



**HAL**  
open science

# Vers un nouveau modèle pour une conception de technologie XR-adaptative éthique : un état de l'art

Romain Rouyer, David Bourguignon, Stéphanie Fleck

## ► To cite this version:

Romain Rouyer, David Bourguignon, Stéphanie Fleck. Vers un nouveau modèle pour une conception de technologie XR-adaptative éthique : un état de l'art. 2024. hal-04487262

**HAL Id: hal-04487262**

**<https://hal.science/hal-04487262>**

Preprint submitted on 3 Mar 2024

**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.

# Vers un nouveau modèle pour une conception de technologie XR-adaptative éthique : un état de l'art

## Toward a New Framework for XR-Adaptive Ethical Design: a State of the Art

ROMAIN ROUYER\*, Université de Lorraine - UR7312 PErSEUs, France

DAVID BOURGUIGNON, Université de Lorraine - UR7312 PErSEUs, France

STÉPHANIE FLECK\*, Université de Lorraine - UR7312 PErSEUs, France

De nouvelles approches doivent émerger pour faire évoluer les pratiques de conception face à (1) la convergence entre technologies immersives et neuro-adaptative (XR-adaptative) et (2) la prise de conscience croissante des conséquences négatives que les technologies numériques peuvent avoir sur les personnes. Cet état de l'art permet d'identifier les dimensions auxquelles il convient d'accorder une attention particulière pour mieux assurer le bien-être des utilisateurs.

New approaches must emerge to help design practices evolve in response to: (1) the convergence of immersive and neuro-adaptive technologies (XR-adaptive), and (2) the growing awareness of the negative consequences that digital technologies can have on people. This state of the art helps to identify the dimensions to which we should pay particular attention in order to better ensure users' well-being.

CCS Concepts: • **Human-centered computing** → **HCI theory, concepts and models**; **User models**; **Virtual reality**; **Mixed / augmented reality**.

Mots Clés et Phrases Supplémentaires: Expérience utilisateur, Réalité étendue, Bien-être, Éthique, Modèle de conception

Additional Key Words and Phrases: User Experience, eXtended Reality, Well-being, Ethics, Framework,

### Reference:

Romain Rouyer, David Bourguignon, and Stéphanie Fleck. 2024. Vers un nouveau modèle pour une conception de technologie XR-adaptative éthique : un état de l'art

This is the author's draft version of the work. It is posted here for your personal use. Not for distribution. The definitive version of the record is published in IHM '24: Adjunct Proceedings of the 35th Conference on l'Interaction Humain-Machine

## 1 INTRODUCTION

Ces dernières années ont été marquées par une mise en avant croissante du besoin de prendre conscience du rôle que les technologies du numérique peuvent avoir vis-à-vis du bien-être de leurs utilisateurs [61]. La crise sanitaire liée à la Covid-19, entraînant une mise à distance physique et le déploiement de mesures numériques massives dans l'urgence [37], a accentué cette prise de conscience par le grand public. Parmi les sujets controversés, on peut citer, par exemple, le design de la persuasion [28, 63]. S'il est souvent mobilisé par le designer dans un but positif pour favoriser des changements de comportement [22, 27], c'est une pratique également détournée de son usage initial vers un design de la manipulation [66, 67], à l'aide de techniques comme les « design trompeurs » (*dark pattern* ou *deceptive design* en anglais) [12, 39, 53, 57]. L'éthique de ces pratiques est discutée [3, 19].

---

\*. Both authors contributed equally to this research.

Parallèlement, une nouvelle génération de technologies informatique spatialisée, enrichie de données physiologiques [5], émerge. On parlera de réalité étendue adaptatives ou XR-adaptative [4]. Les paradigmes qui lui sont associés tels que le design incarné [1], conduit à une intensification du mélange des frontières physiques et numériques (e.g., l'effet Proteus [85]). Ces paradigmes posent, eux aussi, déjà des questions éthiques.

Ces prises de conscience face aux conséquences négatives que des technologies numériques peuvent avoir sur les personnes, pouvant être sujet à des situations de vulnérabilité, relèvent de questions technoéthiques [54]. À l'instar de la bioéthique qui veille au respect de la personne humaine face aux actions et avancées de la recherche, notamment, en biologie et en médecine, la technoéthique se focalise sur l'application éthique de la technologie, la défense contre le détournement de la technologie et la création de principes universels. Ces principes orientent les progrès futurs dans l'évolution et l'implémentation technologiques pour le bien de la société [54]. Les théories éthiques fournissent des cadres pour évaluer la manière dont les gens (e.g., utilisateurs, designers, chercheurs) devraient agir dans des situations particulières.

Si beaucoup de travaux questionnent d'ores et déjà le design de la manipulation, les travaux appliquée à la conception éthique de technologies de XR-adaptative, et en mesure de guider les pratiques de l'intérieur, restent insuffisants. On se pose la question des critères d'évaluation heuristique orientés vers l'éthique adaptés à la conception de technologies XR-adaptatives, et plus largement, de comment préparer une nouvelle génération de chercheurs-designers à penser des technologies respectant le bien-être de leurs futurs utilisateurs. Les valeurs reliées à la conception centrée utilisateurs et au principe universel de protection des personnes, énoncé ci-après, sont ici au cœur des enjeux.

Face à ces questions et ces enjeux, l'objectif de ce travail en cours est, à travers un état de l'art pluridisciplinaire, d'identifier les dimensions auxquelles il convient d'accorder une attention particulière. Il s'agit ainsi de mieux délimiter les conséquences potentielles de la conception de XR-adaptatives pour mieux assurer la protection de leurs futurs utilisateurs. Les résultats de cette étude en cours alimenteront à terme le développement de moyens et de méthodes d'évaluation heuristique et de formation des chercheurs-designers intéressés par les technologies de XR-adaptatives.

Dans un premier temps, cet article replace la problématique en contexte, puis la méthodologie et les résultats seront présentés. Ces derniers seront discutés.

## 2 ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

### 2.1 L'émergence de la XR-adaptative

Nos travaux se positionnent dans la convergence entre technologies immersives et les technologies dites neuro-adaptatives [4]. Cette technologie émergente se manifeste par une nouvelle génération de visiocasques intégrant nativement des capacités de mesures physiologiques. Le projet de recherche industriel « Galea » (voir Fig. 1) en est un bon exemple.

Les technologies immersives désignent un continuum [58, 74], incluant la réalité augmentée et les environnements virtuels, avec un ensemble de variations et des extensions (dispositifs haptiques, kinesthésique et autres appareils stimulant nos sens) regroupées sous l'appellation « XR » pour réalité étendue (en anglais *eXtended Reality*). On parle aussi d'interfaces spatiales, dans la mesure où l'on interagit avec un contenu numérique dans notre espace physique.

Les technologies neuro-adaptatives regroupent tous les capteurs permettant de mesurer l'état physiologique d'une personne. Ces capteurs sont associés à un ensemble de données biométriques pouvant être analysées et classifiées en temps réel tel que : l'analyse des muscles faciaux, l'oculométrie, l'activité électrodermale (EDA), l'activité musculaire

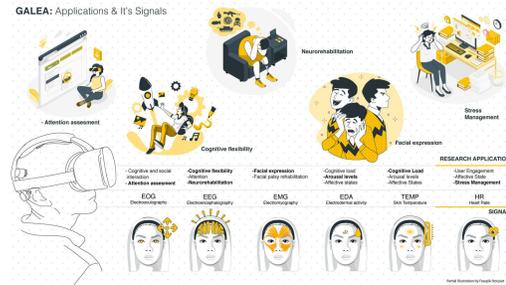


Fig. 1 – « GALEA : Applications & it's Signals ». Credit : Guillermo Bernal, MIT Media Lab. Source : Developing Galea : An open source tool at the intersection of VR and neuroscience, [media.mit.edu/posts/galea/](https://media.mit.edu/posts/galea/)

(EMG), la fréquence cardiaque (ECG) ou encore l'électroencéphalographie (EEG). Leur développement s'étend, notamment, avec le déploiement de capteurs intégrés ou portatifs et du traitement des signaux. Il est ainsi possible de détecter diverses activités humaines telles que la marche, la course, la position assise et l'alimentation ainsi que des données biométriques de santé, du fonctionnement physiologique de différents organes, etc.

La fusion de ces deux formes de technologies conduit à l'émergence de la XR-adaptative. Les applications qui peuvent fonctionner avec ces dispositifs couvrent un large champ, allant des applications axées sur l'éducation, les soins de santé et la remise en forme [8], aux applications industrielles [47], en passant par le divertissement et les arts [35]. Par leur biais, les applications immersives sont en mesure de moduler, en temps réel, l'expérience vécue par un usager. Cette modulation peut s'accompagner d'un ensemble de stimuli multisensoriels et multimodaux, en réponse à l'état physique et mental de l'usager, tel qu'il a été capté et traité par le système.

Plusieurs travaux [55, 77] mettent en évidence que l'usage d'expériences immersives peut parfois entraîner des troubles comportementaux (e.g., sentiments de dépersonnalisation, troubles dissociatifs, isolation dans des mondes virtuels), des troubles physiques [80] et cognitifs (e.g., altération de la mémoire [9]). Concernant les systèmes d'exploitation de données physiologiques qu'ils intègrent, en 2016, Ching & Singh [17] soulignaient déjà, au travers du cas des objets connectés personnels (« *wearable* »), les enjeux de sécurité et de vie privée reliés à ces typologies de technologies.

Ces divers travaux encore émergents mettent en lumière une forme de menace vis-à-vis de la vulnérabilité de leurs utilisateurs, et donc questionnent le positionnement techno-éthique que les designers devraient adopter au moment de leur travaux de conception.

## 2.2 Éthique et vulnérabilité universelle des utilisateurs

La bioéthique est sans doute le domaine d'encadrement éthique le plus connu et développé. Elle repose sur quatre grands principes fondés sur le respect de : l'autonomie du sujet (capacité du sujet à décider, consentement), la bienfaisance (obtention de conséquences favorables), la non-malfaisance (axé sur l'interdiction et l'abolition de toute action qui entraîne des effets négatifs), la justice (respecter les droits des personnes, assurer l'équité, l'égalité des chances et un partage juste et équitable des responsabilités liées aux coûts, aux risques et aux bénéfices des décisions).

La technoéthique est plus émergente. Elle doit encore construire ses cadres. Comme l'indique Puech [68], elle est liée à « *la renaissance du souci pour la « vie bonne » et les questions dites « sociétales », dans des perspectives souvent renouvelées par une approche plus directement éthique que sociologique ou politique* ». La technoéthique s'intéresse aux questions d'utilisations éthiques de la technologie, de la protection contre l'utilisation abusive de la technologie. L'élaboration de

principes communs pour guider les avancées dans le développement et l'application de la technologie au profit de la société. Ces différents cadres fondés sur des principes théoriques doivent pouvoir guider l'action et aider un agent moral à prendre une décision morale. Ils invitent les chercheurs et designers à « *caring about what we care about* » [29, p. 92].

La communauté IHM s'intéresse de plus en plus aux aspects critiques en design d'IHM et d'UX (e.g., [17, 33, 60, 81]), incluant l'impact de la technologie et du design sur la société, et le rôle du designer dans l'introduction d'un changement responsable. Parmi les chercheurs-designers, en lien avec les valeurs associées à la conception centrée-utilisateur, beaucoup se préoccupent des personnes déjà concernées par une vulnérabilité spécifique, parfois déjà touchées dans leur vulnérabilité à des degrés variables, tels que les enfants [73, 81], les personnes présentant des formes de handicaps visibles ou invisibles [59], les réfugiés [2, 21], les seniors [31, 87], les individus ayant une faible culture numérique [20], etc. Néanmoins, peu se préoccupent de l'atteinte potentielle de la vulnérabilité universelle.

Cette forme de représentation reliée à l'idée de vulnérabilité spécifique est discutée par l'UNESCO [42]. La vulnérabilité, en éthique, recouvre trois conceptions [41] : (1) le fait d'être naturellement sensible à quelque chose de négatif (e.g., être vulnérable au Covid), (2) le fait d'être capable d'être blessé physiquement ou émotionnellement (e.g., être vulnérable au harcèlement), (3) le fait d'être capable d'être persuadé ou tenté (e.g., être vulnérable à l'addiction numérique).

La vulnérabilité n'est donc pas le propre de certaines populations, mais est bien intrinsèque à l'existence humaine [45]. Chaque être humain est exposé au risque permanent de subir des « blessures » qu'elles soient physiques (e.g., atteinte d'un organe), mentales (e.g., dépersonnalisation), sociales (e.g., stigmatisation). La vulnérabilité traduit, en effet, la possibilité qu'une situation pourrait affecter, diminuer, altérer l'intégrité d'un être [50].

La prise en compte de l'idée de vulnérabilité universelle est intimement liée au respect de la liberté, de la dignité, de la sécurité, de l'intégrité des personnes et de leurs droits [42]; valeurs que l'on retrouve dans les textes universels procurant des droits moraux, telle que la Déclaration des droits de l'enfant, 1959. Le genre humain est vulnérable et il existe des individus, des groupes et des situations qui exigent un surcroît d'attention [42]. Les déterminants de la vulnérabilité peuvent, en effet, être d'ordre individuel (e.g., la vulnérabilité des personnes âgées peut être plus grande du fait de la réduction de leurs capacités), mais ils peuvent également être d'ordre plus environnementaux. Comme l'indique le comité international de bioéthique [42], « *aujourd'hui, nombre d'individus, de groupes ou de populations sont devenus particulièrement vulnérables du fait de facteurs créés et mis en œuvre par d'autres êtres humains* ».

Les techniques de conception en IHM et UX, parce qu'elles façonnent les interactions humaines, engagent donc une forme de responsabilité du designer et du chercheur. Elles sont, par conséquent, à remettre en perspective avec l'idée de vulnérabilité universelle. Les constats posés précédemment interrogent dans quelle mesure cette perspective est d'ores et déjà intégrées par les chercheurs-designers. Quelles sont les compétences nécessaires aux designers face à la question de la vulnérabilité de leurs futurs utilisateurs, et leur capacité à accompagner leur bien-être de manière prospective ?

Les couplages technologiques au sein des XR-adaptative questionnent plus fortement les conséquences positives ou bien négatives, attendues ou non attendues, sur la vulnérabilité de leurs futurs utilisateurs. En effet, associer des technologies modifiant et étendant la perception et l'interaction avec la réalité, donnant accès à des données biométriques, placent au sein d'un même espace de design non seulement des questions de sécurité, mais aussi de préservation du corps et beaucoup d'autres questions plus complexes en techno-éthiques, bioéthiques incluant des questions de neuro-éthique [26, 79].

Face au caractère encore émergent de ces constats, nous nous sommes donc concentrés à identifier les dimensions perçues par les designers en faveur d'une conception éthique de technologies de XR-adaptative. Un état de l'art nous permet d'en identifier les principales dimensions.

### 3 MOYENS ET MÉTHODES

Dans le cadre de cette étude en cours, il s'agit d'identifier les différentes dimensions et notions appréhendées par les designers, en matière d'éthique, pouvant être prises en compte dans leur travail de conception en XR-adaptative. Nos champs de recherche concernent le Design (IHM, ergonomie cognitive, persuasive design), les sciences du numérique (technologies immersives, réalité étendue, réalité virtuelle, physiologie) et la philosophie (éthique, bioéthique, neuroéthique). Nous avons sélectionné des travaux issus des bases de données ScienceDirect, ACM Digital Library, IEEE Xplore et Google Scholar. Pour effectuer cet état de la littérature, les différents termes utilisés étaient : 'HCI' avec 'immersive technologies', 'eXtended Reality', 'Virtual Reality' ou 'Augmented Reality' ainsi que 'persuasive design', 'well-being' ou 'ethic'.

Nous avons affiné la sélection en nous concentrant sur les travaux les plus récents (moins de 10 ans à l'exception de [4]) et exclusivement porteurs d'éléments pouvant concerner directement les designers. Ces critères ont néanmoins écarté des propositions très pertinentes comme l'approche judiciaire de Lighthart et al. [52]. Nous y reviendrons dans la conclusion.

Les principaux résultats de cette sélection sont ensuite discutés dans une perspective de conception d'un outil de formation à destination de designers évoluant dans des dispositifs en XR-adaptative. La liste des publications sélectionnées (N=24) pour ce travail est synthétisée dans un tableau disponible en annexe.

### 4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Une majorité d'articles sélectionnés à moins de deux ans, ce qui confirme l'intérêt récent pour ces technologies XR-adaptative ainsi qu'un intérêt pour ces questions éthiques en pleine émergence. Parmi cette sélection, nous avons des états de l'art [16, 43, 77], des essais [6, 11, 13, 55, 62, 69, 70, 76, 78], des propositions d'outils [48, 65, 72] et des études (e.g. atelier, sondage) [9, 10, 18, 23, 34, 36, 64, 80, 82]. Certains s'intéressent plutôt à la réalité augmentée [10, 23, 62, 82], la réalité virtuelle [11, 16, 34, 55, 69, 70, 76, 78, 80] ou la réalité étendue [6, 9, 13, 36, 43, 48, 64, 72, 77]. Il est important de noter qu'une minorité d'étude [6, 13, 16, 18, 64, 72], intègrent pleinement la dimension physiologique, et donc les capacités adaptatives permises par ces différents capteurs.

#### 4.1 La philosophie pour sensibiliser aux enjeux moraux

**4.1.1 Alerter des risques.** Historiquement, nous observons que les philosophes pointent et tentent de prévenir des enjeux éthiques. Parmi notre sélection, neuf travaux concernent des essais en philosophie. Madary et Metzinger [55] ont regroupé une liste assez complète de risques, concernant la technologie de réalité virtuelle. Ces auteurs appellent à la mise en place d'un code de conduite dès 2016. L'important nombre de citations (N=231 à date - source Frontiers) de ce travail de synthèse fait référence aujourd'hui pour appréhender la mise en place de pratiques visant à minimiser les risques.

D'autres essais sont venus compléter ces travaux :

- Spiegel [78] formule plusieurs recommandations concernant les réglementations juridiques en réalité virtuelle, répondant à quatre catégories de représentations : un système d'évaluation normalisé, un âge minimum requis, des étiquettes d'informations, la déclaration des informations recueillies ;
- Slater et al. [76] et Rueda [69, 70] complètent la liste de Madary et Metzinger en étendant à la réalité augmentée et en s'intéressant respectivement aux effets de l'hyperréalisme (avec les implications psychologiques et sociales) et l'empathie (souvent qualifiée de « *empathy-machine* ») ;

- Slater [77] pointe le manque de données et des arbitrages fondés sur des spéculations plutôt que sur des résultats empiriques. Il invite à réaliser des études expérimentales et à réguler [75].

Bye et al. [13] partagent les conclusions du sommet sur la protection de la vie privée dans la réalité virtuelle qui s'est tenu à l'université de Stanford en 2018. Ce panel a largement mis en avant la gestion complexe des données biométriques. Il met, par exemple, en perspective le consentement à l'utilisation de nos données captées dans le web 2D traditionnel (e.g., cookie) et les informations qui émanent inconsciemment de notre corps (e.g., émotions), nécessitant un traitement plus strict. En complément, on peut mentionner le travail de documentation de Kent Bye via sa série de podcasts « *Voices of VR* » et sa proposition de manifeste « *XR Ethic Manifesto* » [44].

**4.1.2 Appel à régulation.** Dès 1999, Brey [11] propose un essai philosophique sur les aspects moraux et comportementaux d'expérience en réalité virtuelle en s'appuyant d'une analogie avec le secteur des jeux vidéo. L'auteur remet en perspective différentes postures ou stratégies de censures et des arguments permettant d'appréhender ces choix. Il rappelle également l'émergence historique de débats publics autour de la violence et de la moralité, à l'émergence de chaque média (e.g., BD, cinéma, TV, jeux vidéo). Enfin, il s'attarde sur le devoir moral du concepteur et l'importance des choix pragmatiques dans l'action de représentation des environnements simulés afin d'éviter des erreurs et des biais : « *I distinguish two types of representational failures or shortcomings in VR simulations : misrepresentation, in which some aspects of the simulation are clearly mistaken according to accepted standards of accuracy, and biased representation, in which the values or interests of some stakeholders of the simulation are insufficiently accounted for.* » [11].

Dans la continuité, en 2018, Spiegel [78] formule plusieurs recommandations à destination des acteurs publics, en s'appuyant sur les systèmes d'évaluation normalisés comme dans l'industrie vidéoludique et le cinéma. Des besoins de plus en plus pressants sont fortement exprimés. L'essai de O'Hagan [62], illustrant une grande variété d'exemples d'usages existants et prospectifs en réalité augmentée, est présenté en ce sens par son auteur comme une provocation dans le but de sensibiliser au besoin urgent d'appréhender ces sujets dès maintenant au nom des droits humains fondamentaux.

Enfin, un rapport à destination de la Commission Européenne [72], proposant une grille de 11 critères et recommandations, complète ces propositions de mise en application directement adressées aux acteurs gouvernementaux et institutionnels pour fournir un soutien éthique à la prise de décision.

## 4.2 Les données physiologiques au cœur de la personnalisation

**4.2.1 Vers une amélioration de l'utilisabilité.** L'utilisation des sciences de la donnée et de capteurs physiologiques est particulièrement pertinent pour fournir les informations nécessaires à l'adaptation du contenu numérique généré en temps réel. Certains travaux sélectionnés pointent l'intérêt croissant pour l'intégration de signaux physiologiques, en tant qu'entrée pour les systèmes interactifs afin d'améliorer les mécanismes d'utilisabilité (e.g., le rythme cardiaque, la respiration, l'activité électrodermale, l'activité cérébrale, la tension musculaire).

Néanmoins, des problèmes sont pointés, liés à la robustesse, à l'évolutivité et à l'adaptabilité des capteurs physiologiques en matière de mesure continue et dans des environnements hétérogènes (en dehors des conditions de laboratoire) [18]. De plus, il est encore difficile d'appréhender les effets à long-terme, au-delà de l'interaction. Enfin, la difficulté d'interprétation d'informations physiologiques peut être à l'origine d'une grande source d'ambiguïté (e.g., besoin de contexte, hétérogénéité du public, qualité de la mesure, variabilité des interprétations), comme peuvent le montrer les travaux sur l'informatique affective [83, 86].

4.2.2 *Un besoin de monter en compétences.* Quelques travaux invitent les chercheurs et designers à monter en compétences sur des disciplines techniques. C'est essentiel pour appréhender la subtilité de chaque point de mesure physiologique (e.g., l'occulométrie [46]).

*To meet such rigorous standards, HCI researchers must develop expertise in each discipline. There is a need to provide a shared framework and guidelines to support HCI research using physiological signals.* [18]

Or, les différents niveaux d'expertises requis sont issus de champs de recherche à part entière en cours de développement. Cela ajoute à la complexité de la tâche. Signe de la prise de conscience, un premier atelier « *PhysioCHI* » sur ces thématiques s'est tenu à CHI en 2023 [18] (*il s'agit d'un appel à participation, les résultats de l'atelier seront publiés sur la plateforme CEUR Workshop Proceedings*). Il visait à informer et soutenir des chercheurs et designers sur la compréhension des fonctions physiologiques, encourager les échanges interdisciplinaires sur la facilité d'utilisation, le niveau de maturité des capteurs, la science ouverte et l'éthique liée à l'utilisation de données physiologiques en IHM.

4.2.3 *L'importance des principes de la science ouverte.* Les biosignaux sont des données sensibles intrinsèquement privées [56] et nécessitent la mise en place de précaution particulière (e.g., sécurisation des données, gestion du consentement). L'un des principaux freins à leur démocratisation est le manque d'homogénéité dans les standards et entre les différents secteurs d'activités (e.g., santé, industrie, secteur public). L'atelier « *PysioCHI* » [18] mets en avant les principes de la science ouverte (e.g., les principes FAIR pour *Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*), avec la mise en avant d'initiative de références (e.g., *OpenNeuro, PhysioLabXR* [49], *IEEE Neuroethics Framework* [79]), pour garantir une utilisation régulée des biosignaux. Par ailleurs, les principes FAIR se démocratisent et sont désormais valorisés par la communauté scientifique : « *The Association for Computing Machinery (ACM) introduced badges to reward research transparency, acknowledging the broader movement toward open science* » [18]. Ces principes sont appuyés par une série d'articles de Bernal et al. [5–7], promouvant l'approche *Open Source* pour encourager l'accès à l'expérimentation. Le degré d'ouverture des algorithmes est, en outre, jugé déterminant pour examiner l'intégrité des données, limiter les biais et les conflits d'intérêt.

### 4.3 Du design spéculatif aux premières modélisations centrée sur l'humain

4.3.1 *Projection dans des scénarios d'usages.* Parmi notre sélection, 5 études correspondent à des ateliers menés par des designers. Ils ont pour but d'identifier les freins en termes d'acceptabilité ou d'utilisabilité de telles technologies. Ces ateliers mobilisent principalement la méthode du design spéculatif. Comme indiqué par Tseng et al. [80], citant le dilemme de Collingridge [84], le choix de cette méthode peut s'expliquer par un manque de cas d'usage et des données en quantité limitée.

Pour contourner ce manque de matière première, les designers opèrent un repli méthodologique vers une approche prospective incluant la coconstruction de scénarios spéculatifs [23, 34, 36, 80]. Ces scénarios permettent ainsi d'alimenter le débat et identifier des directions de recherche pour imaginer des contre-mesures. Ces travaux, centrés-utilisateur, explorent des angles technologiques différents. Cependant, aucun ne semble s'être intéressé en particulier à la question des données physiologiques. Seul Pai et al. [64] a réalisé un atelier d'idéation directement associé à la prise en compte de la réponse physiologique « *An Assistive Bioresponsive Platform For Emotional Experience Sharing* ».

En complément des travaux précédents, notre sélection a également permis d'identifier des cas d'usages spécifiques, tous datant de 2023 : un atelier sur la manipulation de la mémoire [9], une étude sur l'altération de l'identité sociale [10], un état de l'art sur l'adaptation à la neurodiversité [43], un état de l'art sur l'ingénierie du rêve [16]. Ces ateliers

permettront de proposer des séries de contre-mesures à évaluer, qui pourraient, après validation, être intégrés dans des modèles.

*4.3.2 Émergence d'une nouvelle génération de modèle.* Notre sélection a permis d'identifier le modèle E3XR [48] proposé par Lee et Hu-Au. Il s'agit d'un cadre analytique pour la conception en XR. Néanmoins, les aspects biométriques sont abordés de manière peu développée. De plus, ils sont centrés sur des applicatifs en éducation. L'état de l'art associé s'inspire du domaine émergent des technologies positives (voir dans ce cadre [32]) et les travaux de Calvo et Peters [14, 15] qui ont proposé le modèle METUX (*Motivation, Engagement and Thriving in User Experience*) [65].

L'originalité de ces deux modèles, E3XR et METUX, est d'envisager les questions d'un point de vue humain-centré, et non techno-centré, et s'intéresser à l'impact à long terme [40] de l'expérience des utilisateurs selon un angle eudémonique [25, 38] (i.e., orienté vers le bien-être) et non exclusivement hédoniste (i.e., orienté vers le plaisir immédiat).

“E3XR, a framework that serves as an analytical lens to determine the ethics, learning theory and human flourishing aspects of an XR design” [48, p. 1]

## 5 CONCLUSION

Les résultats de ces travaux mettent en évidence le caractère émergent de l'intégration de l'éthique par les chercheurs et les designers dans leurs activités de conception en XR-adaptative. Les études menées sont encore largement techno-centrée, notamment face aux difficultés de se projeter dans des cas d'usage et en l'absence de données solides.

Un travail d'appropriation pluridisciplinaire est requis, impliquant une montée en compétences des chercheurs et des designers, sur trois principales dimensions :

- (1) Les sciences humaines et sociales (SHS), en particulier en philosophie et en psychologie, ont identifié de nombreux leviers permettant de sensibiliser aux enjeux éthique et appréhender une forme de vulnérabilité universelle des usagers. On voit l'émergence d'outil pour soutenir une approche centrée sur l'humain (manifeste, grille de recommandations, standards, moyen de régulation) ;
- (2) Les sciences et techniques (STS) pointent les freins technologiques encore persistant à une démocratisation de dispositifs personnels et portatifs, embarquant des capacités de mesures physiologiques, et l'importance des valeurs de la science ouverte pour soutenir un effort d'appropriation collectif et vertueux. L'importance de la bioéthique est centrale pour préserver ces valeurs ;
- (3) Les sciences du design et de l'éducation vont permettre de développer de nouveau modèle pour opérationnaliser ces nouvelles compétences, en incluant la dimension temporelle des effets de ces technologies de XR-adaptative sur le bien-être des utilisateurs à court et long terme. Les modèles METUX, E3XR et d'autres à identifier [30] ouvrent de nouveaux horizons dans la mise en place de dispositif de formation entre pair.

L'alignement de ces trois axes de recherche apparait comme une opportunité d'intégrer mutuellement ces réflexions, en phase avec la démocratisation progressive des technologies de XR adaptative, en opposition aux tentatives de régulation tardives et complexes dans un stade de développement saturé (e.g., design de la manipulation, temps d'écran des enfants, algorithme des réseaux sociaux).

La suite de nos travaux de recherche s'intéressera à élargir le périmètre de cet état de l'art à l'image des travaux de juriste [51] et à la manière d'opérationnaliser les compétences d'une nouvelle génération de chercheurs et designers à la conception de technologies XR-adaptatives holistiques, en mobilisant les outils méthodologiques de l'ergonomie (e.g., heuristique [24, 71]).

## RÉFÉRENCES

- [1] Dor Abrahamson. 2019. Embodied Design. <https://edrl.berkeley.edu/glossary/embodied-design/>
- [2] Asam Almohamed, Dhaval Vyas, and Jinglan Zhang. 2018. Designing for refugees : insights from design workshop. In *Proceedings of the 30th Australian Conference on Computer-Human Interaction (OzCHI '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 92–96. <https://doi.org/10.1145/3292147.3292196>
- [3] Anne Alombert and Olga Kokshagina. 2022. *Votre attention, s'il vous plaît! Quels leviers face à l'économie de l'attention?* Technical Report 5. Conseil National du Numérique. 85 pages. <https://cnnumerique.fr/votre-attention-sil-vous-plait-quels-leviers-face-leconomie-de-lattention>
- [4] Christopher Baker and Stephen H. Fairclough. 2022. Chapter 9 - Adaptive virtual reality. In *Current Research in Neuroadaptive Technology*, Stephen H. Fairclough and Thorsten O. Zander (Eds.). Academic Press, 159–176. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821413-8.00014-2>
- [5] Guillermo Bernal, Nelson Hidalgo, Conor Russomanno, and Pattie Maes. 2022. Galea : A physiological sensing system for behavioral research in Virtual Environments. In *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. 66–76. <https://doi.org/10.1109/VR51125.2022.00024> ISSN : 2642-5254.
- [6] Guillermo Bernal, Sean M. Montgomery, and Pattie Maes. 2021. Brain-Computer Interfaces, Open-Source, and Democratizing the Future of Augmented Consciousness. *Frontiers in Computer Science* 3 (2021). <https://doi.org/10.3389/fcomp.2021.661300> Publisher : Frontiers.
- [7] Guillermo Bernal, Tao Yang, Abhinandan Jain, and Pattie Maes. 2018. PhysioHMD : a conformable, modular toolkit for collecting physiological data from head-mounted displays. In *Proceedings of the 2018 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 160–167. <https://doi.org/10.1145/3267242.3267268>
- [8] Carl Boel, Kim Dekeyser, Fien Depaepe, Luis Quintero, Tom van Daele, and Brenda Wiederhold. 2023. *Extended reality : opportunities, success stories and challenges (health, education) : final report*. Technical Report. Publications Office of the European Union, European Commission. 202 pages. <https://data.europa.eu/doi/10.2759/121671>
- [9] Elise Bonnaill, Wen-Jie Tseng, Mark McGill, Eric Lecolinet, Samuel Huron, and Jan Gugenheimer. 2023. Memory Manipulations in Extended Reality. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–20. <https://doi.org/10.1145/3544548.3580988>
- [10] Jolie Bonner, Florian Mathis, Joseph O'Hagan, and Mark McGill. 2023. When Filters Escape the Smartphone : Exploring Acceptance and Concerns Regarding Augmented Expression of Social Identity for Everyday AR. In *Proceedings of the 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3611659.3615707>
- [11] Philip Brey. 1999. The ethics of representation and action in virtual reality. *Ethics and Information Technology* 1, 1 (March 1999), 5–14. <https://doi.org/10.1023/A:1010069907461>
- [12] Harry Brignull, Marc Leiser, Cristiana Santos, and Kosha Doshi. 2023. Deceptive patterns – user interfaces designed to trick you. <https://www.deceptive.design/>
- [13] Kent Bye, Diane Hosfelt, Sam Chase, Matt Miesnieks, and Taylor Beck. 2019. The ethical and privacy implications of mixed reality. In *ACM SIGGRAPH 2019 Panels (SIGGRAPH '19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3306212.3328138>
- [14] Rafael A. Calvo and Dorian Peters. 2014. *Positive Computing : Technology for Wellbeing and Human Potential*. The MIT Press, Cambridge, MA. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9764.001.0001>
- [15] Rafael A. Calvo and Dorian Peters. 2017. Positive Computing : Research & Practice in Wellbeing Technology. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1220–1223. <https://doi.org/10.1145/3027063.3027099>
- [16] Michelle Carr, Adam Haar, Judith Amores, Pedro Lopes, Guillermo Bernal, Tomás Vega, Oscar Rosello, Abhinandan Jain, and Pattie Maes. 2020. Dream engineering : Simulating worlds through sensory stimulation. *Consciousness and Cognition* 83 (Aug. 2020), 102955. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102955>
- [17] Ke Wan Ching and Manmeet Mahinderjit Singh. 2016. Wearable Technology Devices Security and Privacy Vulnerability Analysis. *International Journal of Network Security & Its Applications* 8, 3 (May 2016), 19–30. <https://doi.org/10.5121/ijnsa.2016.8302>
- [18] Francesco Chiossi, Ekaterina Stepanova, Benjamin Tag, Monica Perusquia Hernández, Alexandra Kitson, Arindam Dey, Sven Mayer, and Abdallah El Ali. 2023. PhysioCHI : Towards Best Practices for Integrating Physiological Signals in HCI. <https://doi.org/10.1145/3613905.3636286>
- [19] Yves Citton and Jonathan Crary (Eds.). 2014. *L'économie de l'attention : nouvel horizon du capitalisme?* La Découverte, Paris. OCLC : ocn882902971.
- [20] Collectif. 2018. Il faut « développer la culture numérique dès le plus jeune âge ». *Le Monde.fr* (Jan. 2018). [https://www.lemonde.fr/idees/article/2018/01/31/il-faut-developper-la-culture-numerique-des-le-plus-jeune-age\\_5249740\\_3232.html](https://www.lemonde.fr/idees/article/2018/01/31/il-faut-developper-la-culture-numerique-des-le-plus-jeune-age_5249740_3232.html)
- [21] Ana Maria Bustamante Duarte, Nina Brendel, Auriol Degbelo, and Christian Kray. 2018. Participatory Design and Participatory Research : An HCI Case Study with Young Forced Migrants. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 25, 1 (2018), 3 :1–3 :39. <https://doi.org/10.1145/3145472>
- [22] Laura Déléant, J. M. Christian Bastien, and Valérie Fointiat. 2019. Les technologies persuasives pour favoriser les attitudes et/ou comportements pro environnementaux. *Revue de la littérature des travaux en psychologie sociale et interaction homme-machine*. In *4ème colloque de psychologie sociale de la communication : "De la communication interpersonnelle aux interactions virtuelles"*. Metz, France. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02333143>
- [23] Chloe Eghtebas, Gudrun Klinker, Susanne Boll, and Marion Koelle. 2023. Co-Speculating on Dark Scenarios and Unintended Consequences of a Ubiquitous(ly) Augmented Reality. In *Proceedings of the 2023 ACM Designing Interactive Systems Conference (DIS '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2392–2407. <https://doi.org/10.1145/3563657.3596073>

- [24] João Marcelo Evangelista Belo, Anna Maria Feit, Tiare Feuchtner, and Kaj Grønbaek. 2021. XRgonomics : Facilitating the Creation of Ergonomic 3D Interfaces. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–11. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445349>
- [25] Stéphane Faedda. 2023. Générer et évaluer des expériences eudémoniques en contexte scolaire : étude du potentiel des interfaces tangibles. Troyes, France. <https://hal.science/hal-04042317>
- [26] Nita A. Farahany. 2023. *The battle for your brain : defending the right to think freely in the age of neurotechnology* (first edition ed.). St. Martin's Press, New York.
- [27] Alessandro Fenicio. 2019. *Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine et Persuasion Technologique : étude du concept de Chemin Persuasif*. These de doctorat. Université Grenoble Alpes (ComUE). <https://www.theses.fr/2019GREAM035>
- [28] B.J. Fogg. 2003. *Persuasive Technology : Using Computers to Change What We Think and Do*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.
- [29] Harry G. Frankfurt. 1988. *The Importance of What We Care About : Philosophical Essays* (1 ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511818172>
- [30] Philippe Fuchs, Yann Toullec, Bahman Ajang, and Alexandre Chiriack. 2019. *Charte de recommandations sur l'usage de la Réalité Virtuelle*. Technical Report. GIE VR Connection. 61 pages. <https://www.vr-connection.com/comite-dethique-vr/charte-de-recommandations/>
- [31] Miguel Gomez-Hernandez, Xavier Ferre, Cristian Moral, and Elena Villalba-Mora. 2023. Design Guidelines of Mobile Apps for Older Adults : Systematic Review and Thematic Analysis. *JMIR mHealth and uHealth* 11, 1 (Sept. 2023), e43186. <https://doi.org/10.2196/43186> Company : JMIR mHealth and uHealth Distributor : JMIR mHealth and uHealth Institution : JMIR mHealth and uHealth Label : JMIR mHealth and uHealth Publisher : JMIR Publications Inc., Toronto, Canada.
- [32] Guendalina Graffigna, Serena Barello, Brenda K. Wiederhold, A. Claudio Bosio, and Giuseppe Riva. 2013. Positive technology as a driver for health engagement. *Studies in Health Technology and Informatics* 191 (2013), 9–17. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23792833/>
- [33] Colin M. Gray, Yubo Kou, Bryan Battles, Joseph Hoggatt, and Austin L. Toombs. 2018. The Dark (Patterns) Side of UX Design. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–14. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174108>
- [34] David Philip Green, Guy Peter Schofield, James Hodge, Mandy Rose, Kirsten Cater, Chris Bevan, and Stuart Iain Gray. 2019. Using Design Fiction to Explore the Ethics of VR 'In the Wild'. In *Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video (TVX '19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 293–299. <https://doi.org/10.1145/3317697.3323346>
- [35] Judith Guez. 2015. *Illusions entre le réel et le virtuel (IRV) comme nouvelles formes artistiques : présence et émerveillement*. These de doctorat. Paris 8. <https://www.theses.fr/2015PA080109>
- [36] Jan Gugenheimer, Mark McGill, Samuel Huron, Christian Mai, Julie Williamson, and Michael Nebeling. 2020. Exploring Potentially Abusive Ethical, Social and Political Implications of Mixed Reality Research in HCI. In *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '20)*. Association for Computing Machinery, Honolulu, HI, USA, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3334480.3375180>
- [37] Hubert Guillaud. 2022. *Coincés dans Zoom : à qui profite le télétravail ?* Fyp éditions, Limoges. <https://boutique.fypeditions.com/products/coincees-dans-zoom-a-qui-profite-le-teletravail>
- [38] Peter A. Hancock, Aaron A. Pepe, and Lauren L. Murphy. 2005. Hedonomics : The Power of Positive and Pleasurable Ergonomics. *Ergonomics in Design* 13, 1 (Jan. 2005), 8–14. <https://doi.org/10.1177/106480460501300104> Publisher : SAGE Publications Inc.
- [39] Estelle Hary. 2019. Dark patterns : quelle grille de lecture pour les réguler? <https://linc.cnil.fr/fr/dark-patterns-quelle-grille-de-lecture-pour-les-reguler>
- [40] Cristina Hermosa Perrino and Michael Burmester. 2020. Designing for Temporal Harmony : Exploring the Well-Being Concept for Designing the Temporal Dimension of User Experience. *Multimodal Technologies and Interaction* 4, 3 (Sept. 2020), 66. <https://doi.org/10.3390/mti4030066> Number : 3 Publisher : Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- [41] C. Barry Hoffmaster. 2006. What Does Vulnerability Mean? *Hastings Center Report* 36, 2 (2006), 38–45. <https://doi.org/10.1353/hcr.2006.0024>
- [42] Comité international de bioéthique. 2011. *Rapport du CIB sur le principe du respect de la vulnérabilité humaine et de l'intégrité personnelle*. Technical Report. UNESCO, Paris. 15 pages. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189591\\_fire\\_SHS/EST/CIB-17/10/CONF.501/2\\_REV2](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000189591_fire_SHS/EST/CIB-17/10/CONF.501/2_REV2).
- [43] David Jones, Shiva Ghasemi, Denis Gračanin, and Mohamed Azab. 2023. Privacy, Safety, and Security in Extended Reality : User Experience Challenges for Neurodiverse Users. In *HCI for Cybersecurity, Privacy and Trust (Lecture Notes in Computer Science)*, Abbas Moallem (Ed.). Springer Nature Switzerland, Cham, 511–528. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35822-7\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35822-7_33)
- [44] Kent Bye. 2019. XR Ethics Manifesto. <https://www.youtube.com/watch?v=CXgY3YXxqJ8>
- [45] Michael H. Kottow. 2005. Vulnerability : What kind of principle is it? *Medicine, Health Care and Philosophy* 7, 3 (Jan. 2005), 281–287. <https://doi.org/10.1007/s11019-004-6857-6>
- [46] Jacob Leon Kröger, Otto Hans-Martin Lutz, and Florian Müller. 2019. What Does Your Gaze Reveal About You? On the Privacy Implications of Eye Tracking. In *Privacy and Identity Management. Data for Better Living : AI and Privacy*, Vol. 576. Springer, Cham, Windisch, Switzerland, 226–241. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42504-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42504-3_15)
- [47] Glyn Lawson, Davide Salanitri, and Brian Waterfield. 2015. VR Processes in the Automotive Industry. In *Human-Computer Interaction : Users and Contexts*, Masaaki Kurosu (Ed.). Vol. 9171. Springer International Publishing, Cham, 208–217. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-21006-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21006-3_21)

- [48] Joey J. Lee and Elliot Hu-Au. 2021. E3XR : An Analytical Framework for Ethical, Educational and Eudaimonic XR Design. *Frontiers in Virtual Reality* 2 (2021). <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/frvir.2021.697667>
- [49] Ziheng 'Leo' Li, Haowen 'John' Wei, Ziwen Xie, Yunxiang Peng, June Pyo Suh, Steven Feiner, and Paul Sajda. 2024. PhysioLabXR : A Python Platform for Real-Time, Multi-modal, Brain–Computer Interfaces and Extended Reality Experiments. *Journal of Open Source Software* 9, 93 (Jan. 2024), 5854. <https://doi.org/10.21105/joss.05854>
- [50] Marie Liendle. 2012. Vulnérabilité. In *Les concepts en sciences infirmières*. Association de Recherche en Soins Infirmiers, Toulouse, 304–306. <https://doi.org/10.3917/arsi.forma.2012.01.0304>
- [51] Sjors Ligthart, Marcello Ienca, Gerben Meynen, Fruzsina Molnar-Gabor, Roberto Andorno, Christoph Bublitz, Paul Catley, Lisa Claydon, Thomas Douglas, Nita Farahany, Joseph J. Fins, Sara Goering, Pim Haselager, Fabrice Jotterand, Andrea Lavazza, Allan McCay, Abel Wajnerman Paz, Stephen Rainey, Jesper Ryberg, and Philipp Kellmeyer. 2023. Minding Rights : Mapping Ethical and Legal Foundations of 'Neurorights'. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics* 32, 4 (Oct. 2023), 461–481. <https://doi.org/10.1017/S0963180123000245> Publisher : Cambridge University Press.
- [52] Sjors Ligthart, Gerben Meynen, Nikola Biller-Andorno, Tijds Kooijmans, and Philipp Kellmeyer. 2022. Is Virtually Everything Possible? The Relevance of Ethics and Human Rights for Introducing Extended Reality in Forensic Psychiatry. *AJOB neuroscience* 13, 3 (2022), 144–157. <https://doi.org/10.1080/21507740.2021.1898489>
- [53] Jamie Luguri and Lior Strahilevitz. 2019. *Shining a Light on Dark Patterns*. SSRN Scholarly Paper ID 3431205. Social Science Research Network, Rochester, NY. <https://papers.ssrn.com/abstract=3431205>
- [54] Rocci Luppini. 2009. The Emerging Field of Technoethics. In *Handbook of Research on Technoethics*. IGI Global, Hershey, PA, 1–19. <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/21568> Archive Location : emerging-field-technoethics ISBN : 9781605660226 Publisher : IGI Global.
- [55] Michael Madary and Thomas K. Metzinger. 2016. Real Virtuality : A Code of Ethical Conduct. Recommendations for Good Scientific Practice and the Consumers of VR-Technology. *Frontiers in Robotics and AI* 3 (2016). <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00003>
- [56] McGill Mark. 2021. *The IEEE Global Initiative on Ethics of Extended Reality (XR) Report—Extended Reality (XR) and the Erosion of Anonymity and Privacy*. Technical Report. IEEE. 1–24 pages. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9619999> Conference Name : Extended Reality (XR) and the Erosion of Anonymity and Privacy - White Paper.
- [57] Arunesh Mathur, Gunes Acar, Michael J. Friedman, Elena Lucherini, Jonathan Mayer, Marshini Chetty, and Arvind Narayanan. 2019. Dark Patterns at Scale : Findings from a Crawl of 11K Shopping Websites. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction* 3, CSCW (Nov. 2019), 1–32. <https://doi.org/10.1145/3359183> arXiv : 1907.07032.
- [58] Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, and Fumio Kishino. 1995. Augmented reality : a class of displays on the reality-virtuality continuum. In *Telem manipulator and Telepresence Technologies*, Vol. 2351. International Society for Optics and Photonics, Boston, MA, United States, 282–292. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- [59] Yosra Mourali, Benoit Barathon, Maxime Bourgeois Colin, Sondès Chaabane, Raja Fassi, Yohan Guerrier, Dorothee Guilain, Christophe Kolski, Yoann Lebrun, Sophie Lepreux, and Jason Sauve. 2023. Conception centrée utilisateur d'un jeu sérieux sur table interactive avec objets tangibles : application au handicap en entreprise. Université de Technologie de Troyes, Troyes, France. <https://doi.org/hal-04045921>
- [60] Giovanna Nunes Vilaza, Kevin Doherty, Darragh McCashin, David Coyle, Jakob Bardram, and Marguerite Barry. 2022. A Scoping Review of Ethics Across SIGCHI. In *Proceedings of the 2022 ACM Designing Interactive Systems Conference (DIS '22)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 137–154. <https://doi.org/10.1145/3532106.3533511>
- [61] OCDE. 2020. *How's Life? 2020 : Measuring Well-being*. Technical Report. Éditions OCDE, Paris. <https://www.oecd.org/wise/better-life-initiative.htm>
- [62] Joseph O'Hagan, Jan Gugenheimer, Jolie Bonner, Florian Mathis, and Mark McGill. 2023. Augmenting People, Places & Media : The Societal Harms Posed by Everyday Augmented Reality, and the Case for Perceptual Human Rights. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '23)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 219–229. <https://doi.org/10.1145/3626705.3627782>
- [63] Harri Oinas-Kukkonen and Marja Harjumaa. 2009. Persuasive Systems Design : Key Issues, Process Model, and System Features. *Communications of the Association for Information Systems* 24, 1 (March 2009). <https://doi.org/10.17705/1CAIS.02428>
- [64] Yun Suen Pai, Mark Armstrong, Kinga Skiers, Anish Kundu, Danyang Peng, Yixin Wang, Tamil Selvan Gunasekaran, Chi-Lan Yang, and Kouta Minamizawa. 2023. The Empathic Metaverse : An Assistive Bioresponsive Platform For Emotional Experience Sharing. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.16610> arXiv :2311.16610 [cs].
- [65] Dorian Peters, Rafael A. Calvo, and Richard M. Ryan. 2018. Designing for Motivation, Engagement and Wellbeing in Digital Experience. *Frontiers in Psychology* 9, Sec. Human-Media Interaction (May 2018), 797. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00797>
- [66] Karl Pineau. 2022. Si designer c'est manipuler. Quelle est l'intention? Échange avec Karl Pineau. <https://cnnumerique.fr/si-designer-cest-manipuler-quelle-est-lintention-echange-avec-karl-pineau>
- [67] Karl Pineau and Aurelia Fabre. 2021. Évaluer la captologie et le design persuasif des services numériques. Approche empirique de mesure de la persuasion et proposition d'une matrice d'évaluation. *I2D - Information, données & documents* 2, 2 (2021), 151–173. <https://doi.org/10.3917/i2d.212.0151> Place : Paris Publisher : A.D.B.S.
- [68] Michel Puech. 2016. Une éthique de sagesse pour l'ère de la technologie : pourquoi et surtout comment? *Revue française d'éthique appliquée* 1, 1 (2016), 113–117. <https://doi.org/10.3917/rfeap.001.0113> Place : Toulouse Publisher : Érès.
- [69] Jon Rueda. 2023. Doing Good With Virtual Reality : The Ethics of using Virtual Simulations for Improving Human Morality. In *Exploring Extended Realities*. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003359494-14/good-virtual-reality-jon-rueda> Num Pages : 25.

- [70] Jon Rueda and Francisco Lara. 2020. Virtual Reality and Empathy Enhancement : Ethical Aspects. *Frontiers in Robotics and AI* 7 (2020). <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.506984> Publisher : Frontiers.
- [71] Danny Schott, Julia Moritz, Christian Hansen, and Fabian Joeres. 2023. The UUXR-Framework : A Draft Classification for Using Extended Reality in Usability and User Experience Research. In *ISMAR-Adjunct*. IEEE Computer Society, Sydney, Australia, 460–465. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct60411.2023.00100>
- [72] Carly Seedal, Tom Lindemann, Renate Klar, and Lisa Tambornino. 2023. *Criteria for ethical review by RECs in emerging technology research*. Technical Report. <https://www.techethos.eu/criteria-for-ethical-review-by-recs/>
- [73] Kshitij Sharma and Michail Giannakos. 2021. Sensing technologies and child–computer interaction : Opportunities, challenges and ethical considerations. *International Journal of Child-Computer Interaction* 30 (Dec. 2021), 100331. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100331>
- [74] Richard Skarbez, Missie Smith, and Mary C. Whitton. 2021. Revisiting Milgram and Kishino’s Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers in Virtual Reality* 2 (March 2021), 647997. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.647997> Publisher : Frontiers.
- [75] Felicity Slater. 2023. The Future of Manipulative Design Regulation. <https://fpf.org/blog/the-future-of-manipulative-design-regulation/> Section : Blog.
- [76] Mel Slater. 2021. Beyond Speculation About the Ethics of Virtual Reality : The Need for Empirical Results. *Frontiers in Virtual Reality* 2 (2021), 81. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.687609>
- [77] Mel Slater, Cristina Gonzalez-Lienres, Patrick Haggard, Charlotte Vinkers, Rebecca Gregory-Clarke, Steve Jelley, Zillah Watson, Graham Breen, Raz Schwarz, William Steptoe, Dalila Szostak, Shivashankar Halan, Deborah Fox, and Jeremy Silver. 2020. The Ethics of Realism in Virtual and Augmented Reality. *Frontiers in Virtual Reality* 1 (2020). <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.00001> Publisher : Frontiers.
- [78] James S. Spiegel. 2018. The Ethics of Virtual Reality Technology : Social Hazards and Public Policy Recommendations. *Science and Engineering Ethics* 24, 5 (Oct. 2018), 1537–1550. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9979-y>
- [79] IEEE Brain Neuroethics Subcommittee. 2021. *IEEE Neuroethics Framework : Addressing the Ethical, Legal, Social, and Cultural Implications of Neurotechnology*. Technical Report. IEEE Brain. 2 pages. <https://brain.ieee.org/publications/ieee-neuroethics-framework/>
- [80] Wen-Jie Tseng, Elise Bonnail, Mark McGill, Mohamed Khamis, Eric Lecolinet, Samuel Huron, and Jan Gugenheimer. 2022. The Dark Side of Perceptual Manipulations in Virtual Reality. In *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, New Orleans LA USA, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3491102.3517728>
- [81] Maarten Van Mechelen, Gökçe Elif Baykal, Christian Dindler, Eva Eriksson, and Ole Sejer Iversen. 2020. 18 Years of ethics in child-computer interaction research : a systematic literature review. In *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference (IDC '20)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 161–183. <https://doi.org/10.1145/3392063.3394407>
- [82] Xian Wang, Lik-Hang Lee, Carlos Bermejo Fernandez, and Pan Hui. 2023. The Dark Side of Augmented Reality : Exploring Manipulative Designs in AR. (March 2023). <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2188799>
- [83] 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 (July 2022), 19–52. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.03.009>
- [84] Wikipédia. 2022. Dilemme de Collingridge. [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dilemme\\_de\\_Collingridge&oldid=192343181](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Dilemme_de_Collingridge&oldid=192343181) Page Version ID : 192343181.
- [85] Nick Yee and Jeremy Bailenson. 2007. The Proteus Effect : The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior. *Human Communication Research* 33, 3 (July 2007), 271–290. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2007.00299.x> Publisher : Oxford Academic.
- [86] 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. (March 2023). <https://hal.science/hal-04046144>
- [87] Ruo-Qiao Zhao and Li-Hao Chen. 2020. Research on Interface Design for the Elderly. In *HCI International 2020 - Posters (Communications in Computer and Information Science)*. Constantine Stephanidis and Margherita Antona (Eds.). Springer International Publishing, Cham, 128–135. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50732-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50732-9_18)

## A ANNEXE

Liste des publications sélectionnées pour ce travail, classées par ordre alphabétique du premier auteur :

Réf	Titre raccourcis	Auteurs	Année	Type
6	BCI, Open-Source, and Democratizing AC	Bernal et al.	2021	Essai
9	Memory Manipulations in XR	Bonnail et al.	2023	Étude
10	When Filters Escape the Smartphone	Bonner et al.	2023	Étude
11	The ethics of representation and action in VR	Brey	1999	Essai
13	The ethical and privacy implications of MR	Bye et al.	2019	Essai
16	Dream engineering	Carr et al.	2020	État de l'art
18	PhysioCHI	Chiossi et al.	2023	Étude
23	Dark Scenarios of a UAR	Eghteabas et al.	2023	Étude
34	Ethics of VR 'In the Wild'	Green et al.	2019	Étude
36	Abusive Implications of MR Research in HCI	Gugenheimer et al.	2020	Étude
42	UX Challenges for Neurodiverse Users	Jones et al.	2023	État de l'art
48	E3XR	lee et al.	2021	Outil
55	Real Virtuality: A Code of Ethical Conduct.	Madary and Metzinger	2016	Essai
62	Augmenting People, Places & Media	O'Hagan et al.	2023	Essai
64	The Empathic Metaverse	Pai et al.	2023	Étude
65	METUX	Peters et al.	2018	Outil
69	Doing Good With VR	Rueda	2023	Essai
70	VR and Empathy Enhancement	Rueda et Lara	2020	Essai
72	Criteria for ethical review by RECs	Seedal et al.	2023	Outil
77	The Ethics of Realism in VR and AR	Slater et al.	2020	État de l'art
76	The Need for Empirical Results	Slater	2021	Essai
78	Social Hazards and Public Policy Reco.	Spiegel et al.	2018	Essai
80	VPPMs	Tseng et al.	2022	Étude
82	Exploring Manipulative Designs in AR	Wang et al.	2023	Étude

FIG. 2 – Prévisualisation de la liste des publications sélectionnées pour l'état de l'art. La première colonne correspond aux références bibliographiques.