotionnels sur la base d'une typologie d'émotions) ou multidimensionnels (e.g., indiquer une tendance entre plusieurs états). En effet, en situation d'apprentissage, les émotions se succèdent à des temporalités variables, voire se superposent et peuvent être ambivalentes, comme, par exemple, lorsque vous faites face à une tâche intéressante, mais difficile. De plus,

fournir une trop importante typologie d'émotions engendrerait sans doute une forte charge mentale chez les utilisateurs et pourrait influencer l'expérience d'apprentissage [4]. Les résultats de ces études tendent à plaider plutôt pour un modèle multidimensionnel et pour la conception d'un artefact permettant de matérialiser des évolutions émotionnelles marquées. De plus, les émotions positives étant dominantes lors d'une tâche d'apprentissage en groupe, il pourrait être plus facile d'indiquer des fluctuations au sein d'une tendance en lien par exemple avec les modèles tridimensionnels [63]. Cependant, le faible nombre de sujets limite les résultats. Il nous apparaît donc important de poursuivre les travaux autour de cette question.

### 4.3 Les caractéristiques de l'interface

Pour designer une interface qui facilite la prise de conscience émotionnelle du groupe, nous pouvons nous appuyer sur différents travaux qui ont interrogé les utilisateurs potentiels et prenant en compte les formes, les couleurs, les caractéristiques de l'interface. Selon l'étude 4 de [36] qui s'intéresse aux liens entre couleurs et émotions à travers 30 pays (N=4883 répondants), les associations les plus universelles, malgré les variations culturelles, incluent le noir (tristesse, peur, haine), le rouge (amour, colère), le rose (amour, joie, plaisir), le gris (tristesse, déception), le jaune (joie), le orange (joie, amusement) et le blanc (soulagement). Ces résultats soulignent cependant l'ambiguïté dans la représentation émotionnelle de certaines couleurs. La couleur rouge, par exemple, est le plus souvent liée à la colère, mais plus encore à l'amour. D'autres ne sont pas représentatives d'une émotion particulière (les nuances de beiges, de marrons...). Ainsi, dans une optique de conception d'une incarnation basée sur des couleurs, il serait intéressant de contrôler l'ambiguïté de certaines pour éviter de potentiellement biaiser les utilisateurs. Un axe intéressant serait également de jouer sur l'évolution de l'apparence de l'interface. En conditions expérimentales (N=30 participants), les auteurs de l'étude 6 [44] se sont servis du paradigme Bouba/Kiki pour trouver des associations de différentes modalités (croisées) entre la forme (anguleuse ou ronde), la complexité (nombre de protubérances) et la couleur d'un objet en trois dimensions. Ils montrent que les émotions calmes, plaisantes et associées à un fort contrôle étaient liées à des teintes bleues, alors qu'à l'inverse, les émotions agitées, déplaisantes et le manque de contrôle, étaient liées à des teintes rouges (résultats concordants avec ceux de l'étude 11 [63]). Leurs résultats ont aussi montré que les formes fortement anguleuses et complexes étaient également associées aux teintes rouges alors que les formes faiblement anguleuses et peu complexes étaient plutôt associées aux teintes bleues. Une limite à cette étude est que les deux associations étaient mesurées séparément, il n'y donc pas de mesure d'un potentiel effet combiné.

Dans la mesure où les apprenants ressentent le plus souvent une émotion neutre (voir supra), l'interface pourrait envoyer un feedback seulement lorsque la mesure physiologique atteint des valeurs définies, et ne montrer qu'une couleur ou autre information "neutre" (comme les nuances de beiges selon l'étude 4) le reste du temps. Une autre possibilité pour lever l'ambiguïté liée à la compréhension d'une teinte ou d'une forme serait sans doute d'ajouter des caractéristiques anthropomorphiques à l'objet. Effectivement, les études 7 et 15 ([55, 76]) démontrent une préférence pour les interfaces disposant de caractéristiques anthropomorphiques (regards, voix) qui pourraient donc favoriser une incarnation "humaine". L'étude 7 souligne également le besoin d'avoir un mode "privé" ouvrant la question de l'éthique de l'exposition publique. Enfin, à notre connaissance, les travaux autour des feedbacks haptiques pour incarner des émotions restent à explorer.

### 4.4 La distribution de l'information entre les participants

Dans le contexte hybride, plusieurs groupes d'élèves en présentiel peuvent se trouver dans le même site, d'autres groupes ailleurs, et leur enseignant se trouver également sur un autre campus. Il nous semble donc important de questionner à



qui fournir l'interface. L'étude 12 [33] propose une étude exploratoire autour du design d'interfaces par des étudiants. Ces objets tangibles avaient pour ambition d'être utilisés dans des contextes de vidéoconférences. Les prototypes produits proposent d'optimiser la présence sociale et la présence émotionnelle notamment via la régulation des tours de paroles et de l'ambiance. Ceci met en évidence l'importance de ces dimensions pour les étudiants. Malheureusement, ces solutions n'ont pas fait l'objet de validations. Il n'est donc pas possible de connaître leur effet sur la dynamique d'apprentissage.

Molinillo et al. (2018) (Etude 9 - [48]) ont présenté un modèle de liens existants entre différents concepts soutenant l'apprentissage actif dans une modalité de travail en distanciel. Les auteurs s'appuient sur les interactions "apprenant-enseignant" et "apprenant-apprenant" et déterminent leurs liens et leur importance dans un contexte d'apprentissage collaboratif. Leurs résultats démontrent que les interactions entre étudiants n'auraient pas d'effet direct sur l'apprentissage actif. Selon les auteurs, les facteurs clés d'un apprentissage actif (par ordre d'importance) sont la présence sociale, l'engagement émotionnel et l'interaction entre enseignants et étudiants. L'étude 3 [33] s'appuie elle sur les concepts soutenant l'apprentissage collaboratif. Leurs hypothèses sont que i) les interactions sociales entre étudiants (apprenants) et enseignants améliorent les interactions entre étudiants dans le groupe, ii) les interactions entre étudiants améliorent l'apprentissage collaboratif et iii) le soutien émotionnel du groupe, iv) les outils collaboratifs en ligne améliorent les interactions entre étudiants et le soutien émotionnel du groupe et v) le soutien émotionnel du groupe améliore l'apprentissage collaboratif. Les résultats de l'étude valident toutes les hypothèses. Les résultats des études 3 et 9 mettent donc en avant le rôle primordial de l'enseignant. S'il n'est pas certain que les étudiants aient besoin de la TUI, il apparaît nécessaire que l'enseignant soit l'un des premiers destinataires des informations liées à l'état émotionnel au sein des groupes de travail collaboratif. Il est alors question du timing. En effet, l'étude 8 [47] met en évidence que le temps peut également apparaître comme un facteur d'anxiété ou d'ennui et propose des objets tangibles passifs pour soutenir la régulation du temps et la gestion de la motivation (notamment en mettant en avant les progrès et tâches réalisés) dans un contexte d'apprentissage à distance. De plus, si l'enseignant a un rôle clé, il faudrait qu'il soit alerté dès que son intervention est requise (conflit, confusion, abandon). Effectivement, comme le montre l'étude 3 [33], il se peut qu'il y ait des divergences au sein du groupe, tous les individus n'ayant pas les mêmes motivations, ou bien personne n'ayant pris la direction du groupe. L'intérêt de l'interface serait alors de capter et de retranscrire ces variations dans l'état émotionnel du groupe à l'enseignant. L'interface pourrait aussi inclure une dimension temporelle en rendant compte d'un cheminement émotionnel accompli jusque-là.

## 5 CONCLUSION

Les résultats de ces différents travaux mettent en évidence le caractère émergent des problématiques liées à l'incarnation des états émotionnels. Cependant, des éléments tels l'utilisation de modèles multimodaux tant en entrée qu'en sortie, l'incarnation de valences plutôt que d'un état de base, et une conception permettant d'optimiser la présence enseignante semblent des pistes privilégiées pour la conception d'interfaces tangibles affectives. Cependant, les différentes questions que nous nous sommes posées ont à leur tour soulevé des problématiques. La suite de ces travaux vise donc à répondre aux zones de flou restantes, notamment les questions éthiques reliées jamais abordées par les études recensées. En effet, faut-il montrer des états individuels? Les utilisateurs pourraient ne pas apprécier l'accès à leurs données personnelles, ou se sentir obligés de simuler telle ou telle émotion par biais de désirabilité sociale. Si l'on matérialise une tendance de groupe, comment indiquer qu'un seul individu marginal peut avoir besoin de soutien sans risque de stigmatisation. Aussi, des études supplémentaires restent à réaliser. Au-delà de nourrir nos travaux, nous espérons que cet état de l'art sera profitable aux chercheurs intéressés par la matérialisation de la présence émotionnelle en situation d'apprentissage.

## RÉFÉRENCES

- [1] Elizabeth Acosta-Gonzaga and Elena Fabiola Ruiz-Ledesma. 2022. Students' Emotions and Engagement in the Emerging Hybrid Learning Environment during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability* 14, 16 (2022), 10236.
- [2] Leonardo Angelini, Maurizio Caon, Denis Lalanne, Omar Abou khaled, and Elena Mugellini. 2015. Towards an Anthropomorphic Lamp for Affective Interaction. *Tei '15* (2015), 661–666. <https://doi.org/10.1145/2677199.2687914>
- [3] Liesbeth KJ Baartman, Theo J Bastiaens, Paul A Kirschner, and Cees PM Van der Vleuten. 2007. Evaluating assessment quality in competence-based education : A qualitative comparison of two frameworks. *Educational research review* 2, 2 (2007), 114–129.
- [4] Ryan S. J. d Baker, Sidney K. D'Mello, Ma Mercedes T. Rodrigo, and Arthur C. Graesser. 2010. Better to be frustrated than bored : The incidence, persistence, and impact of learners' cognitive-affective states during interactions with three different computer-based learning environments. *International Journal of Human-Computer Studies* 68, 4 (2010), 223–241. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2009.12.003>
- [5] Sasha A Barab and Kurt Squire. 2016. *Design-based research : Clarifying the terms. A special issue of the journal of the learning sciences*. Psychology Press.
- [6] Lisa Feldman Barrett, Ralph Adolphs, Stacy Marsella, Aleix M. Martinez, and Seth D. Pollak. 2019. Emotional Expressions Reconsidered : Challenges to Inferring Emotion From Human Facial Movements. *Psychological Science in the Public Interest* 20, 1 (2019), 1–68. <https://doi.org/10.1177/1529100619832930>
- [7] Matthew Tyler Boden and Renee J Thompson. 2015. Facets of emotional awareness and associations with emotion regulation and depression. *Emotion* 15, 3 (2015), 399.
- [8] Kirsten Boehner, Rogério DePaula, Paul Dourish, and Phoebe Sengers. 2007. How emotion is made and measured. *International Journal of Human-Computer Studies* 65, 4 (2007), 275–291.
- [9] Johanna Brewer, Amanda Williams, and Paul Dourish. 2005. Nimio : an ambient awareness device. In *Proc. of ECSCW 2005*.
- [10] Stefania Cecchi, Agnese Piersanti, Angelica Poli, and Susanna Spinsante. 2020. Physical stimuli and emotions : EDA features analysis from a wrist-worn measurement sensor. In *2020 IEEE 25th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD)*. IEEE, 1–6.
- [11] Martha Cleveland-Innes, Stefan Stenbom, and Stefan Hrastinski. 2014. The influence of emotion on cognitive presence in a case of online math coaching. In *The 8th EDEN Research Workshop, 27-28 October 2014, Oxford UK*. 87–94.
- [12] Jeffrey F. Cohn and Fernando De La Torre. 2015. *Automated Face Analysis for Affective Computing*. Oxford University Press, 0. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199942237.013.020>
- [13] Jacques Cosnier. 1994. *Psychologie des émotions et des sentiments*. FeniXX.
- [14] Sébastien Cuendet, Jessica Dehler-Zufferey, Giulia Ortoleva, and Pierre Dillenbourg. 2015. An integrated way of using a tangible user interface in a classroom. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning* 10, 2 (2015), 183–208. <https://doi.org/doi:10.1007/s11412-015-9213-3>
- [15] Antonio R Damasio. 2017. *L'Ordre étrange des choses : La vie, les sentiments et la fabrique de la culture*. Odile Jacob.
- [16] M Ali Akber Dewan, Mahbub Murshed, and Fuhua Lin. 2019. Engagement detection in online learning : a review. *Smart Learning Environments* 6, 1 (2019), 1–20.
- [17] Pierre Dillenbourg. 1999. *Collaborative Learning : Cognitive and Computational Approaches. Advances in Learning and Instruction Series*. ERIC.
- [18] Pierre Dillenbourg, Michael J Baker, Agnes Blaye, and Claire O'Malley. 1995. *The evolution of research on collaborative learning*. Oxford : Elsevier, 189–211.
- [19] Sun Duo and Lu Xue Song. 2012. An E-learning System based on Affective Computing. *Physics Procedia* 24 (2012), 1893–1898. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.02.278>
- [20] Sidney K. D'Mello, Amber Chauncey Strain, Andrew Olney, and Art Graesser. 2013. *Affect, Meta-affect, and Affect Regulation During Complex Learning*. Springer New York, New York, NY, 669–681. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5546-3\\_44](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5546-3_44)
- [21] Stéphane Faedda, JM Christian Bastien, and Stéphanie Fleck. 2021. Le TanSe : Une interface utilisateur tangible pour soutenir l'apprentissage de l'autorégulation en contexte scolaire ? TanSe : A Tangible User Interface to Support Self-Regulation Learning in a School Context ?. In *32e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 1–6.
- [22] Min Fan, Alissa N. Antle, and Emily S. Cramer. 2016. Design Rationale : Opportunities and Recommendations for Tangible Reading Systems for Children (*IDC '16*). ACM, New York, NY, USA, 101–112. <https://doi.org/10.1145/2930674.2930690>
- [23] Stéphanie Fleck, Charlotte Baraudon, Jérémy Frey, Thibault Lainé, and Martin Hachet. 2018. "Teegi's so Cute !" : Assessing the Pedagogical Potential of an Interactive Tangible Interface for Schoolchildren. In *ACM SIGCHI 17th International Conference on Interaction Design and Children IDC'18*. 143–156.
- [24] Jose Maria Garcia-Garcia, Maria del Mar Cabañero, Victor M. R. Penichet, and Maria D. Lozano. 2019. EmoTEA : Teaching Children with Autism Spectrum Disorder to Identify and Express Emotions (*Interaction '19*). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3335595.3335639>
- [25] D. Randy Garrison, Terry Anderson, and Walter Archer. 2010. The first decade of the community of inquiry framework : A retrospective. *The Internet and Higher Education* 13, 1 (2010), 5–9. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2009.10.003>
- [26] D Randy Garrison and J Ben Arbaugh. 2007. Researching the community of inquiry framework : Review, issues, and future directions. *The Internet and higher education* 10, 3 (2007), 157–172.

- [27] D. R. Garrison, Martha Cleveland-Innes, and Tak Shing Fung. 2010. Exploring causal relationships among teaching, cognitive and social presence : Student perceptions of the community of inquiry framework. *The Internet and Higher Education* 13, 1 (2010), 31–36. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2009.10.002>
- [28] Mircea Radu Georgescu and Ioana Andreea Bogoslov. 2019. Importance and Opportunities of Sentiment Analysis in Developing E-Learning Systems through Social Media. In *DIEM : Dubrovnik International Economic Meeting*, Vol. 4. Sveučilište u Dubrovniku, 83–93.
- [29] Céline Girardet. 2020. Collaboration au moyen du numérique dans des travaux de groupe : perceptions d'étudiants et étudiantes universitaires en temps de pandémie. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education* 17, 3 (2020), 17–24.
- [30] Thomas Goetz, Reinhard Pekrun, Nathan Hall, and Ludwig Haag. 2006. Academic emotions from a social-cognitive perspective : Antecedents and domain specificity of students' affect in the context of Latin instruction. *British Journal of Educational Psychology* 76, 2 (2006), 289–308.
- [31] Allyson Hadwin, Sanna Järvelä, and Mariel Miller. 2018. *Self-regulation, co-regulation, and shared regulation in collaborative learning environments*. Routledge/Taylor & Francis Group, New York, NY, US, 83–106.
- [32] Maria Heras and Isabel Ruiz-Mallén. 2017. Responsible research and innovation indicators for science education assessment : how to measure the impact? *International Journal of Science Education* 39, 18 (2017), 2482–2507.
- [33] Nuria Hernández-Sellés, Muñoz-Carril Pablo-César, and Mercedes González-Sanmamed. 2019. Computer-supported collaborative learning : An analysis of the relationship between interaction, emotional support and online collaborative tools. *Computers & Education* 138 (2019), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.012>
- [34] Edwin Hutchins. 2001. *Distributed cognition*. Elsevier Science, Oxford, 2068–2072.
- [35] Sanna Järvelä, Allyson Hadwin, Jonna Malmberg, and Mariel Miller. 2018. *Contemporary perspectives of regulated learning in collaboration*. Routledge, 127–136.
- [36] Hanna Järvenoja, Sanna Järvelä, and Jonna Malmberg. 2020. Supporting groups' emotion and motivation regulation during collaborative learning. *Learning and Instruction* 70 (2020), 101090. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.11.004>
- [37] Aida Kamišalić, Iztok Fister Jr, Muhamed Turkanović, and Sašo Karakatič. 2018. Sensors and functionalities of non-invasive wrist-wearable devices : A review. *Sensors* 18, 6 (2018), 1714.
- [38] Sébastien Kubicki, Marion Wolff, Sophie Lepreux, and Christophe Kolski. 2015. RFID interactive tabletop application with tangible objects : exploratory study to observe young children's behaviors. *Personal and Ubiquitous Computing* 19, 8 (2015), 1259–1274.
- [39] Alexander T Latijnjak. 2012. The underlying structure of emotions : A tri-dimensional model of core affect and emotion concepts for sports. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte* 7, 1 (2012), 71–88.
- [40] Elise Lavoué, Maedeh Kazemitabar, Tenzin Doleck, Susanne P. Lajoie, Rubiela Carrillo, and Gaëlle Molinari. 2020. Towards emotion awareness tools to support emotion and appraisal regulation in academic contexts. *Educational Technology Research and Development* 68, 1 (2020), 269–292. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09688-x>
- [41] Sang Joon Lee, Sandhya Srinivasan, Trudian Trail, David Lewis, and Samantha Lopez. 2011. Examining the relationship among student perception of support, course satisfaction, and learning outcomes in online learning. *The Internet and Higher Education* 14, 3 (2011), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.04.001>
- [42] Alexandra Leyrit. 2020. Les conditions de travail à distance et le stress ressenti par les étudiants en France pendant la période de confinement. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education* 17, 3 (2020), 130–144.
- [43] Hannah Limerick, David Coyle, and James W Moore. 2014. The experience of agency in human-computer interactions : a review. *Frontiers in human neuroscience* 8 (2014), 643.
- [44] Anan Lin, Meike Scheller, Feng Feng, Michael J. Proulx, and Oussama Metatla. 2021. Feeling Colours : Crossmodal Correspondences Between Tangible 3D Objects, Colours and Emotions. *Chi '21* (2021). <https://doi.org/10.1145/3411764.3445373>
- [45] Albert Mehrabian. 1996. Pleasure-arousal-dominance : A general framework for describing and measuring individual differences in temperament. *Current Psychology* 14 (1996), 261–292.
- [46] Cendrine Mercier and Gaëlle Lefer Sauvage. 2022. Facteurs de protection et modélisation du bien-être universitaire des étudiants en formation à distance. *L'éducation aux marges en temps de pandémie : précarités, inégalités et fractures numériques* (2022).
- [47] Gaëlle Molinari and Elsa Schneider. 2020. Soutenir les stratégies volitionnelles et améliorer l'expérience des étudiants en formation à distance. Quels potentiels pour le design tangible? *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge* 32 (2020).
- [48] Sebastian Molinillo, Rocío Aguilar-Illescas, Rafael Anaya-Sánchez, and María Vallespín-Arán. 2018. Exploring the impacts of interactions, social presence and emotional engagement on active collaborative learning in a social web-based environment. *Computers & Education* 123 (2018), 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.012>
- [49] Elizabeth Murphy. 2004. Recognising and promoting collaboration in an online asynchronous discussion. *British Journal of Educational Technology* 35, 4 (2004), 421–431.
- [50] Alexis Olry de Rancourt, Julien Veytizou, David Bertolo, Robin Vivian, J.M. Christian Bastien, and Stéphanie Fleck. 2020. PrisMe : a Tangible User Interface for Work Groupe Regulation. In *ETIS 2020 - CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)*.
- [51] Ana Paiva, Marco Costa, Ricardo Chaves, Moisés Piedade, Dário Mourão, Daniel Sobral, Kristina Höök, Gerd Andersson, and Adrian Bullock. 2003. SenToy : an affective sympathetic interface. *International Journal of Human-Computer Studies* 59, 1-2 (2003), 227–235.

- [52] Ernesto Panadero, Anders Jonsson, and Juan Botella. 2017. Effects of self-assessment on self-regulated learning and self-efficacy : Four meta-analyses. *Educational Research Review* 22 (2017), 74–98.
- [53] Reinhard Pekrun. 2016. Academic emotions. *Handbook of motivation at school 2* (2016), 120–144.
- [54] Philippe Perrenoud. 1988. *La part d'évaluation formative dans toute évaluation continue*. Service de la recherche sociologique.
- [55] Léa Pillette, Camille Jeunet, Boris Mansencal, Roger N'Kambou, Bernard N'Kaoua, and Fabien Lotte. 2020. A physical learning companion for Mental-Imagery BCI User Training. *International Journal of Human-Computer Studies* 136 (2020), 102380. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.102380>
- [56] Fabio Pittarello and Lorenzo Brutti. 2019. A Public Tangible Interface for Engaging and Informing Young Citizens about Climate Change. *PerDis '19* (2019). <https://doi.org/10.1145/3321335.3324938>
- [57] Peter Reimann. 2011. *Design-based research*. Springer, 37–50.
- [58] Lauren B Resnick, John M Levine, and S Behrend. 1991. Socially shared cognition. *Washington : American Psychological Association* (1991).
- [59] Jennifer Richardson, Secil Caskurlu, and Jing Lv. 2017. Social Presence in Relation to Students' Satisfaction and Learning in the Online Environment : A Meta-analysis. *Computers in Human Behavior* 71 (2017), 402–417. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.001>
- [60] Carolien Rieffe, Paul Oosterveld, Anne C. Miers, Mark Meerum Terwogt, and Verena Ly. 2008. Emotion awareness and internalising symptoms in children and adolescents : The Emotion Awareness Questionnaire revised. *Personality and Individual Differences* 45, 8 (2008), 756–761. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2008.08.001>
- [61] Bart Rienties and Bethany Alden Rivers. 2014. Measuring and understanding learner emotions : Evidence and prospects. *Learning Analytics Review* 1, 1 (2014), 1–27.
- [62] Jeremy Roschelle and Stephanie D Teasley. 1995. The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In *Computer supported collaborative learning*. Springer, 69–97.
- [63] Asta Roseway, Yuliya Lutchny, Paul Johns, Elizabeth Mynatt, and Mary Czerwinski. 2015. BioCrystal : An Ambient Tool for Emotion and Communication. *International Journal of Mobile Human Computer Interaction (IJMHCI)* 7, 3 (2015), 20–41. <https://doi.org/10.4018/ijmhci.2015070102>
- [64] Liam Rourke, Terry Anderson, D Randy Garrison, and Walter Archer. 1999. Assessing social presence in asynchronous text-based computer conferencing. *The Journal of Distance Education/Revue de l'éducation Distance* 14, 2 (1999), 50–71.
- [65] Bertrand Schneider, Engin Bumbacher, and Paulo Blikstein. 2015. Discovery versus direct instruction : Learning outcomes of two pedagogical models using tangible interfaces. In *Exploring the material conditions of learning : opportunities and challenges for CSCL, " the Proceedings of the Computer Supported Collaborative Learning (CSCL) Conference*, Vol. 1. 364–371.
- [66] Alexander Skulmowski, Simon Pradel, Tom Kühnert, Guido Brunnett, and Günter Daniel Rey. 2016. Embodied learning using a tangible user interface : The effects of haptic perception and selective pointing on a spatial learning task. *Computers & Education* 92 (2016), 64–75.
- [67] Andreja Istenic Starcic, Mara Cotic, and Matej Zajc. 2013. Design-based research on the use of a tangible user interface for geometry teaching in an inclusive classroom. *British Journal of Educational Technology* 44, 5 (2013), 729–744. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01341.x>
- [68] Stefan Stenbom, Stefan Hrastinski, and Martha Cleveland-Innes. 2016. Emotional presence in a relationship of inquiry : The case of one-to-one online math coaching. *Online Learning* 20, 1 (2016), 41–56.
- [69] Jessica L Tracy and Daniel Randles. 2011. Four models of basic emotions : A review of Ekman and Cordaro, Izard, Levenson, and Panksepp and Watt. *Emotion review* 3, 4 (2011), 397–405.
- [70] Jesus Trespalacios and Lida J Uribe-Florez. 2020. Developing online sense of community : Graduate students' experiences and perceptions. *Turkish Online Journal of Distance Education* 21, 1 (2020), 57–72.
- [71] Feng Wang and Michael J Hannafin. 2005. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development* 53, 4 (2005), 5–23.
- [72] Yan Wang, Wei Song, Wei Tao, Antonio Liotta, Dawei Yang, Xinlei Li, Shuyong Gao, Yixuan Sun, Weifeng Ge, Wei Zhang, and Wenqiang Zhang. 2022. A systematic review on affective computing : emotion models, databases, and recent advances. *Information Fusion* 83-84 (2022), 19–52. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.03.009>
- [73] Zhaoxia Wang, Seng-Beng Ho, and Erik Cambria. 2020. A review of emotion sensing : categorization models and algorithms. *Multimedia Tools and Applications* 79 (2020), 35553–35582.
- [74] Kieran Woodward, Eiman Kanjo, Samuel Burton, and Andreas Oikonomou. 2018. Emoecho : A tangible interface to convey and communicate emotions. In *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*. 746–749.
- [75] Elaheh Yadegaridehkordi, Nurul Fazmidar Binti Mohd Noor, Mohamad Nizam Bin Ayub, Hannyzzura Binti Affal, and Nornazlita Binti Hussin. 2019. Affective computing in education : A systematic review and future research. *Computers & Education* 142 (2019), 103649. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103649>
- [76] Andong Zhang and Pei-Luen Patrick Rau. 2023. Tools or peers? Impacts of anthropomorphism level and social role on emotional attachment and disclosure tendency towards intelligent agents. *Computers in Human Behavior* 138 (2023), 107415. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107415>

## A ANNEXES

N°	Référence	Nature de l'étude	Modèle Théorique	Principaux résultats de l'étude		Principales limites
				Q1	Q2	
1	<i>Cohn &amp; De La Torre (2015)</i>	Revue de la littérature (N > 100)	PAD	Utilisation des expressions faciales pour la distinction automatique des émotions.	/	Utilisation de l'IA en laboratoire (différent du contexte réel)
2	<i>Duo &amp; Song (2012)</i>	/	Modèle d'apparence active (AAM)	Présentation de prototype	Création d'un système d'e-learning avec présence d'une IA "enseignant" qui détecte et répond aux émotions des étudiants	Pas de reconnaissance multimodale des émotions (l'étude datant de 2012). Pas d'évaluation auprès d'utilisateurs
3	<i>Hernandez-Selles, et al. (2019)</i>	Enquête; 106 étudiants	/	Rôle des interactions entre étudiants et avec l'enseignant sur le support émotionnel et l'apprentissage collaboratif. Rôle de l'outil collaboratif en ligne sur les interactions entre étudiants et sur le support émotionnel.	/	Étude transversale (voir si on a les mêmes résultats avec une étude longitudinale). Élargir l'étude à d'autres universités.
4	<i>Jonauskaitė et al. (2020)</i>	Enquête; 4883 participants issus de 30 nations; (1114 H. et 3769 F. - M.âge = 35.4 std=14.5)	/	/	Certaines couleurs sont fortement associées à des émotions, universellement	Pas d'identification du rôle des émotions : on peut leur associer des couleurs sans forcément les éprouver.
5	<i>Lavoué et al. (2019)</i>	Expérimentation; 11 participants; (8 femmes, 3 hommes, M.âge 24 ans)	Théorie contrôle-valence de Pekrun	Émotions négatives plus souvent ressenties lors de la tâche (anxiété, ennui, frustration). Les émotions ont une plus forte valence lors des interactions avec le groupe.	/	Petit nombre de sujets. Entretiens rétrospectifs pouvant biaiser les résultats. Liste spécifique d'émotions pouvant restreindre les sujets).
6	<i>Lin et al. (2021)</i>	Expérimentation; 30 adultes; (M.âge = 24,7, std= 3,4)	PAD	/	Lien entre formes (angulosité, complexité), couleurs (rouges et bleues) et émotions (selon PAD)	Les deux associations étaient mesurées séparément : pas de mesure d'un potentiel effet combiné.
7	<i>Liu, Essen et Eggen (2022)</i>	Expérimentation; 10 adultes; (entre 25 et 36 ans, 6 hommes et 4 femmes)	/	Dans le travail en distanciel : accès aux émotions individuelles mais besoin aussi d'anonymat. Marquer la distinction entre travail et vie privée.	Nécessité d'un design peu intrusif. Prévenir l'ambiguïté d'une information individuelle (certains états ont besoin d'être expliqués). Préférences d'informations "humaines" (voix plutôt que message écrit)	Étude exploratoire. Faible nombre de sujets.
8	<i>Molinari et Schneider (2020)</i>	Expérimentation; 6 étudiantes; (entre 22 et 50 ans)	Modèle de l'apprentissage auto-régulé de Houart (2017)	/	Les objets tangibles pourraient soutenir l'apprentissage en distanciel en aidant les sujets à structurer leur temps et leur environnement et à gérer leurs émotions et leur motivation.	Faible nombre de sujets. Les objets ne sont pas évalués

TABLE 1. Liste détaillée des études, incluant la nature des études conduites, si elles invoquent un modèle théorique lié aux émotions, les principaux résultats en lien avec les deux questions de notre étude et les limites identifiées.

N°	Référence	Nature de l'étude	Modèle Théorique	Principaux résultats de l'étude		Principales limites
				Q1	Q2	
9	<i>Molinillo et al. (2018)</i>	Enquête; 416 étudiants	/	Rôle plus important des interactions étudiants - enseignant par rapport aux interactions entre étudiants dans l'apprentissage en ligne.	/	Étude transversale. Les outils de travail en ligne n'étaient pas les plus récents.
10	<i>Pillette et al. (2020)</i>	Test utilisateur; 97 participants	/	/	Caractéristiques anthropomorphiques : visage avec sourcils = design préféré des utilisateurs.	/
11	<i>Roseway et al. (2015)</i>	Expérimentation; 10 participants; (9 femmes et 1 homme de 25 à 60 ans)	PAD	Les émotions le plus souvent éprouvées sont neutres, ou négatives (ennui, frustration, anxiété). Différence entre l'état émotionnel physiologiquement et subjectivement mesuré.	Associations de couleurs au modèle PAD. Nécessité d'un mode "privé".	Pas de distinction entre hommes et femmes. Faible nombre de participants
12	<i>van Dijk (2022)</i>	Créativité collective	Théorie énoncative	/	Création de différents prototypes d'interfaces pour incarner la présence émotionnelle et sociale, dans un contexte de vidéoconférence.	Prototypes créés par des étudiants de Master en design.
13	<i>Wang et al. (2020)</i>	Revue de la littérature (N > 400)	Modèle des émotions : Ekman, Plutchik, PAD	Intérêt d'utiliser différentes modalités dans la reconnaissance des émotions en affective computing : visuelles, auditives, textuelles et physiologiques.	/	Certaines modalités difficiles à mesurer en contexte réel.
14	<i>Yadegaridehordi et al. (2019)</i>	Revue de la littérature (N = 94)	/	Modèle d'émotions le plus utilisé dans les recherches en affective computing : théorie contrôle-valence de Pekrun. Cet article montre les émotions qui ressortent le plus fréquemment selon la modalité de captation utilisée. Ennui, colère et anxiété sont celles qui apparaissent le plus souvent (et davantage dans la modalité textuelle).	/	Question de données privées, d'éthique et de praticabilité des mesures également soulevée.
15	<i>Zhang et Patrick Rau (2023)</i>	Expérimentation; 64 participants; (moyenne d'âge 23,86 ans, E.T 2,54)	Theory CASA (computers are social actors)	/	Les caractéristiques anthropomorphiques des IA faciliteraient les interactions sociales, amélioreraient l'engagement émotionnel des utilisateurs	/

TABLE 2. Suite de la liste détaillée des études, incluant la nature des études conduites, si elles invoquent un modèle théorique lié aux émotions, les principaux résultats en lien avec les deux questions de notre étude et les limites identifiées.