

LIVRE BLANC

« Pour des technologies, usages et expériences immersives plus responsables »

Une démarche synthétique, prospective et multi-parties prenantes autour des impacts positifs et négatifs de la XR et des métavers

SIMPLON FOUNDATION
SIMPLON.CO
AGEFIPH & PLUS DE 30 ACTEURS

Coordination de la démarche et du livre blanc :

Simplon Foundation, Simplon.co
Avec le soutien de l'Agefiph.

Partenaires co-rédacteurs et contributeurs :

3Dathome, AESIO, Agefiph, CEPiR, CISCO, CNXR, Coopérative Carbone, DigiWorld Institute, Elyx & Fondation Elyx, Entropy, Euromersive, EY Fabernovel, Fédération Le Park Numérique, France Immersive Learning, Gatherverse, Greenspector, Havas, Meta, Microsoft, Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse, NP SOLUTIONS, OCTO Technology / Accenture, One Digital Nation, Orange, PWC, Renaissance Numérique, Simplon.co, Simplon Foundation, Marie-Christine Tan, Tiny Planets.

Relecture et maquette :

Agence Samba

Publication octobre 2023

Sommaire

L'Édito

p. 4

Méthodologie

p. 6

Diversité, inclusion et accessibilité

p. 9

Contexte et infos clés

p. 9

- Les questions qui fâchent
- Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables
- Agir ici et maintenant
- Horizon 2030 : perspectives
- « Protopies »
- Pour aller plus loin

p. 11

p. 12

p. 23

p. 24

p. 25

p. 26

Santé physique et mentale

p. 27

Contexte et infos clés

p. 27

- Les questions qui fâchent
- Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables
- Agir ici et maintenant
- Horizon 2030 : perspectives
- « Protopies »
- Pour aller plus loin

p. 30

p. 31

p. 38

p. 40

p. 41

p. 43

Écologie, climat et biodiversité

p. 44

Contexte et infos clés

p. 44

- Les questions qui fâchent
- Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables
- Agir ici et maintenant
- Horizon 2030 : perspectives
- « Protopies »
- Pour aller plus loin

p. 47

p. 49

p. 52

p. 53

p. 54

p. 55

Gouvernance, droit et régulation

p. 56

Contexte et infos clés

p. 56

- Les questions qui fâchent
- Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables
- Agir ici et maintenant
- Horizon 2030 : perspectives
- « Protopies »
- Pour aller plus loin

p. 59

p. 63

p. 71

p. 72

p. 73

p. 75

Annexes

p. 76

Partenaires

p. 82

Sources et ressources

p. 90

Alors que les technologies immersives gagnent du terrain, parce que les métavers n'existent pas encore et qu'après avoir été omniprésents, ils connaissent une sorte de désillusion aussi forte que la « hype » l'était il y a quelques mois, c'est précisément maintenant qu'il faut se poser les bonnes questions. Il est urgent de questionner le métavers sous l'angle de sa responsabilité et de sa soutenabilité, mais également d'élargir le propos aux technologies, aux usages et aux expériences immersives dans leur ensemble, et ainsi assurer à tous les utilisateurs des expériences vertueuses et positives.

Les technologies ont pu se déployer de manière irrationnelle, alternant enthousiasme et inquiétude, engouement et retour en arrière. Aujourd'hui, cela n'a jamais été aussi vrai. Après le web 2.0 et les réseaux sociaux, les smartphones et des « apps », puis l'IoT, c'est le Web3 qui pointe le bout de son nez avec la blockchain, les métavers, les IA génératives et bientôt l'informatique quantique¹. Le monde de la tech vit au rythme des emballements et des bulles qui se dégonflent. Bien souvent, ces alternances s'accompagnent de discours clivants, idéologiques, voire presque religieux (« j'y crois » ou « j'y crois pas ») et de perspectives solutionnistes ou bien dystopiques.

1. L'informatique quantique supraconductrice est une mise en œuvre d'un ordinateur quantique dans des circuits électroniques supraconducteurs.

Après un buzz incroyable (et une « panique morale » proportionnelle avec le spectre omniprésent de Ready Player One) autour des métavers, déclenché principalement par le changement de nom de Facebook en Meta et les investissements colossaux de Mark Zuckerberg sur le sujet (en 2022, Meta a perdu plus de 13,7 milliards de dollars dans son unité « Reality Labs », qui abrite ses efforts en matière de métavers), c'est donc le « flop des métavers » qui fait désormais la Une de l'actualité.

Pour autant, Meta et Deloitte tentent de rassurer et les initiatives et les investissements continuent (d'ici à 2035, entre 55 et 105 milliards d'euros de PIB additionnel par an en France et entre 259 et 489 milliards d'euros par an dans l'UE). Apple sortira en 2024 son masque de Spatial Computing (le Vision Pro), les projets se multiplient dans le monde de l'industrie, du gaming, de la santé, de la formation et de l'éducation, de la culture et du patrimoine... On parle « d'hiver » pour désigner les moments où l'intérêt se tarit autour de l'IA, mais on pourrait en dire autant de la XR, dont on peut faire remonter les origines aux années 50 (Sensorama et Telesphere Mask) et qui a connu depuis de nombreux flux et reflux (et ce n'est pas fini). Au moment où l'IA revient en mode « été », cela ne veut pas dire que l'immersif passe en mode « hiver », d'autant que toutes ces technologies sont liées : il y a des liens forts entre IA, Cloud, technologies immersives, cybersécurité...

Méthodologie

Démarche « métavers responsables » :
suivez le guide !

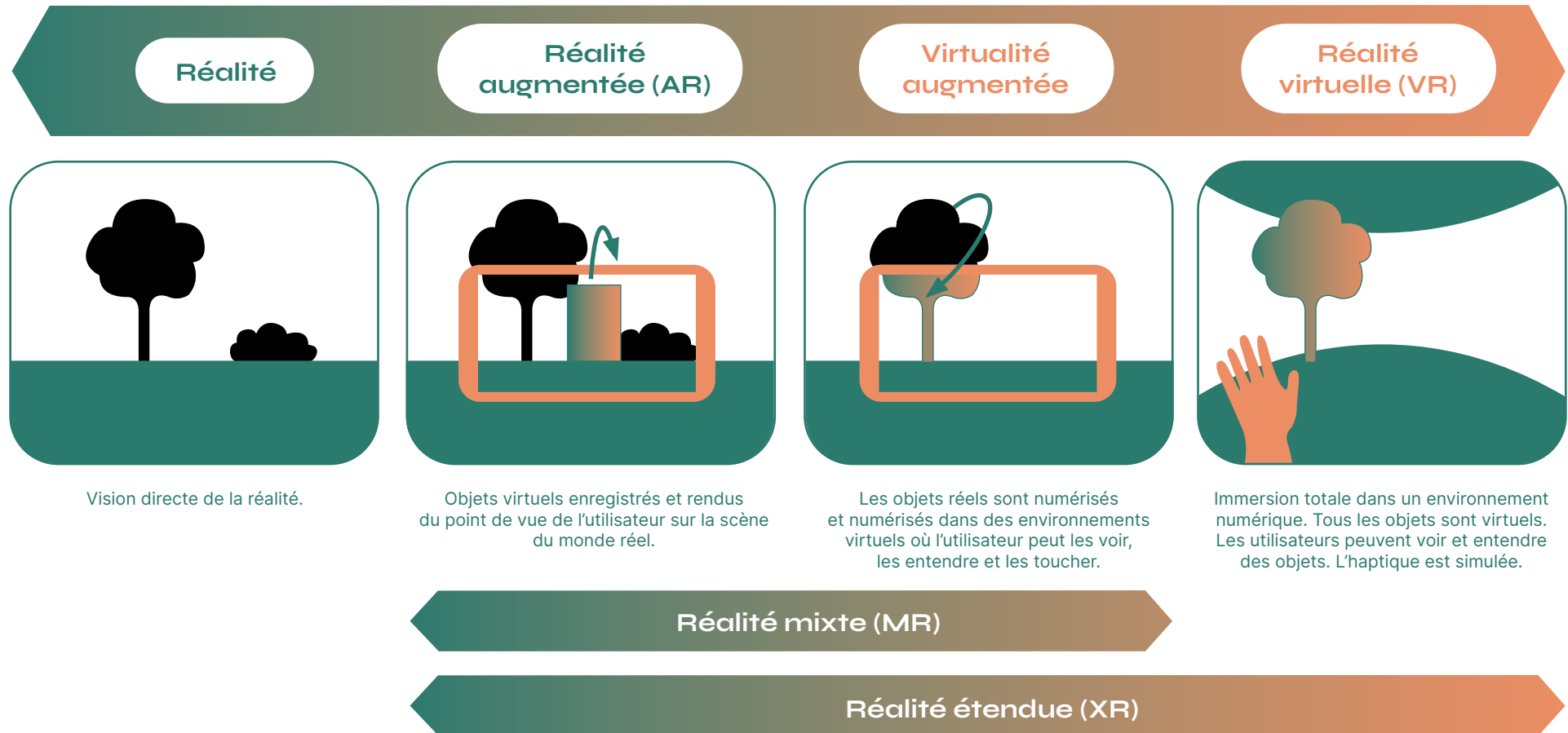
Ce livre blanc a donné lieu à des échanges passionnants et passionnés, des heures de discussions, de recherches et de lectures de rapports. Son ambition est modeste : synthétiser notre connaissance sur les impacts (positifs et négatifs) et les usages responsables des technologies immersives, principalement pour ce qui concerne la France et le monde francophone, et dans une moindre mesure au niveau international. Capitaliser sur les productions, les expérimentations et les expertises de plusieurs dizaines de personnes, qui elles-mêmes capitalisent des dizaines d'années de pratique de la XR, n'a pas été une chose simple. Voici comment nous avons procédé.

La première difficulté a été de circonscrire le périmètre de ce livre blanc. Le consensus unanime parmi les participants s'est cristallisé autour de l'idée qu'il fallait balayer toutes les technologies et tous les usages existants et possibles des technologies immersives : réalité virtuelle (VR), réalité augmentée (AR) et réalité mixte (MR), mais aussi vidéo 360°, expériences 3D « flat », métavers persistants ou non, expériences individuelles ou collectives, univers utilisant les technologies blockchain ou pas, sérieuses ou pas, etc. C'est pour cela que nous avons adopté la formulation « technologies, usages et expériences immersives ».

La tentation aurait été grande de dire « le vrai métavers, c'est ça, et donc pas ça », mais ça n'a pas été le choix qui rassemble les

contributeurs de ce rapport. Nous faisons écho en cela à la définition retenue par le rapport de la Mission exploratoire sur les métavers (Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, Ministère de la Culture ainsi que le Secrétariat d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques, Adrien Basdevant, Camille François, Rémi Ronfard, juin 2022) : « *Un métavers est un service en ligne donnant accès à des simulations d'espaces 3D temps réel, partagées et persistantes, dans lesquelles on peut vivre ensemble des expériences immersives. On peut y accéder avec ou sans visiocasque, et/ou commercer avec ou sans technologies Web3 (blockchain).* »

De la même façon, le CNXR (Conseil National de la XR) propose une définition plurielle : « *Pour certains, la dimension décentralisée/Web3/NFT est prépondérante, pour nous au CNXR c'est l'aspect immersif qui est spécifique. [...] La XR est indispensable pour parler de métavers. Hors XR, ce sont des mondes virtuels sociaux/multi-joueurs, le métavers est une évolution d'un ordre plus grand, plus englobant, d'où la notion de méta. C'est une échelle macro, conceptuelle, une nouvelle façon d'envisager notre rapport au numérique. Nos corps sont impliqués, comme cela est le cas en AR ou en VR.* »



Concernant les impacts, là aussi, il a fallu être à la fois ambitieux et modeste. Nous avons tenté de les objectiver (recensement, analyse, conclusions partielles, perspectives), alors que beaucoup de données clés manquent et que les initiatives « for good » sont peu nombreuses et parfois éphémères. Les impacts positifs sont aussi peu documentés que les négatifs (les efforts de mesure sont rares, et chers) et l'énergie est employée principalement à « faire » et à « tâtonner », les questions se posant bien souvent soit « après », soit « pas du tout ».

Mais, pour mettre fin au suspense :

- Oui, il existe des impacts positifs incontestables de la XR en termes d'immersion, de présence, d'interaction à distance, de télétravail, de simulation, de motivation et de fixation des apprentissages, à la fois sur les connaissances et les compétences. Ces effets peuvent être utilisés pour lutter contre les discriminations, éviter des déplacements, des actions dans le monde physique (et leurs impacts) et des situations dangereuses,

améliorer l'éducation et la formation, la recherche, la médecine, le business et donc l'emploi, rendre accessible la culture et le patrimoine, etc.

- Oui, il existe aussi des impacts négatifs avérés (sanitaires et relatifs à la santé, écologiques, sociaux et sociétaux, en termes de violations des droits, de vie privée, de gouvernance, de respect des personnes, etc.) et d'autres risques. Si Internet et les réseaux sociaux sont déjà porteurs de ces impacts, certains sont spécifiques à la XR.

Après avoir rappelé et détaillé ces impacts positifs et négatifs, nous avons fait primer la réalité objective et l'expertise des acteurs. S'est alors esquissée l'utilisation d'un référentiel commun - découlant de ceux qui ont cours dans le domaine du numérique responsable - pour juger de ces impacts. Les hypothèses, les approximations et les généralisations sont donc nombreuses, et donc les erreurs aussi, mais elles sont assumées et ne demandent qu'à être « challengées ». Nos choix de cas d'usage ne sont pas exhaustifs, nos scénarios 2030 très certainement contestables et notre volonté de se projeter après 2030 résolument en mode « utopique » et non dystopique.

Mais nous n'avons pas voulu céder ni à la stigmatisation des usages, ni à des comparaisons stériles destinées à discréditer la technologie au regard d'un seul impact négatif (voir [cet article](#) qui montre qu'il est plus écologique de jouer à des jeux vidéos ou à faire de la réalité virtuelle que de faire soi-même un dessert en le cuisant au four ou encore prendre sa voiture pour aller faire de l'escalade dans un parc naturel) car nous sommes convaincus qu'une analyse systématique des impacts est nécessaire. L'article [Le métaverse sauvera-t-il notre planète ?](#) propose quant à lui de « rester chez soi », car il s'agit d'une « respiration pour la planète »...

Suivant le découpage des tables rondes de l'événement fondateur du 12 octobre 2022, nous avons creusé quatre thématiques phares en mettant en exergue à la fois les éléments de contexte et les informations clés. Les « questions qui fâchent », les cas d'usages, les acteurs et les initiatives remarquables qui « font avancer le schmilblick » dans le bon sens permettent de rentrer pleinement dans les sujets. Nous assumons une posture utopique, ou plutôt « protopique » (voir p.25) sur les actions et les scénarios qui pourraient se dessiner à court, moyen et long terme.

La démarche « *Pour des technologies, des usages et des expériences immersives plus responsables* » de la Simplon Foundation et des présents contributeurs est éphémère et destinée à soutenir des initiatives plus responsables. Elle s'est donc également largement appuyée sur les travaux d'acteurs individuels, collectifs et d'organisations auxquels nous renvoyons tout au long de ce livre blanc.

Dans son étude pionnière de juin 2022 « [Value creation in the metaverse](#) », qui avait donné un potentiel de 5 000 milliards de dollars au métavers d'ici à 2030, McKinsey appelait à « maximiser l'expérience humaine » en construisant des métavers « *people-first* », non seulement « *sociaux mais sociétaux* », avec des « *designs responsables* » en faisant de « *l'accessibilité et de l'inclusion des fonctionnalités* » et en réduisant les « *frictions physiques et mentales dans l'adoption de ces technologies* ». De son côté, Meta mentionne que « *la poursuite du développement du métavers pourrait générer entre 259 et 489 milliards d'euros par an pour le PIB de l'Union européenne pour 2035.* » Il s'agit de 1,3 % à 2,4 % du PIB actuel. À l'international, Deloitte estime que les métavers rapporteront 3 600 milliards de dollars de PIB supplémentaires par an d'ici à 2035.

Diversité, inclusion et accessibilité

Contexte et infos clés

Métavers : remède ou poison ?

Selon l'Insee, 38% des usagers sous-accèdent au numérique en France. En cause, les aptitudes et compétences limitées, la connexion insuffisante, le matériel désuet, le défaut d'accessibilité des sites. Ce phénomène risque de s'aggraver avec le développement des technologies immersives et de creuser ces angles morts déjà existants pour le numérique (illectronisme, inaccessibilité).

Pour autant, dans l'étude [« Métavers l'infini et au-delà, quelles opportunités pour les marques ? »](#) de juin 2022, UserAdgents mentionne que 67% des personnes interrogées estiment que *« le virtuel est plus inclusif que le monde réel »*. 67% pensent encore que *« les mondes virtuels pourraient permettre de créer une société plus équitable »*. Mais qu'en est-il vraiment ?

Le renforcement des stéréotypes constitue une autre menace. Dans le dossier [« Génération jeux vidéo - En fait, tout va bien »](#), publié par le magazine Epsilon en mars 2023, Elisa Sarda, Maître de conférences à l'Université de Nantes, nous l'explique : *« Une grande partie des travaux déjà publiés tendent à montrer que les jeux à contenu sexiste ont une influence sur la vision que les joueurs ont*

des femmes. Certains jeux contribuent à augmenter les attitudes sexistes et renforcent certains préjugés. »

Malgré tout, les métavers offrent un fort potentiel en termes de diversité, d'inclusion et d'accessibilité. Selon l'étude [« A Systematic Review of Extended Reality \(XR\) for Understanding and Augmenting Vision Loss »](#), publiée en septembre 2021 par l'Université de Cornell, la XR peut être vue comme *« machine à empathie »*. Elle offre un outil très puissant de sensibilisation aux enjeux de développement durable, avec la « liberté des avatars » comme levier de diversité dans les représentations sociétales, le distanciel comme levier de mixité (« se sentir autorisé »), ou encore l'utilisation de la XR pour pallier certaines formes de handicap, par exemple visuels.

Il s'agit désormais de booster la diversité, l'accessibilité « by design » et de mettre la XR au service des objectifs du développement durable. Cet enjeu est d'autant plus important que les nouveaux usages en métavers sont très attendus dans les secteurs de l'éducation et de la formation ([Mission exploratoire sur les métavers](#), Adrien Basdevant, Camille François et Rémi Ronfard, octobre 2022).

Apports et limites des technologies immersives pour les différents types de handicap

La majorité des équipements XR n'est pas adaptée à de nombreux profils porteurs de handicap. Les contrôleurs, précisément, nécessitent d'avoir deux mains fonctionnelles et de savoir s'en servir. Du côté des casques de VR, on constate qu'aucun n'a été pensé pour les personnes sourdes, malentendantes, malvoyantes, aveugles, ou ayant un double handicap (surdicécité, personnes appareillées intra ou contour, implants cochléaires, etc.).

Il existe pourtant des réponses simples à ces problématiques. La fonctionnalité Bluetooth, par exemple, est capable de jumeler le casque aux appareils auditifs intra, contour et implants, ainsi que des appareils spécifiques comme les claviers adaptés. Il est également possible de prévoir des sous-titres en temps réel, en laissant aux utilisateurs le choix de la police de caractère, de la couleur et de la taille. On pourrait enfin imaginer repenser l'ergonomie des casques pour les contours d'oreille, les ports d'implants et de lunettes.

Apports d'un métavers à l'accessibilité et responsabilité native

Un casque de VR n'est « nativement » pas responsable. En revanche, il peut apporter des compromis sur d'autres besoins comme la mobilité (« Je ne peux pas me déplacer, donc ça m'aide »). Il est cependant important d'être vigilant sur les contournements au handicap quotidien. Les cas d'usages ici présentés sont bien relatifs à l'accessibilité des métavers.

- 1 En 2018, Microsoft lançait la **Microsoft Canetroller**, une canne haptique et sonore compatible avec les casques VR.
- 2 Le jeu vidéo adapté **Hitclit/Handigamer** propose des manettes adaptées à la X-box, qui prennent en compte les différentes problématiques de dextérité et de proximité.
- 3 Dans le cas du « hand tracking » (suivi des mains), il est possible d'utiliser des périphériques immersifs sans contrôleur. C'est une technologie assez prometteuse avec un enjeu industriel important. Trois entreprises se sont déjà positionnées sur ce créneau : Microsoft, Meta et **Ultraleap**. La limite : le système ne reconnaît pas les personnes qui n'auraient pas cinq doigts. Il faut donc travailler avec les utilisateurs pour assouplir le système, afin qu'il puisse reconnaître les situations où certains doigts manquent. Plusieurs technologies sont ainsi intégrées : l'eyetracking, la commande vocale, les interfaces neuronales directes (« brain-computer interfaces »), ou encore les technologies haptiques.

Les questions qui fâchent

n°1

COMBIEN COÛTE UN CASQUE DE RÉALITÉ VIRTUELLE ?

À l'heure actuelle, plus de deux milliards de personnes ne sont toujours pas connectées à Internet. Pour ce qui concerne les technologies immersives, c'est encore plus inégalitaire. Au-delà de la connectivité, il s'agit là de moyens financiers. Il existe plusieurs types et marques de casques de réalité virtuelle ou mixte dont les prix varient entre 200 et 4 000 euros en fonction de la gamme (qualité de l'affichage, du suivi du mouvement, de l'audio) et des fonctionnalités additionnelles (contrôleur de mouvement, réglage de la distance interpupillaire, réduction du bruit, etc.). Le résultat : les utilisateurs de la VR et des proto-métavers sont aujourd'hui principalement des gamers et des développeurs.

n°2

LES EXPÉRIENCES IMMERSIVES SONT-ELLES ACCESSIBLES AUX PERSONNES EN SITUATION DE HANDICAP ?

Les technologies immersives peuvent « naturellement » profiter à certains types de handicaps, (handicaps moteurs, TSA). Elles ne sont toutefois pas conçues dans ce but et restent très peu accessibles pour les personnes porteuses de handicap moteur, visuel, auditif et cognitif. Par ailleurs, il n'existe pas de législation spécifique pour inciter au développement de l'accessibilité des technologies associées aux métavers, seul le **Référentiel Général d'Amélioration de l'Accessibilité** (RGAA) faisant référence.

n°3

LES MÉTAVERS AGGRAVENT-ILS LES STÉRÉOTYPES ?

Plusieurs études montrent que les contenus audiovisuels comme les films ou les jeux vidéo ont des effets à court et long terme sur la manière dont nous regardons le monde. Parce qu'elles étendent et renforcent l'expérience corporelle, les technologies immersives pourraient accentuer l'intériorisation des stéréotypes véhiculés dans les métavers. Pour le pire, mais aussi potentiellement pour le meilleur, d'où l'enjeu de booster la « diversity by design ».

Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables

Travaux de recherche, rapports, ressources

- 1 Le programme de recherche de la **Chaire Unesco Handicap, Education, Numérique** de l'INSHEA (Institut National Supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes Handicapés et les Enseignements Adaptés) vise à mettre les technologies numériques, notamment les métavers, au service de l'éducation des personnes, enfants ou adultes, avec des besoins éducatifs ou de formation particuliers.
- 2 Le rapport **« Social Implications of the Metaverse »**, publié en juillet 2023 par le World Economic Forum en collaboration avec Accenture indique que *« la réalisation d'un métavers économiquement viable, équitable et socialement conscient nécessite une prise en compte attentive des droits de l'homme, de l'égalité et de la durabilité. En intégrant ces valeurs dans la conception et le développement du métavers, nous pouvons créer un royaume numérique qui donne du pouvoir à tous les individus, garantit l'égalité des chances, embrasse la diversité et préserve le bien-être de ses utilisateurs. »*
- 3 Le think tank *Renaissance Numérique* a lancé une série d'ateliers et de tables-rondes, baptisée **métavers Dialogues**, autour de la question du développement des métavers et de leur utilité sociale. Pendant cinq mois, cet événement fermé a réuni des experts français, européens et internationaux pour se livrer à une confrontation constructive de leurs expériences et expertises, afin d'éclairer les enjeux technologiques, juridiques et sociétaux qui émergent avec les métavers. Le **dialogue #1** s'attarde sur la question des « Imaginaires collectifs, affordance et cas d'usage ». Le **dialogue #2** aborde « L'économie du corps et des avatars dans le métavers : usages, modèles d'affaires et interopérabilité ». Enfin, le dernier opus, **dialogues #3**, s'attarde sur le sujet « Données, vie privée, identité : potentiels défis juridiques ».
- 4 L'Institut for Creative Technology de la University of South California a mené plusieurs **projets de recherche** autour de la XR médicale et de l'empathie. Elle a par exemple expérimenté une thérapie d'exposition à la réalité virtuelle visant à confronter les patients à leurs souvenirs traumatisants dans un monde virtuel.
- 5 La Michigan State University a développé une application de réalité virtuelle, **A Mile in My Shoes**, pour aider les individus à reconnaître les préjugés inconscients dans différentes situations du monde réel.
- 6 Le Labo Numérique et Handicap, instauré par Agence Nouvelle des Solidarités Actives (ANSA), a publié une **cartographie des usages du numérique pour les personnes en situation de handicap**. Ce document propose une information synthétique pour

chaque type de handicap et s'adresse aux personnes souhaitant s'informer sur les possibilités offertes par le numérique.

7 **L'INSHEA** est un établissement public national de formation et de recherche dédié aux besoins éducatifs particuliers et à l'accessibilité. Il forme les acteurs de l'accompagnement et de l'accessibilité éducative, sociale et professionnelle.

8 La XRA (Association XR) a publié un **guide d'accessibilité et de design inclusif**. Destiné aux développeurs qui travaillent sur des projets RA, ce document propose un ensemble de bonnes pratiques pour élaborer des plateformes accessibles et qui améliorent les expériences de tous les utilisateurs, handicapés et valides.

9 L'étude **« Designing the metaverse: A study on inclusion, diversity, equity, accessibility and safety for digital immersive environments »** (Matteo Zallio, P. John Clarkson, **Telematics and Informatics**, Volume 75, décembre 2022) met en évidence l'importance de prendre en compte cinq aspects clés lors de la conception des métavers, afin de créer des environnements virtuels inclusifs, diversifiés, équitables, accessibles et sécurisés pour tous les utilisateurs :

- Comprendre les métavers
- Sécurité et bien-être des personnes
- Personnalisation, données, confidentialité et intégrité
- Accessibilité
- Équité sociale et diversité



10 L'ONG française Respect Zone, spécialisée dans la prévention, l'encadrement et la prise en charge face aux cyber-violences, au cyber-harcèlement et à la haine en ligne, a publié **35 propositions pour des métavers de Respect et de Diversité**. Ce document pratique résulte des auditions d'experts issus de différents secteurs et de l'expérience de Respect Zone. Il s'agit d'une approche « Design thinking », participative, agile, outillée et centrée sur les usages.

Travaux de recherche, rapports, ressources

- 1 Le programme RSE Orange Groupe, sous la houlette de Jean-Christophe Beaud, chef de projet innovation, a réalisé un état des lieux des études sociologiques sur les impacts positifs et négatifs des jeux vidéo interactifs (type Fortnite). La compétition des jeux augmente-t-elle la propension à la violence ? Les jeux deviennent-ils plus addictifs ? Les jeux deviennent-ils plus agressifs ?
- 2 Dans la même lignée, Orange a édité le guide destiné aux équipes internes « Les do et don't d'un métavers responsable ». À ce stade, Orange est encore en phase d'exploration et d'étude autour des métavers et des expériences immersives et les expérimentations menées s'inscrivent dans une approche de responsabilité avec pour recommandation de privilégier les plateformes les plus « responsables », par exemple, celles qui :
 - ont un plus faible impact énergétique, c'est-à-dire celles ne faisant pas appel à la technologie blockchain ;
 - mettent en place des dispositifs de lutte contre le cyberharcèlement ;
 - mettent en place des dispositifs de modération ;
 - mettent en place des dispositifs de protection des plus jeunes aux contenus non appropriés.
- 3 Chez Orange, les 7 principes du design responsable servent de repères pour une innovation réfléchie. Ils doivent être utilisés comme phare à n'importe quelle étape du processus de conception et de livraison d'un produit Orange, de la conception du projet à l'idéation, la critique, l'examen et les rétrospectives.
- 4 Les **Safe Zones** sont des espaces de protection contre le cyberharcèlement, créés par Orange, disponibles sur Fornite et Roblox, principales plateformes de jeu en ligne où les jeunes générations passent un temps considérable. Intégrées au gameplay de chaque plateforme, elles proposent une série de questions/réponses qui abordent de manière ludique les risques liés aux technologies immersives. Une deuxième fonctionnalité permet aux victimes ou aux témoins d'alerter un service d'aide contre le cyberharcèlement. Six mois après leur lancement sur Fornite au mois de novembre 2022, les « Safe Zones » ont accueilli plus de 2 millions de visiteurs sur la partie de pédagogie et de sensibilisation aux usages responsables. Plus de 800 000 visiteurs uniques ont utilisé le bouton d'alerte des Safe Zones.

Pour récompenser les usages responsables, Orange a mis en place un parcours innovant. Ainsi, lorsqu'il se déplace, le joueur repère aisément la Safe Zone Orange. Une fois à l'intérieur, il est accueilli par un bot - l'Orange Droid - qui lui demande de choisir sa langue (aujourd'hui les Safe Zones d'Orange sont présente en Espagne, France, Luxembourg, Pologne, Roumanie, Slovaquie) et l'invite à rejoindre l'espace Expérience de la Safe Zone. En répondant correctement à des questions sur le cyberharcèlement, il déverrouille des « assets surprises » et des récompenses à utiliser sur sa plateforme de jeu. Tout au long de sa progression, le joueur est ainsi sensibilisé à un usage responsable de la réalité virtuelle et du numérique en général.

Dès son entrée dans la Safe Zone, le joueur peut activer le bouton « jump to talk » en permanence. Celui-ci lui donne accès à un espace d'échange avec un interlocuteur d'une association experte dans le suivi du cyberharcèlement (six associations liées aux pays cités) pour lui faire part d'un cas de cyberharcèlement via l'Orange Droid. À l'issue de cet échange, victimes ou témoins reçoivent des conseils pour réagir. Ils sont également invités à contacter un

service de prise en charge, directement via un QR code ou par l'intermédiaire d'un message précisant le numéro à appeler.

En juin 2023, une opération avec six gameuses, dont notamment la streameuse Kaatsup, a été lancée. En effet, les gameuses sont particulièrement touchées par le cyberharcèlement (40 % des joueuses confient avoir déjà été victimes d'insultes ou de menaces à caractère sexiste ou sexuel dans les jeux en ligne selon une étude IFOP). Orange renforce ainsi son combat contre le cyberharcèlement en donnant la parole à des ambassadrices qui peuvent expliquer le principe des Safe Zones et leur usage.

Initiatives de sensibilisation au handicap, à la discrimination, à la diversité

- 1 Le jeu **Fightback VR** disponible gratuitement sur Quest via AppLab, apporte une réponse immersive aux violences faites aux femmes. Il est conçu à la fois comme un exutoire, un manuel d'auto-défense et un moyen ludique de s'instruire sur des récits oubliés et sur son propre potentiel.
- 2 Meta a lancé un nouveau panel d'avatars diversifiés en partenariat avec United Spinal Association et la startup **Daz3D** (avatars PSH). Objectif : se représenter librement et représenter les handicaps. **VRChat** ou **Kinetix** proposent, eux aussi, une application pour créer des avatars expressifs afin de s'exprimer librement dans le monde virtuel.
- 3 Pour lutter contre les risques humains et psychosociaux, la société **Reverto** crée des expériences immersives. Objectif : générer de l'empathie et sensibiliser à toutes les formes de discriminations : handicap invisible, sexisme, violence, harcèlement sexuel en entreprise, etc.
- 4 Le **World Economic Forum 2022** a été l'occasion de lancer l'initiative « Définir et construire le métavers » avec un **consortium de 150 acteurs** (Meta, Microsoft, Sony, LEGO, Magic Leap, Accenture, etc.).
- 5 TikTok Malaysia, la National Autism Society of Malaysia (Nasom), la société de technologie VR **Pico** et la plateforme en ligne SAYS ont lancé en 2023 la **campagne #KasihiAutism** à l'occasion de la journée mondiale de l'autisme. Cette vidéo VR à 360 degrés simule la surcharge sensorielle que les personnes atteintes d'autisme subissent au quotidien : lumières vives, foule, bruits amplifiés... Ce contenu immersif illustre ce que vivent les personnes autistes lorsqu'elles sont sur-stimulées et invite à l'empathie envers la communauté autiste.

Outils conçus pour rendre la XR plus accessible

1 Les moteurs de jeux vidéo comme Unity, Unreal Engine et Godot, offrent la possibilité de créer des visuels photoréalistes et des expériences immersives avec un outil de création 3D en temps réel.

2 La technologie Brain-Computer Interface (BCI) n'en étant encore qu'à ses balbutiements, il est peu probable qu'elle remplace dans un proche avenir les périphériques standards actuels tels que les joysticks et les claviers.

Plusieurs entreprises investissent dans la recherche sur la BCI, en particulier pour l'interaction avec les réalités informatiques :

- le projet OpenSourceBCI ;
- la startup française Next Mind, rachetée par Snap, qui développe une technologie d'interface neuronale légère et miniaturisée ;
- CTRL-Labs, racheté par Meta. Cette entreprise américaine a créé un bracelet capable de transformer des impulsions envoyées par le cerveau à la main en commande informatique.

3 L'article « The Next Step in Controlling Games is With Your Brain Says Gabe Newell » (Otto Kratky, dualshockers.com, janvier 2021) donne la parole à Gabe Newell. Pour l'informaticien, entrepreneur et milliardaire américain, l'avenir du jeu vidéo réside directement dans le cerveau des joueurs. Les interfaces cerveau-ordinateur (BCI - Brain-Computer Interface) vont radicalement changer le jeu dans les années à venir.

4 Lors de son événement Meta Connect de 2022, Meta a fait un état des lieux de ses différents projets de recherche et de développement : réalité augmentée, interface neuronale, navigation AR pour les malvoyants, numérisation 3D simplifiée, avatars de codecs.

5 En France, la startup Wisear a développé une interface neuronale qui permet à toute personne de contrôler de manière fluide et naturelle ses appareils électroniques.

6 Dans un article de 2021, « Tech vs Tech: Interfaces cerveau-ordinateur vs eye-tracking », Aurore Geraud, Senior Researcher à L'Atelier BNP Paribas, s'interroge sur le futur de la réalité virtuelle sans contrôleur. *« Deux technologies sont alors en concurrence pour apporter cette réalité à la vie courante. Ce Tech vs Tech se situe entre la technologie de suivi oculaire (Eye Tracking) et les interfaces cerveau-ordinateur (BCI). Mais est-ce vraiment une immersion si nos « actions » virtuelles sont faites par procuration, en appuyant sur des boutons invisibles que nos doigts n'appuient pas réellement ? Et le gagnant est... d'abord eye-tracking, mais finalement BCI. Les avantages du suivi oculaire dans l'interaction homme-machine sont indéniables, étant donné qu'il offre une immersion sans faille, un confort (pas besoin de contrôleur) et une sécurité (identification biométrique rétinienne). D'autre part, l'exactitude et la précision varient considérablement selon les participants et les environnements.*

L'industrie du jeu expérimentait déjà la technologie pour offrir de meilleures expériences d'immersion. Mais il semble que les BCI suscitent plus d'intérêt en termes d'utilisation commerciale future. Les deux technologies ont un bel avenir qui s'étend au-delà de l'immersion : ce sont des prémices pour davantage d'accessibilité et d'inclusion. Par exemple, les expériences en cours avec les deux incluent l'évaluation de leur efficacité pour aider les personnes ayant des déficiences motrices et des incapacités à interagir avec des interfaces virtuelles. Dans l'ensemble, l'industrie du jeu adoptera probablement la BCI plus rapidement en raison d'un plus grand besoin d'immersion. Les deux seront utilisés dans le domaine de l'économie virtuelle, mais pas nécessairement dans le même laps de temps. Le suivi oculaire viendra probablement en premier, car il est déjà sorti des laboratoires de recherche... et dans 10 à 15 ans, le BCI pourrait le remplacer car il devient plus acceptable socialement et parce qu'il est finalement plus puissant».

7 **Galea** est une plate-forme matérielle et logicielle qui fusionne la technologie d'interface cerveau-ordinateur de nouvelle génération avec des casques VR. Les systèmes bêta Galea d'**Open BCI** seront intégrés au casque **Varjo Aero** qui deviendra le premier appareil au monde à mesurer simultanément **le cœur, la peau, les muscles, les yeux et le cerveau de l'utilisateur**.

8 En mars 2023, le journaliste Kyle Melnick présentait dans son article **«How Owlchemy Labs Is Making VR More Accessible»** (vrscout.com) le travail d'Owlchemy Labs. Ce studio de jeux vidéo américain a lancé une version du jeu Cosmonious High qui introduit plusieurs fonctionnalités conçues pour rendre l'expérience d'aventure extraterrestre accessible aux joueurs ayant une déficience visuelle. Une mise à jour de la Vision Accessibility Update (accessibilité à la vision) qui ajoute une mise en évidence des objets et permet aux joueurs malvoyants de voir les objets plus clairement et des descriptions vocales décrivant exactement l'objet qu'un joueur tient. Cette version inclut également une confirmation de saisie et de libération qui avertit un joueur lorsqu'un objet a été ramassé et libéré, des descriptions environnementales, etc.

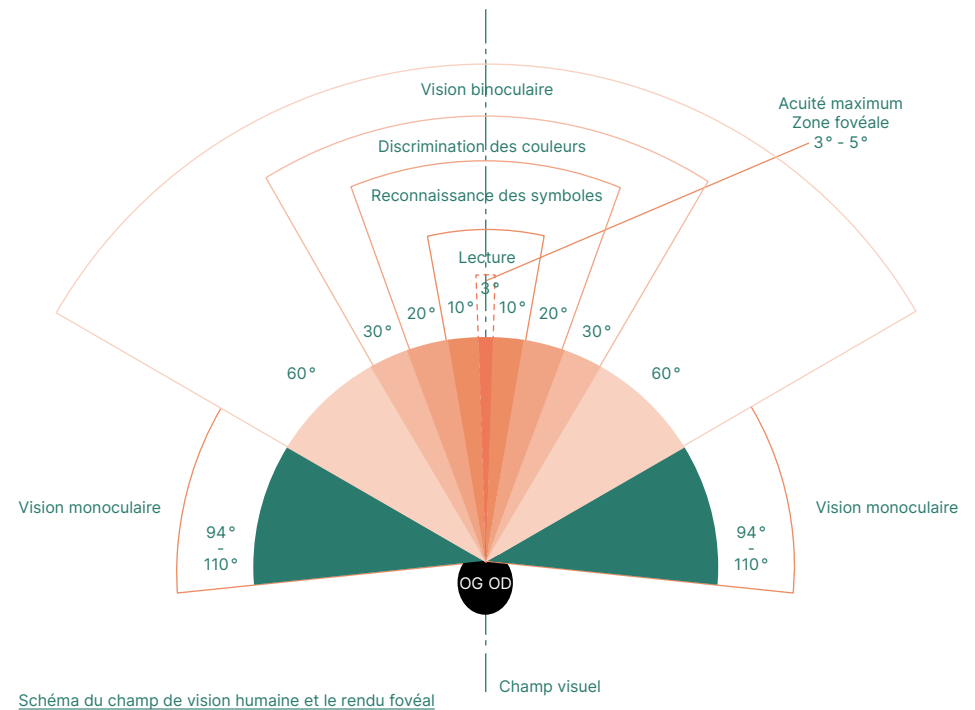
9 Le vélo connecté de balades virtuelles **Cycléo** de Cottos Médical a été pensé pour que nos seniors continuent la pratique d'une activité physique et cognitive en EHPAD et dans les résidences senior.

10 **Feelu** est une solution clé en main pour les professionnels de l'accompagnement intervenant auprès des seniors. Elle leur offre les bienfaits de la réalité virtuelle, sans compétence spécifique, pour vivre des sensations ou des voyages.

Eye tracking, rendu fovéal et accessibilité

1 Un dossier de l'INSERM de 2020 intitulé **« Suivez mon regard : C'est quoi l'eye tracking ? »** définit l'eye tracking ou « oculométrie » comme une technologie permettant de mesurer où et comment une personne regarde. Inoffensive et non invasive, la méthode est utilisée dans de nombreux domaines, du marketing à l'ergonomie web, en passant par la recherche biomédicale. L'eye tracking permet notamment d'étudier des comportements associés aux troubles cognitifs. Par exemple, chez les enfants avec un trouble du spectre de l'autisme (TSA), l'exploration visuelle d'une scène sociale est atypique : ces enfants qui présentent des difficultés de communication et d'interaction sociale explorent moins les visages, en particulier la région des yeux. Utilisé comme outil de suivi, l'eye tracking permet de mesurer l'efficacité de leur prise en charge.

2 Le journaliste Abdelghafour Lammamri explique dans son article **« Qu'est-ce que le rendu fovéal? Explication de la technologie VR qui permet d'obtenir un réalisme réaliste »** (virtual-guru.com, 2021) que *« le rendu fovéal cherche à produire une expérience visuelle plus réaliste tout en réduisant les exigences graphiques d'un casque VR. Cela permet également d'économiser la batterie des casques sans fil. Le rendu fovéal permet à la fois d'améliorer l'expérience visuelle et de réduire les besoins en traitement en ajustant la résolution d'un environnement VR en fonction de l'endroit où vous regardez à un moment donné »*. Cette technique permettrait de réduire la charge de travail de rendu en réduisant considérablement la qualité de l'image dans la vision périphérique.



Technologies et expériences immersives au service de la découverte des métiers et de l'emploi

1 Initiative née en Pays de Loire, **Métiers 360** est un service innovant de découverte des métiers en utilisant des techniques d'immersive learning (réalité virtuelle) et une application mobile. Ce service s'adresse aux professionnels de l'orientation scolaire (collège, lycées, CFA et collectivités qui les accompagnent, en particulier les Régions et Départements), de l'insertion des jeunes dans l'emploi ou la formation (missions locales, EPIDE, Pôle Emploi, associations), de l'information des jeunes (BIJ, Cité des Métiers, etc.) et du retour à l'emploi (Organismes de formation, Pôle Emploi).

Technologies, usages et expériences immersives et apprentissage

Dans le domaine de l'apprentissage, diverses études ont montré que les technologies immersives ont un impact positif sur l'éducation. Elles offrent une grande flexibilité dans les possibilités de présentation de l'information et introduisent des activités sensorimotrices et cognitives dans le processus d'apprentissage. La formation dans des environnements de réalité virtuelle présente de nombreux avantages par rapport à la formation dans des environnements réels. Plusieurs études de recherche et projets éducatifs avec la réalité virtuelle, la réalité augmentée, les images 360° et les métavers éducatifs ont montré que cette technologie a une influence positive sur l'expérience utilisateur des apprenants.

1 Le **projet de recherche E-PIM** (Transformation de la professionnalité et de la forme scolaire au regard de l'usage des mondes virtuels éducatifs) a été un incubateur de réalité virtuelle pour l'éducation nationale pendant trois ans et demi, impliquant chercheurs, enseignants et élèves. Porté par l'Académie d'Aix-Marseille, il inclut des projets tels que le **métavers du collège Fontreyne de Gap** (Pierre-Yves Perez) ou **Immersive CoLab**, ainsi que des chercheurs comme **Martine Gadille** du CNRS.

Le projet s'est donné pour mission d'explorer les mondes multi-joueurs et la co-construction de scénarios. Chercheurs et enseignants ont travaillé sur l'immersion, la persévérance et la relation avatariale, notamment dans le cadre de la médiation scolaire ou de

l'aide aux devoirs. Les élèves ont co-construit des environnements virtuels augmentant leur engagement. La technologie utilisée est basée sur **Open Simulator**, inspirée de Second Life. Les plateformes sont compatibles avec les casques de réalité virtuelle, mais ce matériel est rarement utilisé en raison de contraintes techniques, de santé et des coûts associés.

2 Le lycée Georges Brassens de Neufchâtel-en-Bray, dans l'Académie de Normandie, a mené un projet d'expérimentation «Inclusion VR Normandie» pour soutenir un élève présentant des difficultés de mobilité. Face au risque de décrochage scolaire et d'isolement, les enseignants ont cherché une solution permettant à l'élève de coder, remplir des documents et interagir avec la classe depuis chez lui, tout en étant immergé dans un espace virtuel de type métavers. Plusieurs outils ont été testés, mais **Workrooms** de Meta s'est avéré le plus adapté.

L'élève utilise désormais un casque Meta Quest 2 et un clavier spécial, et il a été rejoint par deux autres élèves en ligne pour créer un effet de groupe. La plateforme Workrooms offre diverses fonctionnalités interactives et facilite l'enseignement hybride. Bien que les résultats soient positifs, des préoccupations subsistent quant à la protection des données personnelles avec Meta, incitant à la recherche d'alternatives open source ou conformes au RGPD.

3 En lien avec un échange international ERASMUS, le **lycée international de Saint Germain-en-Laye**, dans l'Académie de Versailles, a mis en place un projet d'expérimentation autour de la réalité virtuelle en cours de mathématiques. L'objectif : explorer les avantages potentiels de la RV dans l'enseignement traditionnel. Yohann Le Boulair, Professeur de Mathématiques, Référent numérique en charge de la e-éducation et référent Ipad, et Luca Agostino, IA IPR de mathématiques, ont commencé par une recherche personnelle sur la RV et ont obtenu un casque de réalité virtuelle grâce à un appel à projets de Seine-et-Yvelines Numérique. Un partenariat Erasmus a ensuite été établi avec un lycée en Sicile, où 20 élèves français ont collaboré avec leurs homologues italiens sur des projets de RV.

Les élèves ont par exemple créé des mondes virtuels intégrant des éléments mathématiques lors d'un « métavers hackathon ». Le lycée a également organisé un Forum de la réalité virtuelle et augmentée en avril 2023, avec la participation d'experts et de partenaires tels que la DANE de Versailles, XR Pedagogy et l'Université Lyon I. Ce forum a été l'occasion d'aborder des sujets tels que l'impact de la RV sur l'enseignement et l'apprentissage et de proposer des ateliers pratiques pour les élèves et le public.

Le lycée international a fait d'importantes avancées dans l'intégration de la réalité virtuelle et augmentée dans l'éducation, avec des retours positifs de la part des élèves et des enseignants. Le projet continue de se développer avec de nouveaux partenariats et initiatives, notamment un projet de Virtual Lab.

4 Le **Projet Phobies 360**, mené par l'Académie de Nice, lutte contre les phobies aquatiques et le vertige. Porté depuis 2018 par deux enseignants d'EPS (Régis Fayaubost, Sébastien Maire) et un chercheur du **Laboratoire ACTé de l'Université Clermont Auvergne** (Lionel Roche), ce projet tente de prévenir les risques avérés de noyades qui sont fréquents sur ce territoire. Après deux années d'organisation et de test (2018/2020), le projet a mené une recherche action (2020/2022) qui s'est avérée concluante.

Cette phase du projet, un scénario d'usage en 3 étapes, se donnait pour objectif de diminuer les appréhensions des milieux aquatiques et d'aider les élèves bloqués dans leurs apprentissages (peur, phobie de l'eau) afin qu'ils valident leur ASNS (Attestation du Savoir Nager en Sécurité). La troisième étape de la démarche intègre notamment l'utilisation de masques de réalité virtuelle combinés à de la vidéo 360 comme technologie immersive.

Le but, in fine, est de mener des recherches caractérisant les différents niveaux d'appréhension et types de phobogènes du milieu aquatique chez des élèves de cycle 3 pour envisager la conception de scénarii de formation affinés et adaptés.

5 L'**Institut des hautes études de l'éducation et de la formation (IH2EF)** est à l'initiative d'un projet de formation à la prise de parole pour les cadres de l'Éducation Nationale. Porté par l'ingénieur e-formation Cédric Couvrat et le Département de l'expertise et des partenariats de l'IH2EF de Poitiers, ce projet utilise des technologies de réalité virtuelle (VR).

Après une collaboration avec [Antilogy](#) et [Digital and Human](#), une formation immersive de trois jours a été mise en place. Les participants ont bénéficié de retours pertinents grâce à la VR. Malgré les avantages pédagogiques, le coût élevé pose néanmoins question.

6 Afin de lutter contre le décrochage scolaire, l'académie de La Réunion s'est engagée dans le projet [«Bien à l'école \(bienalecole.fr\)»](#), qui vise à proposer à des élèves en difficulté scolaire, une autre façon d'apprendre grâce à l'intelligence artificielle et aux technologies immersives.

La mise en œuvre des technologies immersives se traduit à La Réunion par le développement de jumeaux numériques, utilisant la réalité virtuelle et des images couvrant 360 degrés. L'objectif est de créer des visites virtuelles de plateaux techniques et simuler l'usage de machines permettant aux élèves de découvrir des métiers et des pratiques professionnelles sans avoir à être physiquement présents dans l'atelier. Dans la démonstration, l'utilisateur peut se déplacer dans un espace virtuel, interagir avec des objets et même effectuer des tâches spécifiques, comme modifier le contenu d'un tableau électrique.

Le projet est en cours depuis un an et durera cinq ans au total. Il réunit 26 partenaires (14 edtech, 2 laboratoires, 2 associations, 8 académies) qui collaborent pour étudier les conditions de mise en place et de réussite des situations d'enseignement instrumentées par le numérique et étayées par les neurosciences cognitives pour mener l'élève à mieux s'engager dans la tâche d'apprentissage et mieux guider ses choix d'orientation. «Bien à l'école» est soutenu par l'État dans le cadre du dispositif «Innovation dans la forme scolaire» de France 2030, opéré par la Caisse des Dépôts.

Technologies immersives pour avoir « accès » sans se déplacer au patrimoine ou patrimoine perdu

Pour illustrer cette rubrique, citons le projet [«Éternelle Notre-Dame»](#) produit par Orange : une expérience immersive qui donne à découvrir Notre-Dame de Paris. Équipés d'un dispositif immersif, les visiteurs peuvent explorer la cathédrale totalement recrée numériquement, dans un espace sous le parvis à Paris, de plus de 800m². Près de 100 personnes par heure peuvent ainsi vivre un véritable voyage à travers les secrets du monument, tout en (re)découvrant les événements et personnages historiques qui ont marqué son histoire. Réalisée par [Emissive](#), sur un scénario de Bruno Seillier, cette expédition immersive est un défi technologique qui permet de plonger au cœur de l'histoire de la cathédrale, depuis sa construction au Moyen Âge jusqu'au chantier actuel de restauration, grâce à la réalité virtuelle. Sélectionné en compétition officielle à la Biennale de Venise 2022 (Venice Immersive), «Éternelle Notre-Dame» a reçu de nombreux prix en 2022 dont le VR Award (AIXR) de la meilleure expédition immersive VR, le prix Numix, et le Laval Award «VR for a cause». L'expérience est aussi accessible sur les stores online VR de Meta Quest et Pico VR. 30% des recettes (digital et physique) font l'objet d'un reversement pour la reconstruction (partenariat entre le Diocèse de Paris et l'Établissement Public en charge de la reconstruction).

Toutes sortes de contenus seul ou avec ses amis :

L'application [Immersive Now d'Orange](#) propose une gamme de contenus en réalité virtuelle. On peut ainsi visionner, seul ou avec ses amis, un film dans sa salle de cinéma, personnaliser son avatar ou encore visiter la boutique 3D d'Orange.

Agir ici et maintenant

Plusieurs pistes, applicables dès maintenant, offrent des réponses aux problématiques de diversité, d'inclusion et d'accessibilité dans les technologies immersives :

- Traduire pour les développeurs XR les documents qui traitent de l'accessibilité, tels que ceux, rédigés en anglais, de Meta ou de l'association américaine des professionnels de la XR.
- Organiser la collecte, la réparation ou le recyclage de tous les casques de réalité virtuelle qui « dorment dans des placards » (l'Oculus 1 par exemple) pour outiller des « espaces publics numériques virtuels » ou des « cyber-bases virtuelles ». Objectif : faire découvrir les technologies immersives aux publics éloignés du numérique, de la formation et de l'emploi dans les territoires fragiles (QPV, ZRR, Outre-Mer).
- Mettre en place des programmes de soutien pour promouvoir les expérimentations métavers et XR dans le secteur de l'ESS : structures d'insertion par l'activité économique, entreprises adaptées, associations et fondations, coopératives, etc.
- Déployer dans les organisations les modules VR Reverto qui permettent de prévenir et de sensibiliser les discriminations sur les handicaps invisibles, les risques psychosociaux, le sexisme, les violences sexistes et sexuelles et le harcèlement sexuel au travail grâce aux technologies immersives (voir p.16).

Horizon 2030 : perspectives

D'autres chantiers nous semblent réalisables à l'horizon 2030 :

- Lancer un appel à projets dédié dans le cadre de France 2030 pour faire émerger des solutions « inclusion, diversité, accessibilité » en lien avec les technologies immersives.
 - Former les étudiants et les professionnels de la XR à l'accessibilité numérique et aux questions de discrimination, d'inclusion et de diversité, intégrer des aspects éthiques dans leur formation, créer une boîte à outils ad hoc, inciter les entreprises à considérer la formation au numérique immersif responsable quand elles recrutent et modifier les maquettes pédagogiques des diplômes et formations pour intégrer ces aspects.
 - Rendre possible le fait de se déplacer en binôme sur les métavers et en XR pour les personnes en situation de handicap ou dans l'impossibilité d'être autonomes.
- Intégrer des technologies d'assistance, comme les lecteurs d'écran et les commandes vocales, pour rendre les métavers accessibles aux personnes handicapées.
 - Sur le modèle de ce qui se fait dans le monde des jeux vidéo et des réseaux sociaux, travailler à des chartes de bonne conduite et éduquer les utilisateurs sur l'importance de l'inclusion, de la diversité et du respect dans les métavers pour prévenir la discrimination et promouvoir une culture positive. Imaginer un « code » pour le numérique sur le modèle du *Code de la route* et mettre en place des mécanismes efficaces et universels pour signaler et traiter les comportements discriminatoires dans les métavers.
 - Appliquer les normes d'accessibilité existantes, comme les **WCAG du W3C**, à la conception des métavers et des mondes immersifs. Travailler avec les personnes discriminées ou en situation de handicap pour créer ou adapter des solutions spécifiques.

Protopies²

Conception inclusive

Impliquer des personnes de divers horizons dans le processus de conception et de développement des métavers et des technologies immersives et promouvoir l'inclusion « by design » et le design universel « par défaut » : ce serait ça notre rêve « protopique » !

2. Mot créé en 2009 par Kevin Kelly, futurologue de 70 ans à la barbe blanche qui est l'un des fondateurs du magazine *Wired*. Une « protopie » n'est ni une dystopie, ni une utopie car « Aucune des deux ne paraissait réalisable ni même désirable ». Formé de « topos » - le lieu - et du préfixe pro qui fait référence à « progrès, progression, prototype, opposition à anti, c'est-à-dire "oui" par opposition à "non", à professionnel et à tous les sens positifs du "pro", qui va de l'avant. »

Métavers exemplaire et universel

Créer un métavers universel accessible à toutes et à tous, indépendamment de la situation financière, du lieu de résidence, de l'âge, du genre, de la race, de l'orientation sexuelle et des capacités physiques et mentales. Intégrer au cœur des échanges une technologie de traduction instantanée qui permet aux utilisateurs de communiquer facilement dans toutes les langues, de développer des avatars qui peuvent s'adapter instantanément pour refléter l'identité et les préférences de chaque utilisateur. Tirer parti de l'intelligence artificielle pour surveiller et prévenir les comportements discriminatoires, tout en respectant la vie privée et les droits des utilisateurs. S'assurer que tous les utilisateurs ont un accès égal aux opportunités et aux ressources dans les métavers, indépendamment de leur statut dans le monde réel. Utiliser les métavers pour fournir une éducation de qualité à tous, indépendamment de leur situation géographique ou socio-économique, et pour mettre en place des systèmes de gouvernance démocratique où tous les utilisateurs ont un droit de vote égal sur les décisions importantes.

Métavers Génératifs Personnalisés

Donner aux utilisateurs la possibilité de générer des espaces immersifs en fonction de leurs envies et de leurs contraintes. Cela permettrait d'en fixer les conditions d'accès (tel casque, telle connexion...), les règles, l'apparence des avatars, la mécanique des interactions et la question de la proxémie³, les modalités de signalement, les procédés d'assainissement des discussions.

3. La proxémie est la relation que les individus entretiennent avec la distance sous tous ses aspects (distance physique, distance perçue, représentations de ce qui est proche ou lointain).

Pour aller plus loin

Articles et ouvrages

- Annick. [« Handicap et métaverse : avantages et inconvénients, tout savoir »](#). *realite-virtuelle.com* (mars 2022).
- Nita Farahany. [« The Battle for Your Brain: Defending the Right to Think Freely in the Age of Neurotechnology »](#). *St. Martin's Press* (mars 2023).
Un appel à créer un nouveau droit humain à la liberté cognitive.
- Khasnaoui. [« Le LéA Fontreyne, mûr à point ! »](#). *Blog collaboratif des Lieux d'éducation Associés à l'Institut Français de l'Education - ENS de Lyon* (avril 2021).
- Martin Schwarz. [« How VR helps us better understand autism »](#). *The Star.com* (mai 2023).

Documentaires et études

- [« Notes on blindness »](#). *Production Ex Nihilo, Archer's Mark, Novelab Audiogaming* (juillet 2016).
Un voyage dans un monde au-delà de la vision. Une expérience narrative VR qui immerge l'utilisateur dans l'expérience cognitive et émotionnelle de la cécité.
- [« The virtual economy »](#). *Atelier BNP Paribas*.
Ce site web, qui traite de l'économie dérivative des jeux vidéos et des mondes virtuels, explore les sujets tels que la diversité, l'inclusion, l'accessibilité et les populations LGBT

Podcast

- Kent Bye. [« The Ultimate Potential of VR: Promises & Perils »](#). *Voices of VR Podcasts SXSW* (mars 2023).

Santé physique et mentale

Contexte et infos clés

Métavers, XR et santé : montrons l'exemple !

La santé, tout comme l'éducation, est couramment invoquée comme l'un des secteurs les plus prometteurs en termes d'usages des technologies. Elle bénéficie du déploiement de solutions de connectivité très haut débit ou des technologies immersives.

On parle, avec la XR, de bénéfices psychopathologiques sur les phobies (vide, araignées), la dépression et le syndrome de stress post-traumatique. On parle aussi de récupération cognitive pour les personnes âgées et d'augmentation face à des handicaps, de reprise d'activités physiques, de télémédecine, de formation et d'entraînement des professionnels de santé sur des gestes médicaux, par exemple en chirurgie. Mais qu'en est-il vraiment ? À rebours de ces « cas d'usages santé », quelles sont les problématiques sanitaires et les impacts avérés ou potentiels sur la santé physique et mentale des utilisateurs, notamment des plus fragiles (enfants, malades chroniques, personnes en situation de handicap⁴, seniors) ?

4. L'accessibilité numérique des technologies immersives a été traitée dans la partie précédente.

Plusieurs rapports de l'ANSES⁵ ont tenté de faire le point sur les effets des technologies de réalité virtuelle augmentée, de la visualisation 3D et de la stéréoscopie ou encore de la lumière bleue et des diodes électroluminescentes. Côté socialisation et sédentarisation, certaines études insistent sur le fait que le télétravail, les formations « télé-présentielles » et les « loisirs virtuels » impactent la santé mentale et la santé physique, le temps consacré à ces activités n'étant pas affecté à d'autres temps sociaux et physiques.

Ces études se penchent sur les impacts sanitaires de la XR et notamment de la réalité virtuelle et évoquent des risques identifiés et avérés :

- Cybercinétose : ce « mal des transports » (« motion sickness » en anglais) de la réalité virtuelle affecte entre 30 et 50 % des utilisateurs et provoque nausées, vomissements, maux de tête, inconfort général, effets visuels et physiologiques (cardiaques, gastriques, respiratoires, cutanés...).

5. L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) est la seule autorité sanitaire au monde qui formule des recommandations sanitaires sur les technologies.

- Altération de la coordination sensorimotrice : consécutive à l'exposition, elle peut impacter les activités « post-AR/VR » telles que la conduite.
- Effets liés aux agents physiques : lumière bleue, modulation temporelle de la lumière avec maux de tête et fatigue visuelle, champs électromagnétiques.

Il est important de souligner que ces travaux de l'ANSES datent de 2021 et se basent sur des casques de réalité virtuelle de 2018-2019 au mieux. Ils ne tiennent donc pas compte des progrès techniques (résolution, image par seconde, 6 degrés de liberté) qui ont permis de réduire drastiquement la prévalence de la cybercinétose (voir à ce sujet l'étude [« Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis »](#) (Dimitrios Saredakis Ancret Szpak, Brandon Birckhead, Hannah A. D. Keage, Albert Rizzo, Tobias Loetscher, *Frontiers in Human Neurosciences*).

Les enfants sont une cible vulnérable aux écrans et doivent faire l'objet de toute notre attention. À ce sujet, le gouvernement français a publié en 2023 [un rapport pour un usage raisonné des écrans pour les enfants](#).

Le Haut Conseil de santé public a aussi publié en 2020 un « Analyse des données scientifiques : effets de l'exposition des enfants et des

jeunes aux écrans ».

Il recommande de :

- Limiter le temps d'écran et de ne pas utiliser d'écrans (écrans classiques, non VR) avant l'âge de 3 ans.
- Favoriser les activités physiques et sociales en dehors des écrans, en encourageant les enfants à jouer dehors, à pratiquer des activités sportives, à lire des livres, à jouer à des jeux de société, etc.
- Encadrer les usages du numérique en fixant des règles claires et en surveillant l'utilisation des écrans par les enfants et les adolescents.
- Sensibiliser les enfants et les adolescents aux risques liés aux usages du numérique, tels que la cyberintimidation, l'exposition à des contenus inappropriés, la dépendance aux écrans, etc.
- Privilégier la qualité des contenus proposés aux enfants et aux adolescents, en choisissant des applications, des jeux et des sites web adaptés à leur âge et à leurs centres d'intérêt.

Il est important de noter que ces recommandations sont basées sur les connaissances scientifiques actuelles et peuvent évoluer en fonction des nouvelles données de recherche.

En lien avec l'usage des écrans, l'inactivité physique et la sédentarité sont des risques à ne pas négliger, comme le confirme l'Anses dans son article [« Inactivité physique et sédentarité chez les jeunes : l'Anses alerte les pouvoirs publics »](#).

Parallèlement à ces effets, la littérature scientifique évoque des populations particulièrement réceptives aux symptômes de vertiges, maux de tête, désorientation et nausées :

- les jeunes adultes ;
- les femmes (dont les femmes enceintes) ;
- les usagers récurrents à titre professionnel ou personnel ;
- les personnes souffrant de troubles vestibulaires (pathologies otolithiques, réflexe vestibulo-oculaire anormal) ;
- les personnes présentant des anomalies de la statique posturale et/ou de l'équilibre dynamique avec troubles de la proprioception (troubles cervicaux, troubles ostéo-articulaires, personnes souffrant de la maladie de Parkinson, personnes âgées...) ;
- les personnes sujettes à des troubles oculomoteurs (strabisme, trouble de la convergence, anisophorie, anisométrie, amblyopie relative, amétropie non corrigée...) ;
- les personnes sujettes aux migraines ;
- les personnes au tempérament anxieux ou sujettes à des crises d'anxiété ;
- les personnes dépendantes aux jeux vidéo et aux jeux d'argent en ligne (dépendances reconnues par l'Organisation Mondiale de la Santé).

Enfin, d'autres effets sont encore discutés et donc non avérés. Ils nécessitent malgré tout une information préalable et des précautions particulières :

- effets liés à l'ergonomie des interfaces de réalité virtuelle et/ou augmentée : troubles musculo-squelettiques, accidentologie, effets liés à l'hygiène des interfaces et au niveau sonore ;
- effets psychologiques et psychosociaux : risques émotionnels, déréalisation⁶, dépendance à l'égard de l'interface et du contenu, effets liés au contenu type violence ou sexualité, isolement social ;
- effet de modification de la représentation de soi (par le biais d'avatars) ;
- troubles liés à l'usage des jeux vidéos : version aggravée par la puissance des technologies immersives (on ne parle pas « d'addiction » mais de « troubles », or c'est le même vocabulaire qui décrit également certains usages extrêmes des drogues et de l'alcool) ;
- troubles neuronaux et risques psychologiques ;
- expériences de dépersonnalisation ;
- impacts sur les malades psychiques, les enfants, les personnes cardiaques, épileptique, immunodéprimées ;
- usage excessif et dépendance, notamment aux réseaux sociaux.

6. La littérature parle de « dissolution du réel » par les technologies immersives et de conséquences sur la déliaison sociale, la solitude, l'endogamie, la réduction des contacts directs, le danger de la promotion d'un « monde » qui évince la « nature », le « corps » et les déplacements (sédentarité).

Les questions qui fâchent

n°1

LES TECHNOLOGIES IMMERSIVES CRÉENT-ELLES DES PROBLÈMES DE SANTÉ PERSISTANTS ?

L'utilisation de technologies immersives, et en particulier des casques de réalité virtuelle, peut causer des troubles visuels, auditifs, de l'équilibre, de l'orientation, de la coordination main-œil, de la fatigue, ou encore des symptômes similaires à la cinétose (mal des transports). Dans certains cas rares, elle provoque des évanouissements et des crises d'épilepsie. Bien qu'ils puissent s'aggraver et persister, ces effets disparaissent dans la majorité des cas quelques heures après l'utilisation.

n°2

LES TECHNOLOGIES IMMERSIVES AGGRAVENT-ELLES LES RISQUES DE DÉPENDANCE AUX JEUX VIDÉO ?

Le 25 mai 2019, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a adopté la onzième révision de la Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes (CIM-11). Deux changements majeurs dans le champ de la santé mentale sont à relever : le jeu d'argent en ligne pathologique (gambling disorder) comme le jeu vidéo pathologique (gaming disorder) sont reconnus pour la première fois comme des troubles de santé. Ils intègrent tous deux la catégorie des « comportements addictifs ». Les cas d'addiction aux jeux vidéo sont réels, puisqu'ils sont détectés chez 2 à 5 % des joueurs, ce qui représente des millions de personnes. Les technologies, les usages et les expériences XR, du fait de leur caractère immersif, pourraient aggraver les troubles des usages déjà connus, à savoir les problèmes comportementaux liés à l'envie de jouer : sauts de repas et malbouffe, baisse ou abandon des activités en extérieur et des relations sociales.

n°3

LES MÉTAVERS NUISENT-ILS À L'ACTIVITÉ PHYSIQUE ?

Les technologies immersives peuvent faciliter l'accès ou le retour à l'activité physique, par exemple dans le cadre de programmes de réadaptation post-traumatique ou de programmes d'exercice de gymnastique pratiqués par les personnes à mobilité réduite ou limitée. Mais faisons la part des choses : on peut danser ou s'activer dans les métavers, mais l'activité physique à distance, même en immersion et en mode multi-joueurs, ne remplacera jamais le sport ou l'activité physique en plein air, seul ou à plusieurs.

Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables

Effets sur la santé humaine

Plusieurs études et auteurs se sont penchés sur l'évaluation des impacts de la XR et du métavers sur la santé physique et mentale.

1 L'ANSES a diffusé en juin 2021 un « Avis relatif aux effets sanitaires liés à une exposition aux technologies de réalité virtuelle et/ou de réalité augmentée ». Elle invite en particulier les utilisateurs à respecter quelques bonnes pratiques afin de limiter les effets indésirables liés à ces nouveaux usages. Elle recommande par exemple d'arrêter l'utilisation des dispositifs de RA/RV dès l'apparition de symptômes ou encore d'observer un temps de repos d'une à deux heures après l'utilisation de dispositifs de RA/RV. Ce rapport d'expertise collective invite également à un encadrement plus poussé des usages de la réalité virtuelle afin de protéger les populations les plus sensibles, dans le cadre privé, mais aussi professionnel.

2 L'ANSES, toujours, a publié en septembre 2020 un « Avis relatif aux valeurs limites d'exposition à la lumière bleue pour la population générale ». L'Autorité recommande notamment de limiter l'exposition à la lumière riche en bleu des écrans à LED avant le coucher et pendant la nuit, notamment pour les enfants et les adolescents. Dans son étude « Effets sanitaires potentiels des technologies audiovisuelles en 3D stéréoscopique », en 2014, elle déconseille l'exposition aux technologies 3D aux enfants de moins de 6 ans. L'ANSES préconise également que les enfants de moins de

13 ans aient un usage modéré des technologies 3D, et qu'ils soient, ainsi que leurs parents, attentifs aux éventuels symptômes induits.

3 En mars 2021, le Haut Conseil de la Santé Publique publiait un rapport sur les « Effets de l'exposition des enfants et des jeunes aux écrans (seconde partie) : de l'usage excessif à la dépendance ». Dans ses recommandations, il préconise notamment de former aux objets numériques les jeunes et leur famille, et de ne pas systématiquement médicaliser les usages intensifs quand les utilisateurs ont la capacité de garder le contrôle sur leur usage. Il recommande de renforcer en milieu scolaire les compétences psycho-sociales et l'apprentissage de la verbalisation des émotions suscitées par les images.

4 Dans l'article « What Is métavers – And How Will It Affect Mental Health » (psychreg.org, 2022), Dennis Relajo-Howell reprend le travail de plusieurs psychologues et experts de la santé mentale et/ou du numérique.

Robert Weatherhead, consultant digital, indique que *« le métavers a ses avantages, mais aussi ses inconvénients. Comme avec les médias sociaux, les gens peuvent devenir obsédés par la perception d'eux dans un monde alternatif et perdre de vue d'autres domaines de leur vie. Vivre une vie détachée de la nôtre n'est jamais une chose*

saine pour les relations ou notre propre concentration. L'intimidation peut devenir monnaie courante dans le métavers; nous l'avons vu avec les jeux en ligne tels que Roblox où les enfants (et certains adultes) disent des choses et communiquent d'une manière qu'ils ne feraient pas dans la vraie vie. La nature de la communication (dans le « chat » ou via un avatar) fait que les gens se comportent différemment que dans une communication personne à personne. Malheureusement, des choses comme les agressions sexuelles peuvent également avoir lieu. Nous l'avons vu avec Second Life, et nous l'avons vu avec d'autres mondes en ligne. Encore une fois, les gens agissent d'une manière différente de celle dans la vraie vie parce qu'ils se sentent détachés.»

Pour **Mark Basa**, responsable mondial de la marque et des affaires de la société de cryptographie HOKK Finance : « Être constamment immergé dans un monde virtuel complètement déconnecté de la réalité physique entraînera probablement une sur stimulation et un épuisement mental continus des personnes.»

Linda Kaye, chercheuse en cyberpsychologie de l'Université Edge Hill, explique que « bien que nous n'ayons pas encore de preuves sur les impacts du métavers, les preuves les plus pertinentes dont nous disposons concernent l'utilisation de la VR. Cela a été largement utilisé dans le jeu comme loisir, ainsi que dans des interventions supervisées telles que le traitement des phobies ou l'amélioration

d'aspects de la cognition sociale. Historiquement, la réalité virtuelle immersive est généralement axée sur les tâches (comme cela peut être le cas dans les jeux) ou conduit à un objectif final, que ce soit dans le monde ou dans son monde "hors ligne". On ne sait pas comment la réalité virtuelle, lorsqu'elle est utilisée pour des tâches quotidiennes, entraînera différents modèles de comportements autour de son utilisation. Il est concevable que les personnes ne l'utilisent pas du tout - si elles n'y voient aucun objectif tangible - et risquent donc l'exclusion sociale, ou à l'inverse, qu'elles l'utilisent trop s'il n'y a pas de "point final" évident. Plutôt que d'examiner l'utilisation du métavers du point de vue de la "dépendance", nous devons nous employer à comprendre les moteurs sociaux, économiques et politiques derrière son utilisation.»

Pour la psychologue **Cristina Gregory**, spécialisée dans les troubles de l'addiction, « la dépendance à Internet n'est qu'un sous-ensemble de la dépendance à la technologie en général qui présente certains symptômes du trouble de la toxicomanie comme :

- ne plus s'engager dans des activités qui étaient autrefois appréciées ;
- passer la plupart des heures d'éveil en ligne ;
- colère ou agitation si on vous demande de s'éloigner de l'appareil de son choix ;
- mentir sur son utilisation ;
- dissimuler son utilisation.»

5 Le magazine Epsilon, fondé par des ex-journalistes de Science & Vie, s'est emparé en mars 2023 de plusieurs études sur les comportements des jeunes face aux jeux vidéo. Les conclusions de ces travaux remettent en question la majorité des effets négatifs associés à l'usage des jeux vidéo. Ainsi, il n'existerait pas de lien entre jeu et violence. De même, la pratique offre une attention plus efficace, une orientation dans l'espace sur-développée, une mémoire de travail boostée et une meilleure perception visuelle. Les joueurs ne sont pas forcément sédentaires, et le fait de jouer n'impacte pas leur bien-être. Les cas de dépendance restent rares. Seule la question du renforcement des stéréotypes est avérée, entre hypersexualisation, clichés et invisibilité.

6 Dans l'article « Les métavers peuvent-ils améliorer la santé mentale en facilitant l'accès à la thérapie ? » (metavers-tribune.com, octobre 2022), Pierre Berendes, spécialiste du numérique, évoque l'ouverture en 2022 d'un laboratoire de recherche innovant sur la réalité virtuelle au sein du King's College de Londres. Sa mission : examiner le potentiel de la VR dans l'amélioration du bien-être et de la résilience, ainsi que dans le traitement des troubles de santé mentale établis, notamment la psychose, les troubles alimentaires et la dépression. L'auteur cite le Dr Lucia Valmaggia, psychologue clinicienne consultante et dirigeante du laboratoire : « *La RV présente une opportunité passionnante d'intervenir dans ou de*

prévenir la mauvaise santé mentale chez les enfants et les jeunes, grâce à son attrait pour la jeune génération, sa portabilité et sa rentabilité, et le fait que nous pouvons former des non-professionnels à la thérapie assistée par la RV. Notre objectif est que la RV soit utilisée de manière routinière en dehors de la clinique, dans les écoles et à la maison. »

Il cite également le Dr Rachael Molitor, psychologue comportementale et Maître de conférences à l'université de Coventry : « *S'il est utilisé correctement, le métavers pourrait être un moyen d'offrir un soutien et de briser les limites de l'offre de traitement dues aux contraintes de lieu et de temps. Par exemple, l'impossibilité de voyager en raison de problèmes de santé mentale tels que l'anxiété ou l'agoraphobie pourrait désormais être comblée par la possibilité virtuelle de parler à quelqu'un qui en a besoin.* »

7 Orange a publié en février 2023, sous la plume de Jean-Christophe Beaud, chef de projet innovation, un travail intitulé « Évolution de compétences, évolutions de comportements liés à l'utilisation de jeux massivement multijoueurs en ligne ».

Cette revue bibliographique d'études montre que la pratique des jeux vidéo peut être bien intégrée dans la vie des joueurs, mais aussi parfois déborder sur cette vie et l'envahir peu à peu.

Une grande majorité des joueurs interviewés dans les différents travaux étudiés évoquent un rapport « normal » au jeu. On peut parler pour une proportion plus restreinte d'un rapport problématique et pour une partie encore plus faible d'un rapport de dépendance au jeu. Les rapports problématiques et dépendants semblent être liés aux mêmes symptômes, mais différenciés dans leur nombre et dans leur niveau d'occurrence.

Les différentes études révèlent également que les MMOG (Massively Multiplayer Online Game) peuvent offrir un bien-être, un sentiment de connexion, d'achèvement, apparemment pour le plus grand nombre de joueurs, étiquetés « joueurs normaux ».

Reste que la qualification de joueur « normal », « problématique » et « dépendant » n'apparaît pas complètement bornée, si tant est qu'elle puisse l'être. Il semble que cela soit très fortement corrélé au temps de jeu et à l'apparition du symptôme de « craving ». On se doute intuitivement qu'un jeune adulte, étudiant, dispose de plus de temps qu'un parent de jeunes enfants, ou qu'une personne très impliquée professionnellement, et donc que le rapport problématique au jeu apparaîtra plus ou moins rapidement en fonction du style de vie. Néanmoins, le rapport problématique ou dépendant au jeu pourrait être aussi lié à la psychologie, des personnes narcissiques, névrotiques ou agressives pouvant être plus facilement exposées.

8 L'étude « The Best Predictor of the Future - the métavers, Mental Health, and Lessons Learned From Current Technologies » (David Benrimoh, MSc, MD, Forum D Chheda, MBA, and Howard C Margoese, MSc, MD, JMIR Publications, 2022) met en évidence le potentiel des métavers pour influencer la santé mentale, tout en exposant les enseignements tirés des technologies actuelles telles que les réseaux sociaux, les jeux en ligne et la réalité virtuelle. Elle rappelle l'importance d'une conception et d'une réglementation appropriées pour atténuer les risques pour la santé mentale. Des travaux qui encouragent une réflexion précoce et une collaboration interdisciplinaire pour aborder les questions de santé mentale liées au métavers et pour promouvoir une utilisation saine et équilibrée des technologies émergentes.

9 Le principe de la santé physique et mentale
Les 7 principes du design responsable ont été cartographiés pour aider les chefs de projet à prendre en compte en détail tous les risques :

- Protéger la santé physique, mentale et sociale
- Améliorer la vie des gens
- Gagner la confiance par le consentement
- Embarquer toutes les parties prenantes
- Régénérer la planète
- Mettre les utilisateurs dans le siège du conducteur
- Design pour tous, toujours

Opportunités pour la santé humaine

Sans occulter les risques, la réalité virtuelle laisse entrevoir des opportunités pour la santé humaine.

Santé physique et rééducation

De nombreuses études et projets validés par les autorités sont en cours :

1 Avec le projet **Verare** de l'INRIA et du CHU de Rennes, la réalité virtuelle se met au service de la rééducation des patients atteints du Covid-19. Elle est envisagée comme un outil permettant d'entamer, à un stade précoce, une rééducation des patients comateux sortants de réanimation, la plupart du temps très affaiblis par une situation de stress physique et psychique intense. Le patient hospitalisé est immergé dans différents environnements virtuels d'un casque de RV où il est représenté par un avatar, son double virtuel. Il se voit en train de réaliser différentes tâches motrices mettant en jeu ses membres inférieurs : marcher, trotter, éviter des obstacles, etc. Le patient doit observer ces actions, puis imaginer que c'est lui-même qui les réalise dans l'environnement virtuel. L'observation d'actions virtuelles devrait permettre de démarrer plus rapidement la rééducation, et ce dès la sortie du service de réanimation.

2 Avec la **Neuro rehab**, la Food and Drug Administration des USA a officiellement reconnu en juillet 2023 la VR comme système de thérapie. Le Neuro Rehab VR héberge notamment des bilans de santé dans des environnements immersifs qui simulent un contexte clinique réaliste ou un scénario ludique. Les

environnements de la plateforme favorisent la mobilité avec des exercices axés sur l'amplitude de mouvement, la portée, l'équilibre et la coordination du patient. Approuvé en tant que dispositif médical, il se veut accessible pour la majorité des régimes d'assurance maladie américains.

Soutien aux interventions chirurgicales complexes

1 Issue de travaux de recherche menés à l'Institut Pasteur et à l'Institut Curie, la société **Avatar Médical** a été lauréate de la 7^e édition du concours i-Nov, qui vise à soutenir des projets d'innovation au potentiel particulièrement fort pour l'économie française. La start-up développe une technologie de pointe qui exploite la réalité virtuelle pour faciliter les interventions chirurgicales.

2 **Sim For Health** conçoit des simulateurs numériques qui recréent virtuellement des situations professionnelles pour une approche immersive, interactive et collaborative de la formation des professionnels de santé. Elle a par exemple créé un simulateur qui immerge l'utilisateur dans la chambre d'une patiente pour la préparation et la pose d'une transfusion sanguine.

Opportunités pour les personnes atteintes de troubles du spectre autistique

1 L'Agefiph, la CGI et le CNRS ont développé un **prototype de jeu pour recruter des profils atypiques dans les métiers du numérique**. Cet outil d'évaluation a pris la forme d'un jeu vidéo open source, ludique, accessible et inclusif. Par rapport aux méthodes de recrutement classiques, ce jeu est conçu pour évaluer les compétences cognitives des individus au plus proche de leur potentiel « réel ».

Ses objectifs :

- faire oublier le contexte stressant de l'évaluation en facilitant l'immersion ;
- être utilisable dans un lieu et un moment choisis par le candidat ;
- favoriser la motivation intrinsèque du candidat par ses qualités ludiques ;
- permettre une adaptabilité forte, via un système d'options pour paramétrer le jeu.

2 Développé par la société Actimage, le programme **HolAutisme** vise à évaluer l'impact des casques de réalité mixte HoloLens de Microsoft sur des personnes autistes. Dans un premier temps, le projet a confirmé que ce type de casque avec une visière transparente était bien supporté par les personnes neuro-atypiques. En effet, certains de ces utilisateurs ne supportent pas les casques de réalité virtuelle qui les coupent du monde réel. Une collaboration avec l'institut Pasteur à Paris a également permis d'évaluer sa pertinence dans le monde médical.

Le programme développe désormais des logiciels qui utilisent le casque comme un outil d'apprentissage ou un outil d'accompagnement à une meilleure compréhension du monde réel :

- Le projet « Pop Balloons » introduit dans le mode réel des ballons

virtuels apparaissant sous forme d'hologramme. L'utilisateur doit se déplacer pour aller crever les ballons avec ses doigts. Ces simulations sensorielles permettent progressivement d'augmenter les interactions entre l'individu et la réalité.

- Le projet « Smile » affiche à côté du visage des personnes vues par l'utilisateur leur état émotionnel. En effet, il est difficile pour certains autistes de décrypter si leur interlocuteur est heureux, triste ou en colère. Ajouter un emoji simplifie ce décryptage.

Ces projets ont principalement pour objectif de transposer les apprentissages des utilisateurs dans le monde réel.

3 **Job Now** est une application HoloLens développée conjointement par la société Actimage, l'éditeur Microsoft et Pôle Emploi. Pour certaines personnes autistes, il est parfois difficile d'interagir avec des personnes réelles alors que ce n'est pas forcément le cas avec des ordinateurs. Le projet propose donc une simulation d'entretien de recrutement permettant à une personne autiste d'avoir un coach virtuel. L'utilisateur met son casque et se retrouve face à un recruteur virtuel qui va lui poser des questions et réagir grâce à de l'Intelligence Artificielle aux réponses données.

Le casque analyse différents facteurs comme la durée des réponses, le débit vocal, l'existence de mots spécifiques dans la réponse, le regard de l'intéressé pour voir s'il regarde bien le visage de l'avatar... À la fin de l'entretien, une synthèse des résultats peut être envoyée par mail pour permettre à la personne d'analyser sa session et de s'améliorer. Le pari de cette application : offrir à l'utilisateur la possibilité d'être meilleur lors de ses prochains entretiens de recrutement grâce à l'entraînement effectué.

Opportunité des métavers pour le bien-vieillir

1 Une **étude canadienne** réalisée en 2017 a permis de démontrer que, chez les personnes âgées, jouer à des jeux vidéo sur plateforme 3D favoriserait la matière grise dans l'hippocampe et limiterait ainsi les symptômes de démence ou d'Alzheimer.

2 La **Box des fragilités**, conçue par le Med Tech Lab d'AESIO Santé, est un système de détection des fragilités chez la personne âgée à domicile. Ce boîtier s'appuie sur la technique du « jumeau numérique », utilisée dans de nombreux domaines comme l'industrie ou l'aéronautique, pour mettre en place des services de suivi et d'alertes. Il s'agit de modéliser sous forme digitale n'importe quelle entité réelle - un avion ou un cœur humain - pour en simuler le comportement et ainsi identifier les problèmes à résoudre.

L'analyse en continu des comportements quotidiens d'une personne à son domicile pendant trois mois permet de collecter suffisamment de données pour modéliser le jumeau numérique de la personne. À partir de ces données, l'algorithme est capable de projeter différents scénarios de fragilisation. Ainsi, la détection de chute peut entraîner un appel d'urgence vers un proche, ou le suivi par un médecin spécialiste, avec un monitoring à distance de la tension artérielle.

3 En juin 2020, une expérimentation du Conseil Départemental des Hauts-de-Seine a été lancée pour les personnes âgées, en réponse aux fermetures des Ehpad durant le confinement. Porté par Farid Hamzi de la Direction de projets Innovation pour l'Éducation et les Solidarités, le **projet Évasion** englobe un écosystème complet et « propriétaire », incluant du matériel adapté, des contenus de qualité et une solution propriétaire pour le département. L'approche est globale, évitant la segmentation par public cible. La plateforme Évasion offre une authentification individuelle, un accès à divers contenus, des statistiques et prochainement des outils de création. Elle est utilisée pour les seniors pour une découverte culturelle en vidéo 360, avec des contenus adaptés à chaque groupe. Le projet s'étendra prochainement à l'éducation et également avec d'autres domaines d'exploration comme le bien-être, la culture et l'orientation. Les retours positifs ont conduit à l'extension du projet par le département en janvier 2022, visant à fournir des outils immersifs à 150 structures pour seniors.

Agir ici et maintenant

En lien avec les différentes études et les projets cités précédemment, il nous semble aujourd'hui essentiel de mettre au point et diffuser largement un « Guide des précautions d'usage de la réalité virtuelle » rassemblant les consignes pour une pratique responsable des casques de réalité virtuelle.

Ce document rappellerait l'interdiction de la RV pour les enfants, la nécessité du nettoyage et de désinfection systématique des masques (véhicules de maladies oculaires, de virus, etc), et donnerait des avertissements sur les effets génériques et spécifiques en lien avec des pathologies identifiées ou supposées réactives à la réalité virtuelle.

Orange, qui réalise un travail de fond sur le sujet, propose 8 recommandations pour bien utiliser les technologies immersives :

1 • Arrêter l'utilisation des dispositifs AR/VR dès l'apparition de symptômes tels que : nausées, vertiges, sueurs, pâleur...

2 • Prendre un temps de repos d'1 à 2 heure(s) après leur utilisation, surtout avant de reprendre une activité nécessitant de la concentration (conduite automobile par exemple).

3 • Ne pas s'exposer aux écrans 2 heures avant le coucher, en particulier pour les enfants et les adolescents, plus sensibles à la lumière bleue.

4 • Éviter ces technologies pour les personnes épileptiques ou « sensibles » : femmes enceintes, personnes sujettes au mal des transports, aux troubles de l'équilibre, aux migraines...

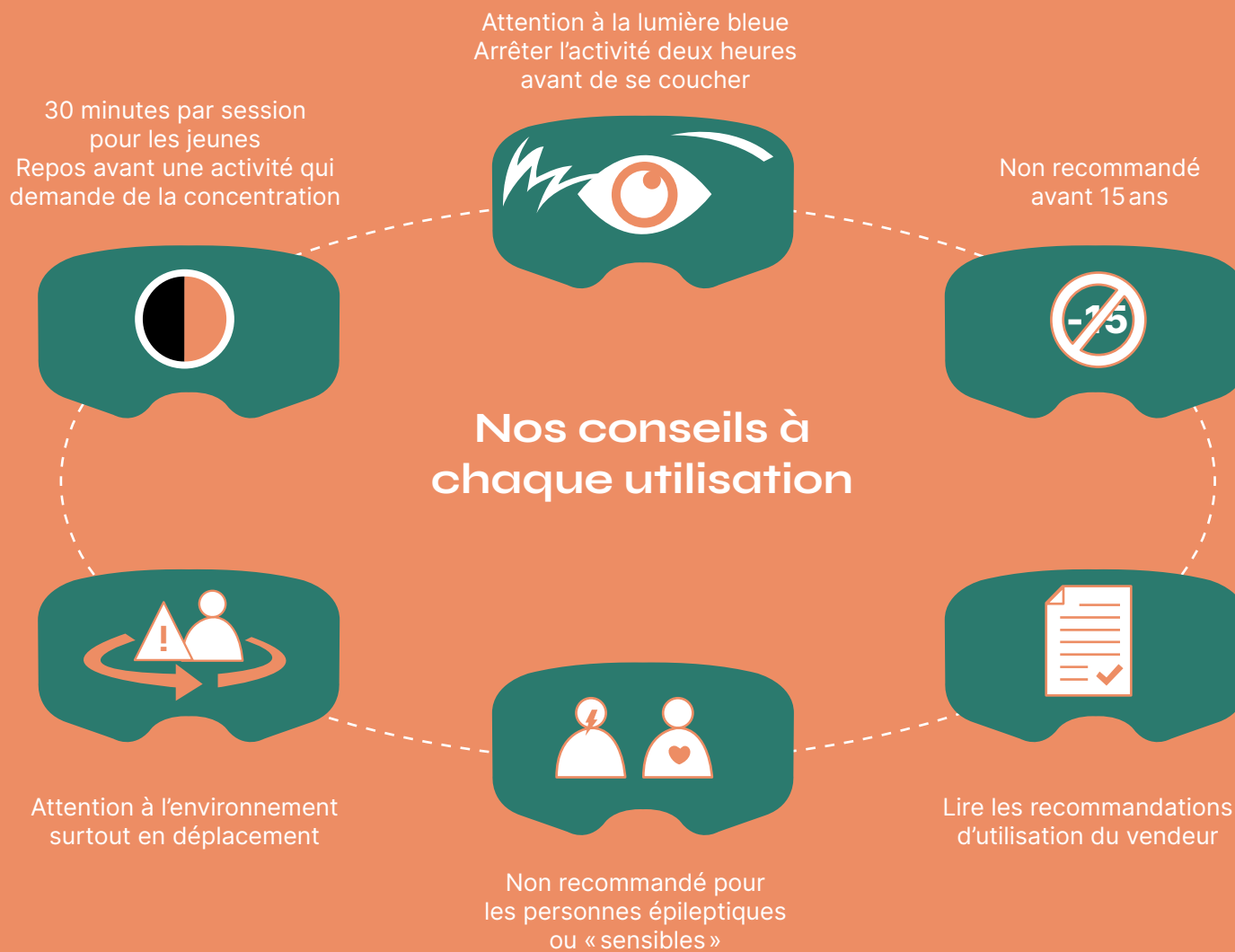
5 • Limiter la durée d'utilisation et/ou faire des pauses régulières pour réduire la fatigue visuelle.

6 • Il n'est pas recommandé d'utiliser de casque VR avant 15 ans.

7 • Faire attention à son environnement, notamment en déplacement. En cas d'usage exceptionnel d'équipement AR/VR par un enfant, s'assurer de la présence d'un adulte.

8 • Lire et respecter les instructions des constructeurs des dispositifs 3D.

Les conseils d'Orange pour bien utiliser les technologies immersives



Horizon 2030 : perspectives

À un horizon plus lointain, il nous semble opportun de lancer un appel à projets dédié dans le cadre de France 2030 pour faire émerger des solutions sanitaires et santé en lien avec les technologies immersives.

Il s'agit également de travailler en étroite collaboration avec les professionnels de santé pour développer des applications de métavers qui répondent aux besoins réels des patients et des prestataires de soins de santé.

Protopies



Les métavers comme plateformes de soins de santé universelle

Imaginer un métavers où chaque individu a accès à des soins de santé de haute qualité, indépendamment de sa situation géographique ou économique. Les patients pourraient consulter des médecins, recevoir des diagnostics et des traitements, et même subir des interventions chirurgicales virtuelles ou réelles.

Immortalité numérique

Dans un futur lointain, nous pourrions envisager la possibilité de télécharger la conscience d'un individu dans les métavers, permettant une forme d'immortalité numérique. Cela pourrait ouvrir de nouvelles possibilités pour la santé et le bien-être, comme la possibilité de vivre sans les limitations du corps physique.

Guérison par l'immersion

Imaginer un monde où la XR (par exemple) serait utilisée pour guérir des maladies physiques et mentales. Par exemple, les patients pourraient utiliser la XR pour visualiser et soigner leur propre corps. La XR fournirait des thérapies virtuelles, comme la thérapie cognitivo-comportementale. Cela pourrait être particulièrement utile pour les personnes vivant dans des zones rurales ou isolées.

Réhabilitation

Les technologies immersives pourraient être utilisées pour aider les patients à se rétablir après une maladie ou une blessure. Par exemple, un patient qui a subi un AVC pourrait utiliser un métavers pour pratiquer des exercices de rééducation.

Gestion de la douleur

Les métavers pourraient aider à gérer la douleur. Un patient souffrant de douleurs chroniques pourrait ainsi utiliser un environnement virtuel pour se distraire et réduire sa perception de la douleur.

Protopies

Santé mentale

Les métavers pourraient aider à traiter des troubles de santé mentale. Une personne souffrant de phobie sociale pourrait utiliser un métavers pour pratiquer des interactions sociales dans un environnement sûr et contrôlé.

Prévention des maladies et éducation thérapeutique

Nous pourrions envisager les métavers comme outils de prévention des maladies. La réalité virtuelle simulerait ainsi les effets d'une mauvaise alimentation ou d'un manque d'exercice sur le corps humain.

Harmonie corps-esprit

Les expériences immersives permettraient d'atteindre une harmonie parfaite entre le corps et l'esprit, en utilisant des techniques de méditation et de relaxation assistées.

Soutien aux personnes âgées

Les métavers pourraient être utilisés pour soutenir les personnes âgées. Par exemple, un métavers pourrait créer un environnement virtuel où les personnes âgées peuvent interagir avec d'autres personnes, participer à des activités et même recevoir des soins médicaux.

Pour aller plus loin

Rapport

« Avis relatif à l'évaluation des risques liés aux niveaux d'activité physique et de sédentarité des enfants et des adolescents », ANSES (2020).

Document

« Casques de RV : consignes d'usage et de sécurité », *Simplon.cov* (2022).

Article

Bhugaonkar Kunal, Bhugaonkar Roshan, Masne Neha. « The Trend of métavers and Augmented & Virtual Reality Extending to the Healthcare System », *Cureus* (2022).

Écologie, climat & biodiversité

Contexte et infos clés

Les usages immersifs « éco-responsables » : vraie solution ou miroir aux alouettes ?

Évaluer les impacts environnementaux positifs et négatifs du numérique est aussi complexe que compliqué, car les référentiels existants ne sont pas parfaits. Beaucoup de mesures se font sans s'y référer, des données clés sont souvent partielles, voire manquantes, les calculs trop souvent centrés sur les GES (Gaz à Effet de Serre) alors que d'autres impacts sont aussi importants (eau, métaux, biodiversité...). La prise en compte des effets rebonds directs, indirects et systémiques est souvent éludée, alors même que leur quantification est possible, comme le propose [la recommandation L.1480 de l'UIT-T](#), et comme le montre notamment l'étude [« Caractérisation des effets rebond induits par le télétravail »](#) de l'[ADEME](#).

Il en est de même pour les technologies, les usages et les expériences immersives. Qu'elles s'appuient sur des terminaux utilisateurs existants (ordinateurs, tablettes, smartphones) ou de nouveaux équipements (masques, etc), qu'elles passent par les technologies blockchain ou pas, les évaluations directes de leurs « bilan environnemental net » ou comparées versus d'autres technologies (la visio par exemple) ou des expériences « réelles » (événements) sont difficiles. En effet, comme le précise l'étude [« Assessing How the Use of Teleworking Impacts GHG Emissions: A Study Case »](#)

présentée lors de la [European Conference on Networks and Communication & 6G Summit](#) de juin 2023, pour chaque solution envisagée, il faut avoir accès à de nombreuses données, notamment de la part des fournisseurs de la solution et des clients de la solution. Il faut de plus comprendre et quantifier le « carbone évité » grâce à l'usage de la solution, typiquement des déplacements évités, sans oublier les effets indirects et autres effets rebond. Cependant, même si de telles études demandent à la fois du temps et la participation active de nombreux acteurs, elles sont indispensables pour identifier et quantifier les impacts positifs. Des premiers exemples illustrent qu'il est effectivement possible de mener à terme ce type d'étude.

Le numérique n'est ni « immatériel » ni « virtuel » : il s'appuie sur des équipements d'infrastructure conséquents (réseaux, centres de données, terminaux utilisateurs), mobilise des ressources critiques (métaux notamment), et consomme de l'énergie de manière massive et continue. La multiplication croissante des équipements et des terminaux est le principal impact environnemental du numérique. Les usages immersifs et les métavers (comme les casques) demanderont également des ressources matérielles importantes, performantes et nouvelles.

En revanche, on ne peut pas négliger que l'empreinte environnementale du numérique provient **en France principalement** - aux deux tiers - des terminaux (avec en tête les TV). La virtualisation des systèmes informatiques (PC, serveurs, supercalculateurs...) dans le cloud a dans ce sens un potentiel indéniable, car elle rend les équipements partageables et réutilisables versus des équipements privés souvent sous-utilisés et non mutualisés. Ce sera également vrai pour la XR et les mondes immersifs. Les métavers en tant que mondes persistants uniquement accessibles par des casques de réalité virtuelle pourraient dessiner un scénario du pire en termes d'impacts écologiques, mais les technologies immersives ne passent pas forcément, et pas toutes, par des masques/casques.

C'est par ailleurs le cas des mondes immersifs qui tirent profit des technologies blockchain (Sandbox, Decentraland, etc), « par design » plus impactantes et énergivores que les univers immersifs connectés de manière « classique ». Les usages « flat » ou « dégradés » via des tablettes et des ordinateurs ouvrent le champ à un développement et une adoption qui ne sera pas mécaniquement synonyme de prolifération de « nouveaux devices » nécessitant de la 3D en streaming à ultra-haute définition et à un haut rendu (4k, 90fps).

Le cœur du sujet serait donc plutôt de prendre le temps et le recul nécessaire, et de commencer par analyser les différents cas d'usages associés à la solution (persistant ou non, casque ou non, blockchains ou non, etc.) au regard de leurs impacts, mais aussi de leurs contributions positives en termes de coûts/impacts environnementaux évités (exemples : télétravail, accueil de nouveaux collaborateurs, événements). Pour une même technologie, selon la

manière dont elle est utilisée, son résultat en coût carbone tous effets inclus peut varier considérablement voire parfois - rarement - dépasser la dépense carbone liée à l'implémentation et l'usage des outils technologiques eux-mêmes. Il s'agit de ne pas se focaliser uniquement sur les impacts carbone/GES, mais bien plus globalement sur l'ensemble des impacts environnementaux (biodiversité, eau, métaux, consommation d'énergie primaire, etc.) et de les comparer à une situation de référence crédible, historique le plus souvent, prenant en compte les facteurs d'émission des devices et contenus (PC, smartphones, tablettes, sites web, visio, etc.).

Les technologies immersives suscitent des espoirs en ce qui concerne la réduction des émissions de GES via la substitution et l'évitement d'usages énergivores. La téléprésence pourrait éviter une partie des 15 % des émissions de GES qui sont exclusivement liées aux déplacements des personnes. L'exemple du musée du Louvre est intéressant sur le sujet : **95 % de son empreinte carbone** provient des visiteurs et de leurs trajets pour venir au musée.

Plusieurs études révèlent que les conférences organisées en ligne sont **jusqu'à 50 fois** moins impactantes qu'en présentiel. Selon une évaluation conduite par « 3D At Home », la différence d'impact carbone entre un événement virtuel et un événement en présentiel serait de l'ordre de 1 pour 1000. Cependant, le maintien des déplacements, la moindre efficacité de la réunion ou les effets rebond n'ont par exemple pas été mesurés.

Trois études indiquent que la visioconférence a un effet de réduction des impacts environnementaux directs :

- **«Évaluation de l'empreinte carbone d'une visioconférence**

entre deux utilisateurs du service rendez-vous», Françoise Berthoud, Marion Ficher, CNRS HAL Open Science, mars 2022 ;

- « L'impact de nos usages en visioconférence sur mobile et PC!, **Lyssa Corcuff** », Greenspector, septembre 2022 ;
- « Empreinte Environnementale d'une visio-conférence », Denis Bochatay, EPLF, mai 2019.

L'étude « métaverse could put a dent in global warming » présentée en juin 2023, menée par l'Université Cornell évalue la contribution positive des métavers à la lutte contre le réchauffement climatique. Elle indique que d'ici à 2050, le métavers pourrait réduire les émissions de gaz à effet de serre de 10 gigatonnes, diminuer la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère de 4,0 parties par million, réduire le forçage radiatif effectif de 0,035 watts par mètre carré et réduire la consommation totale d'énergie domestique de 92 EJ - une réduction qui dépasse la consommation annuelle d'énergie de tous les secteurs d'utilisation finale au niveau national au cours des années précédentes.

Mais ces technologies sont également pointées du doigt pour leur caractère très énergivore et extractif, leur faible effet de substitution (le télétravail ne réduit pas toujours les déplacements, les visioconférences, les réunions physiques, les événements en ligne, le nombre d'événements, etc) et les effets rebond directs et indirects qu'elles génèrent. Cependant, il est risqué de s'appuyer sur des études si elles n'utilisent pas une méthodologie de référence.

Le plus important réside dans le fait d'estimer correctement les impacts positifs et négatifs et de mettre en place des solutions destinées à les optimiser avec des indicateurs fiables obtenus et

reconnus, sur chaque cas d'usage particulier étudié, en lien avec un dialogue ouvert à toutes les parties prenantes : fournisseurs de contenus, constructeurs, opérateurs, utilisateurs et régulateurs en utilisant une méthodologie ouverte et auditable. Selon les termes de la recommandation UIT-T L.1480, il apparaît clairement que les métavers augmentent les effets négatifs dits du « premier ordre », i.e. ceux liés à l'existence de la solution technologique elle-même.

Nous pouvons par ailleurs concevoir la relation entre les technologies XR et l'environnement, le climat et la biodiversité d'un autre point de vue. En effet, ces technologies peuvent déplacer des usages d'un monde physique à un monde immersif. Certes, le coût de l'expérience immersive n'est pas neutre, mais il peut être infiniment moins important que dans le monde réel. Par exemple, remplacer un voyage pour une rencontre à New-York par un rendez-vous à distance potentiellement dans les métavers, remplacer les besoins de consommation d'objets carbonés par des assets digitaux (tenues ou accessoires pour avatar par exemple). Il conviendra de mesurer si la rencontre virtuelle ou la consommation d'objets virtuels se sont ajoutés ou effectivement substitués aux interactions physiques pour valider l'efficacité de la méthode.

On peut aussi aller plus loin, car les technologies immersives pourraient contribuer à une prise en compte des enjeux de réchauffement climatiques bien plus importants que d'autres médiums. En effet, en plaçant l'individu au cœur de situations d'adaptation ou de résilience, il ressent et comprend l'urgence et les difficultés de la situation. L'éducation au changement climatique deviendrait alors plus efficace que par des outils digitaux traditionnels qui impliquent moins l'individu.

Les questions qui fâchent

n°1

A-T-ON BESOIN D'UN ÉQUIPEMENT SPÉCIFIQUE POUR UTILISER LES MÉTAVERS ?

À ce jour, l'usage des métavers implique souvent le recours à un casque. Pour autant, d'autres modalités d'accès sont possibles, comme les tablettes ou les smartphones. La mutualisation des accessoires de VR est une piste à explorer pour garantir un accès le plus large possible au métavers, tout comme les espaces collectifs dédiés à ces univers immersifs.

n°2

QUEL EST LE COÛT ENVIRONNEMENTAL DE LA FABRICATION D'UN CASQUE DE RÉALITÉ VIRTUELLE ?

Initié en août 2022, le Cas d'Étude Pour un Immersif Responsable (CEPIR) est un projet d'évaluation des impacts environnementaux de la XR (VR/AR/MR) soutenu par l'État dans le cadre du dispositif « Soutenir les alternatives vertes dans la culture » (France 2030). L'analyse du cycle de vie d'un casque VR a mis en évidence que les impacts environnementaux se concentrent sur la consommation d'énergie fossile et donc sur la contribution au changement climatique, ainsi que sur l'épuisement des ressources minérales et métalliques.

L'industrie numérique est également très consommatrice en eau. L'étape la plus impactante du cycle de vie est la fabrication du casque qui représente plus de 95 % de l'impact tous indicateurs confondus. Il faut donc prolonger la durée de vie des terminaux, après avoir questionné la finalité et la généralisation des usages. Les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication d'un casque s'élèvent à 97 kgCO₂e par unité avec écran OLED (contre 156 kgCO₂e pour un ordinateur portable d'après la base empreinte ADEME).

Les questions qui fâchent

n°3

LE DÉVELOPPEMENT DE L'USAGE DES TECHNOLOGIES MÉTAVERS VA-T-IL VRAIMENT PERMETTRE DE DIMINUER L'UTILISATION DES TRANSPORTS. QUE SAIT-ON À CE SUJET ?

Il existe un potentiel pour la réduction des transports de biens et de personnes dans différents secteurs (tourisme, culture et divertissement, formation, etc.) et via le développement de modalité de réunions à distance. Il faut néanmoins tenir compte des effets rebonds et des bilans net carbone d'un onboarding dans les métavers. Là encore, le calcul de l'effet de la solution ne peut être effectué que pour des couples solution-usage déterminés, dont certains pourraient être pertinents d'un point de vue carbone.

n°4

COMMENT AFFIRMER QUE LE BILAN ENVIRONNEMENTAL NET DE LA XR ET DES MÉTAVERS EST À LEUR AVANTAGE SANS SE BASER SUR DES DONNÉES FIABLES, DES RÉFÉRENTIELS ET DES MÉTHODOLOGIES ROBUSTES ?

Dans l'article de 2022 [Metaverse : could creating a virtual world build a more sustainable one?](#), Nicola Morini Bianzino, EY Global Chief Technology Officer, revient sur le [white-paper Digital twin: the Age of Aquarius in construction and real estate](#) montrant que « les jumeaux numériques

- réduisent les émissions de carbone des bâtiments de 30 % durant leur phase d'utilisation ;
- améliorent l'efficacité opérationnelle et de maintenance de 35 % ;
- augmentent la productivité humaine de 20 % et améliorent l'utilisation de l'espace de 15 % .»

Mais les évaluations et les chiffres manquent pour affirmer qu'en remplaçant le physique par du virtuel, les métavers pourraient offrir des avantages de durabilité dans le monde réel. Certes, les rencontres dans les métavers, de nouvelles façons de voyager, des produits numériques, pourraient réduire certains impacts. Mais les effets rebonds et l'analyse du cycle de vie (ACV) et de la totalité des impacts des technologies pourraient amoindrir l'optimisme d'un bilan net positif. Certaines expériences virtuelles dans les métavers seront probablement beaucoup moins gourmandes en ressources et plus efficaces en carbone que celles comparables dans le monde réel, mais il n'y a pas que le carbone et les impacts indirects sont rarement quantifiés.

Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables

Travaux de recherche, rapports, ressources

1 L'ambition du **projet CEPIR** (cf. p. 47) est de produire des données et des outils permettant d'évaluer les impacts environnementaux de la filière XR française et d'émettre des recommandations à l'attention des acteurs en charge des politiques publiques et des professionnels de la filière.

L'objectif de ces évaluations est d'identifier les conditions dans lesquelles les impacts environnementaux de la filière seront compatibles avec une trajectoire de référence ambitieuse, à la hauteur des enjeux de décarbonation et tenant compte des risques d'approvisionnement en matières premières, à l'horizon 2030.

De nombreux travaux et études sont en cours, parmi lesquels :

- le compte-rendu d'enquêtes menées auprès des professionnels de la filière XR et d'experts du numérique responsable;
- les bilans carbone d'une œuvre VR, d'un studio et d'un distributeur XR;
- l'analyse de cycle de vie multicritères de 4 casques VR;
- une prospective à horizon 2030 des impacts environnementaux de la filière;
- un calculateur carbone et un guide de bonnes pratiques en matière d'éco-conception à destination des professionnels de la filière.

2 **France Immersive Learning** a lancé une consultation avant la mise en place d'un **Observatoire des usages XR en éducation et formation**. Cette enquête quantitative, associée à une série de 30 entretiens, compare les impacts d'une formation en présentiel, hybride, en visio ou via un métavers.

3 L'étude « **Digital4Climate** » d'Agoria, réalisée par Accenture et publiée en juin 2022, est la première étude belge qui fournit des chiffres, des exemples et des recommandations sur le potentiel des technologies numériques pour réduire les émissions de CO₂ en Belgique. L'analyse se concentre en particulier sur le potentiel de réduction des émissions de CO₂ liées à l'utilisation des technologies numériques dans les quatre secteurs les plus intensifs en émissions : l'industrie, le bâtiment, la mobilité et la logistique, ainsi que le secteur de l'énergie. Elle conclut notamment que l'impact positif en réduction d'émissions de 15 cas d'usages numériques dans ces secteurs est cinq fois supérieur à l'empreinte totale des émissions du numérique d'ici à 2030.

Initiatives qui pourraient présenter un bon degré de sobriété

- 1 Le contenu interactif **3D at home** propose une plateforme éco-conçue de salons virtuels, en partenariat avec Greenspector. Ce projet n'utilise pas encore le 3D interactif.
- 2 Le projet **Meetesia** offre aux professionnels la possibilité de créer leur propre métavers éco-responsable, sans matériel particulier et sobre en consommation d'énergie.
- 3 La plateforme **3DEXPERIENCE** de Dassault Systèmes offre aux entreprises la possibilité de créer et de visualiser des jumeaux numériques de leurs produits, processus et opérations. Des voitures aux villes en passant par le cœur humain, les entreprises représentent des systèmes complexes grâce à la modélisation et la simulation basées sur la science, de l'analyse de données et de la collaboration. Elles peuvent ainsi relier les mondes virtuel et réel en boucle fermée, afin d'étudier toutes les possibilités et tous les scénarios. Elles peuvent ainsi concevoir des produits et des expériences et les tester, depuis l'idéation jusqu'à la mise sur le marché et l'utilisation, avant de passer à la phase de production.
- 4 Dans son article **« Les effets environnementaux indirects de la numérisation »** (gauthierroussilhe.com, septembre 2022), Gauthier Roussilhe, Doctorant au RMIT et au Centre de Recherche en Design (ENS Saclay, ENSCI), évoque que *« la terminologie et le vocabulaire désignant les effets indirects varient d'une publication à l'autre et ne semblent pas être fixés dans la communauté scientifique. Les effets directs sont parfois nommés effets de premier ordre et les effets indirects peuvent être appelés des effets de deuxième et de troisième ordre. »* Le tableau ci-contre tente de résumer les différentes terminologies et leur explication :

Portée	Effet	Exemple (de Horner)	Méthodes associées
Direct / Première commande	Empreinte incarnée	Énergie, matériaux et ressources pour produire un système GPS	L'évaluation du cycle de vie
	Empreinte opérationnelle	Énergie, matériaux et ressources pour faire fonctionner un système GPS	
	Empreinte d'élimination	Énergie, matériaux et ressources pour éliminer un système GPS en fin de vie	
Cas limite	Induction	Les équipements induits par l'utilisation du système GPS (satellites, etc.) - peuvent également être considérés comme des effets directs ou des effets rebond.	Mixte
Indirect / Deuxième ordre	Efficacité / Optimisation	Circulation plus efficace grâce au routage amélioré par GPS	Cadre d'habilitation/ Émissions évitées
	Substitution	Remplacement des cartes papier	
	Rebond direct	Plus de déplacements grâce à la réduction du coût des embouteillages	L'effet de rebondissement
Indirect / Troisième ordre	Rebond indirect	Empreinte consommée pendant le temps économisé grâce à des déplacements efficaces	
	Rebond à l'échelle de l'économie (changement structurel)	Le GPS permet des véhicules autonomes et entraîne la croissance de la fabrication de systèmes de transport intelligents	
	Transformation systémique	Les véhicules autonomes modifient les modes de vie et de parole des gens.	

Cependant, depuis décembre 2022 et l'adoption de la recommandation L.1480 par l'UIT-T, ces ambiguïtés sont à présent levées.

Initiatives liées à l'éducation et à la prise de conscience d'enjeux environnementaux et sociaux

- 1 La **Fondation ELYX** et PwC France et Maghreb se sont associés pour démontrer comment les métavers et le Web3 peuvent être un levier d'accélération vers une société plus juste (selon leurs critères), plus sûre et plus respectueuse de la planète. Leurs **10 convictions holistiques autour du métavers et du Web3 pour les ODDs** mentionnent une contribution possible des métavers et du Web3 aux 17 Objectifs de Développement Durable des Nations Unies. Pour Yacine Ait Kaci, directeur artistique et stratégique de la Fondation ELYX et Adeline Pilon, co-fondatrice de la Fondation ELYX, « *L'émergence d'une nouvelle vague digitale, entre web décentralisé (Web3), web spatialisé (métavers) et IA créent des conditions inédites de bouleversement de nos modèles, qui font écho aux besoins de transformations fondamentaux de nos sociétés pour atteindre les objectifs de l'Agenda 2030. Cette initiative nous permet d'une part d'œuvrer ensemble sur un contenu bâti autour de 10 convictions que nous rendrons accessibles à tous et d'autre part de proposer des solutions sur-mesure aux organisations qui souhaitent sauter le pas.* »
- 2 **Manzalab** crée des expériences immersives et digitales pour la formation (notamment des « événements » d'onboarding) et la communication.
- 3 L'Excelia Business School à la Rochelle propose de compléter les cours en présentiel par des expériences d'apprentissage immersives au sein de sa **XL Factory**. Un espace dédié, intitulé

« Explore », a été conçu pour vivre des expériences d'apprentissage immersives qu'on ne peut reproduire ni dans un campus ni en stage. Un autre métavers de prise de parole en public permet d'améliorer son comportement à l'oral, mais également son langage corporel.

- 4 **Sovereign Nature Initiative** s'appuie sur la communauté du jeu Moonsama pour collecter et échanger des avatars de lions sur la base de données réelles provenant de prédateurs de la zone de conservation de Maasai Mara au Kenya, créant une connexion émotionnelle et un engagement social avec le travail de conservation de la nature.
- 5 **Healverse** est un jeu ludo-éducatif lancé en partenariat avec **Code Green**, **The Sandbox** et les Nations Unies sur les bons gestes pour préserver notre planète.
- 6 **A Mangrove Experience** est une installation artistique, où le public est invité à entrer dans une mangrove de papier et de lumière via un casque VR. Cinq actions sont à réaliser pour que le visiteur atteigne, grâce à sa montre ODD, l'année 2030, durant laquelle il découvre une mangrove régénérée, mais un niveau d'eau trop élevé. À l'issue de l'expérience, le public peut participer à la régénération d'une mangrove en achetant des SFT (Semi-Fungible Tokens) adossés à des crédits carbone. Cette installation est signée Yacine AIT KACI et les SFT sont émis et adossés par carbonable.io.

Agir ici et maintenant

Plusieurs pistes pour aller vers un métavers soucieux du développement durable, dès maintenant :

- Mettre en place une « task force » de calcul d'impacts nets et solliciter les constructeurs, éditeurs et hébergeurs pour qu'ils partagent les données permettant de calculer les impacts des usages dits de substitution. Objectif : obtenir des scénarios « technologies immersives et XR » sur le modèle de [l'étude ADEME/Arcep traitant de l'empreinte environnementale du numérique en 2020, 2030 et 2050](#), appliquant de manière transparente la méthodologie L.1480 de l'UIT-T, recommandation internationalement reconnue prenant en compte toutes les conséquences.
- Pour information, une étude de la consommation induite par l'usage de certains métavers comme Virbela, Roblox, The Sandbox ou Decentraland reste à faire, comme cela a été le cas pour AppyFair de 3DAtHome qui a fait vérifier [l'impact carbone lié à l'utilisation de son application](#) par Greenspector.
- Collecter les Oculus de première génération inutilisés, mais encore fonctionnels, pour les mettre à disposition dans les quartiers populaires, les zones rurales ou les espaces publics numériques.
- Lancer une démarche d'appels à projets dans le cadre de France 2030 sur les volets suivants, en prévoyant d'appliquer la

méthodologie L.1480 de l'UIT-T et les autres recommandations pertinentes (L.1410 notamment sur l'analyse des cycles de vie).

- L'efficacité énergétique : il faut dès à présent travailler à améliorer l'efficacité énergétique des technologies immersives pour réduire leur consommation d'énergie.
- Le recyclage des équipements : mettre en place des programmes de recyclage pour les équipements utilisés dans les métavers, comme les casques de réalité virtuelle, pour réduire l'impact environnemental de leur production.
- L'utilisation de sources d'énergie renouvelables : encourager l'utilisation de sources d'énergie renouvelables pour alimenter les serveurs et autres infrastructures nécessaires au fonctionnement des métavers.
- La mutualisation de toutes les ressources nécessaires aux univers immersifs
- Utiliser les métavers comme plateformes pour sensibiliser et former les utilisateurs sur les questions environnementales et les encourager à adopter des comportements plus durables (comme le [Games and Sustainable Development Goals Summit](#) lancé en 2023 dans le cadre du [Festival Games For Change](#)), en évaluant les résultats effectifs en termes de carbone de ces formations (pour notamment éviter qu'elles ne soient utilisées en premier lieu comme une plateforme de démonstration commerciale).

Horizon 2030 : perspectives

D'autres pistes sont à explorer à l'horizon 2030 :

- Explorer des solutions écoresponsables et développer un système de mesure de l'impact environnemental exhaustif, aux bornes de la Terre, des infrastructures des métavers prenant en compte les recommandations internationales existantes. C'est la Proposition 10 du rapport de la Mission exploratoire sur les métavers (Adrien Basdevant, Camille François et Rémi Ronfard, octobre 2022).
- Créer une filière nationale de recyclage et de reconditionnement des casques et masques de XR. Passer à une logique de location impliquant une réelle prise en compte du cycle de vie complet avec réparation, réutilisation et recyclage.
- Inciter ou réguler le métavers émettant moins de CO₂e : incitation ou régulation, comment faire en sorte que les métavers soient plus vertueux en impact carbone sans tomber dans du greenwashing. La question reste à approfondir.
- Simuler des scénarios climatiques : les technologies immersives pourraient être utilisées pour simuler différents scénarios climatiques et leurs impacts potentiels. Cela pourrait aider les décideurs à comprendre les conséquences de différentes actions (par exemple les échanges globalisés de biens et services) et à planifier des stratégies d'adaptation au changement climatique, en mesurant bien sûr les résultats effectifs en termes de carbone de ces formations au regard des décisions suscitées et des changements de comportements observés.

Protopies

Les métavers comme promotion de la conservation de la biodiversité

Les métavers pourraient être utilisés pour promouvoir la conservation de la biodiversité. Par exemple, les utilisateurs pourraient y adopter des espèces menacées, ce qui aiderait à financer des efforts de conservation dans le monde réel.

Modélisation de systèmes écologiques

Les technologies immersives pourraient être utilisées pour modéliser des systèmes écologiques complexes. Avec pour objectif d'aider les scientifiques à comprendre les interactions entre différentes espèces et leur environnement.

Biodiversité virtuelle

Créer des métavers qui imitent la biodiversité du monde réel, permettant aux utilisateurs d'interagir avec des espèces virtuelles et de comprendre l'importance de la biodiversité.

Économie circulaire dans les métavers

Créer une économie circulaire⁷ dans les métavers où tous les matériaux sont recyclés et réutilisés, minimisant ainsi leur impact environnemental.

7. L'économie circulaire est un modèle de production et de consommation qui consiste à partager, réutiliser, réparer, rénover et recycler les produits et les matériaux existants le plus longtemps possible afin qu'ils conservent leur valeur.

Pour aller plus loin

Articles et ouvrages

- [« À quelles conditions le numérique peut-il favoriser la transition écologique ? »](#). Ademe (septembre 2022).
- [« Quels sont les impacts du numérique ? »](#). Ademe (septembre 2022).
- Aravind Gandhi Periyasamy, Amarjeet Singh, and Khaiwal Ravindra. [« Carbon Emissions from Virtual and Physical Modes of Conference and Prospects for Carbon Neutrality: An Analysis From India »](#). Air, Soil and Water Research (avril 2022).
- Fangming Liu, Qiangyu Pei, Shutong, Chen Yongjie, Yuan, Lin, Wang, Max Mühlhäuser. [« When the métaverse Meets Carbon Neutrality: Ongoing Efforts and Directions »](#). IEEE, (décembre 2022).
- Tristan Gaudiaut. [« Réseaux sociaux : quelle empreinte carbone ? »](#). statista.com (février 2022).

Rapports

- Marion Ficher, Françoise Berthoud, Anne-Laure Ligozat, Patrick Sigonneau, Badis Tebbani, Maxime Wisslé, [« Évaluation de l'empreinte carbone de la transmission d'un gigaoctet de données sur le réseau RENATER »](#). (mars 2021).
- Françoise Berthoud, Marion Ficher, [« Évaluation de l'empreinte carbone d'une visioconférence entre deux utilisateurs du service rendez-vous »](#), CNRS - EcolInfo (2022).
- Jacques-André Fines Schlumberger, Pierre Noro, Lucas Zaehringier. [« Blockchains et Développement durable 2022-2023 »](#). Association Blockchain for Good (septembre 2022).

Autre

- [Simulateur Impact CO2](#) : service public gratuit porté par l'[accélérateur de la transition écologique](#), l'incubateur interne de l'[ADEME](#). Il calcule l'empreinte carbone des appareils en tenant compte de leurs usages et de leur construction.
- Recommandation [L.1480 : Enabling the Net Zero transition: Assessing how the use of information and communication technology solutions impact greenhouse gas emissions of other sectors](#), Union Internationale des Télécommunications (2022).

Gouvernance, droit & régulation

Contexte et infos clés

Les métavers : une zone de non-droit ?

La réponse est non, ou plutôt pas tout à fait. Les métavers sont considérés au point de vue juridique comme « services de publication numérique ». Dans une large mesure, il y a bien une applicabilité du droit existant (comme le RGPD, DSA, le DMA, ou l'AI Act) en matière de responsabilisation des plateformes, de protection des données personnelles ou de gestion des risques sociotechniques. La commissaire européenne Margareth Vestager l'a d'ailleurs souligné à l'occasion de la présentation de [l'initiative européenne sur le métavers](#), confirmant ce qu'avait publié sur LinkedIn Thierry Breton le 14 septembre 2022. Il rappelait la force du DSA et DMA actuel en tant que système légal pour le moment jugé adaptable ou nécessitant des travaux d'ajustement à la marge, « avant de parler d'une refonte profonde de notre RGPD. »

En revanche, plusieurs enjeux spécifiques aux métavers, se posent et présentent de nouveaux défis :

- la protection des utilisateurs en temps réel ;
- la protection des données émotionnelles et cognitives ;
- la protection des droits de propriété intellectuelle ;
- la protection de la propriété des actifs immatériels dans les registres distribués ;
- le recouvrement de l'impôt sur les transactions en cryptomonnaies ;
- la protection des personnes contre les abus industriels (comme

la publicité invasive) et sociétaux (comme le militantisme) dans l'usage de la réalité augmentée

Les acteurs interrogés et ayant contribué à cette partie évoquent toutes et tous que le droit n'a pas réponse à tout. Les gouvernances partagées (standards, protocoles, matériels) et la régulation peuvent venir des opérateurs de plateformes et de réseaux, voire des utilisateurs eux-mêmes (« netiquette des métavers », code de bonne conduite, etc.) pour traiter à la fois les questions de vie privée, d'intégrité, de sécurité mais aussi d'équité et d'inclusion.

La « méta-solution » serait donc de laisser les droits supranationaux ou nationaux s'appliquer et d'encourager l'autorégulation des acteurs et des utilisateurs.

L'aspect spatial des métavers pose néanmoins la question de la frontière et donc de la nationalité du droit qui s'applique. La définition du territoire par le lieu d'hébergement des serveurs n'est pas pertinente. Quelle autre solution apporter à cette problématique ?

La meilleure option consiste à partir des usages, car les enjeux sont différents en termes d'applicabilité du droit. Plus que les technologies telles qu'Internet ou le web, ce sont en effet les publications, les réseaux sociaux, les données et la propriété intellectuelle qui sont et doivent être régulés.

Éviter les écueils

Il s'agit également d'éviter les deux écueils suivants : les métavers sont comme le web / les métavers sont un far west.

En réponse à la posture « Les métavers sont comme le web », rappelons que la XR et le Web3 (blockchain/décentralisé) posent des questions différentes et qu'il est essentiel de les séparer. Les NFTs ne sont pas régulés, car le transfert de propriété est formalisé dans le droit par des signatures de personne à personne. Or, la blockchain n'est pas réduite à ce formalisme !

Quant à l'idée que les métavers sont un far west, elle peut être balayée par le fait que les droits nationaux (civil, pénal, consommation, etc.) s'appliquent très largement, puisque les métavers sont considérés comme des services de publication numérique. Les régimes supranationaux (RGPD, le DMA/DSA) s'appliquent quant à eux en Europe, mais pas dans tous les pays de manière uniforme.

Côté RGPD, la question est la suivante : y a-t'il des « nouvelles données » qui sont liées aux technologies immersives et qu'il faut

réglementer ? On pense notamment aux données biométriques, à l'eye-tracking, aux données gestuelles (caméra tournée vers le visage pour les futurs avatars).

Pour rappel, l'usage d'un *device*⁸ n'est pas de la responsabilité du constructeur (comme avec les ordinateurs et les smartphones). En revanche les boutiques en ligne, les plateformes et les applications font l'objet de CGU et donc d'obligations côté éditeur et côté utilisateur.

Il reste important de différencier :

- Ce qui est de l'ordre de la gouvernance/de l'auto-régulation (nétiquette des métavers) ;
- Ce qui est de l'ordre de la loi ou du règlement ;
- Ce qui peut être spécifique à certaines verticales (comme les données de santé).

8. Appareil électronique

Réguler à travers les standards techniques ?

Dans le rapport de la [mission exploratoire sur les métavers](#), Adrien Basdevant, Camille François et Rémi Ronfard avaient déjà mentionné que la régulation et la gouvernance des mondes immersifs seront liées aux questions de standards techniques et d'interopérabilité : « L'avenir des technologies de l'immersion n'est pas encore décidé et beaucoup se jouera (comme cela a pu être le cas pour Internet et pour le web) sur les standards technologiques qui s'imposeront dans les années à venir. Il semble souhaitable (P2) de réinvestir les instances de négociation des standards techniques, et que la France et les principaux acteurs français (du secteur numérique de l'immersion, mais aussi de la recherche sur ces sujets) participent activement aux discussions sur l'interopérabilité des technologies de l'immersion. Il est urgent de reprendre place dans

les instances de standardisation (groupe de travail "Immersive web" du W3C, consortium métavers Standards Forum) afin de participer en amont à l'élaboration des normes, plutôt que d'en subir les conséquences en aval. Cela nécessite une implication de l'ensemble de l'écosystème et de la puissance publique afin de converger sur des positions nationales claires à défendre, et de mettre en place des expérimentations pour conforter ces positions. Les institutions de standardisation des couches techniques du web (IETF, W3C, Web3D, Khronos...) sont ouvertes, accessibles aux personnes physiques comme morales. La présence de cadres de haut niveau représentant le secteur public français, comme c'est désormais le cas pour d'autres instances de négociation de standards numériques, peut permettre la co-création de l'infrastructure du métavers. »

Les questions qui fâchent

n°1

LES DONNÉES ÉMOTIONNELLES ET COGNITIVES SONT-ELLES PROTÉGÉES DANS LES MÉTAVERS ?

Le RGPD s'appliquant aux données personnelles et non au service, il concerne bien les données personnelles dans les métavers. La question se pose souvent à l'aune des nouveaux types de capteurs de ces dispositifs immersifs, notamment dans le cas du suivi des mains (*hands tracking*) ou du suivi des yeux (*eyes tracking*), avec la protection des données biométriques, émotionnelles, physiologiques ou cognitives. Le RGPD inclut déjà une définition des données biométriques qui couvre les caractéristiques physiologiques et comportementales d'un individu. Dans un contexte où les technologies immersives pourraient devenir un mode d'accès majeur au numérique, il paraît nécessaire d'évaluer en détail comment le RGPD s'appliquera à ces nouveaux services.

n°2

MA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE EST-ELLE PROTÉGÉE DANS LES MÉTAVERS ?

Comme le rappelle l'Office de l'Union européenne pour la Propriété intellectuelle, les nouvelles technologies ont sans cesse questionné l'application du droit de la propriété intellectuelle. Une analyse de la Commission Européenne affirme ainsi que la propriété intellectuelle d'éléments existants en dehors des métavers (marques, œuvres, etc.) est protégée lorsque ces éléments sont introduits dedans. En revanche, la question semble plus complexe concernant les créations ex nihilo dans les métavers, notamment lorsque ces créations impliquent l'utilisation de NFTs. Dans ce cas, la propriété intellectuelle devra être examinée au regard de l'originalité de la création et des règles définies par l'environnement immersif utilisé.

n°3

LES UTILISATEURS SONT-ILS PROTÉGÉS EN TEMPS RÉEL DANS LES MÉTAVERS ?

Ça dépend ;-)

La protection des utilisateurs dans les mondes virtuels et les métavers est un sujet complexe qui touche à plusieurs domaines, notamment la loi, la technologie et l'éthique. Certaines lois dans certains territoires peuvent être protectrices (comme le RGPD en Europe pour les données personnelles).

Les plateformes ont également des politiques pour protéger les utilisateurs. Cela peut inclure des règles sur le comportement acceptable, des systèmes pour signaler les abus, et des mesures pour protéger la confidentialité des utilisateurs.

Des technologies comme la blockchain ou le chiffrement sont aussi des moyens de protéger les utilisateurs via des mécanismes d'identification et de vérification qui peuvent aider à prévenir l'usurpation d'identité et d'autres formes d'abus.

Enfin, les bonnes pratiques en termes d'usages et les règles de bonne conduite qui tirent profit de l'éducation et de la responsabilité des utilisateurs peuvent s'avérer efficaces pour protéger les données personnelles, reconnaître les tentatives d'hameçonnage, signaler les abus.

La protection des marques

L'avènement des plateformes virtuelles et des univers dits métavers sous-tend son lot d'interrogations quant à la protection des marques. Est-ce que les droits des marques de commerce reliés à des biens physiques des grands designers, ou d'autres grands manufacturiers, s'étendent à des produits virtuels présents dans les métavers ? La question n'est pas évidente et la jurisprudence est devant un canevas vierge en la matière.

On peut indiquer deux importantes victoires pour les titulaires de marques enregistrées :

- Le célèbre cas Metabirkin : l'artiste digital Mason Rothschild a été **jugé coupable en 2021** d'avoir porté atteinte à la propriété intellectuelle d'Hermès après avoir imaginé et commercialisé une série de 100 NFTs MetaBirkins directement inspirés par le sac iconique d'Hermès.
- L'injonction demandée par **le football club Juventus** et concédée par le Tribunal de Rome interdisant la production, la commercialisation, la promotion et l'offre à la vente directe et/ou indirecte des NFT (des figurines numériques de collection utilisant les marques « Juventus » et « Juve »), en raison de la violation des droits exclusifs sur l'utilisation dans le commerce de ses marques déposées.

Ces deux décisions soulignent que les propriétaires de marques ne devraient pas négliger la mise en place d'une stratégie de protection de leurs marques dans la sphère numérique.

n°4

QU'EST-CE QU'UNE DONNÉE SENSIBLE DANS UN MONDE VIRTUEL ?

Les lois sur la protection des données varient d'un pays à l'autre. Ce qui est considéré comme une donnée sensible peut également varier. En outre, les technologies, usages et expériences immersives évoluent rapidement, ce qui peut conduire à la collecte de nouveaux types de données sensibles à l'avenir :

- Données biométriques. Les systèmes de réalité virtuelle (VR) et de réalité augmentée (AR) peuvent collecter des données biométriques, comme les mouvements oculaires, les expressions faciales, la fréquence cardiaque, etc. Ces informations peuvent être extrêmement sensibles car elles peuvent révéler des détails intimes sur la santé physique et mentale d'un individu.
- Données de localisation. Les dispositifs XR peuvent souvent collecter des informations sur la localisation de l'utilisateur. Ces informations peuvent être sensibles,

surtout si elles sont collectées en temps réel et peuvent révéler où se trouve une personne à un instant T.

- Données d'interaction. Ces données comprennent les informations sur les actions de l'utilisateur dans le monde immersif, y compris avec qui ils interagissent, ce qu'ils disent, les objets avec lesquels ils interagissent, etc. Ces données peuvent révéler des détails intimes sur les préférences, les habitudes et le comportement de l'utilisateur
- Données d'identité. Cela comprend des informations comme le nom réel, l'adresse, le numéro de téléphone, l'adresse e-mail, etc. Ces informations sont généralement nécessaires pour créer un compte, mais peuvent être sensibles si elles sont divulguées.
- Données financières. Les informations de paiement, les transactions effectuées, les biens achetés dans le monde immersif peuvent être considérés comme des données sensibles.
- Profils psychologiques. En analysant les comportements et les interactions dans les mondes immersifs, il est possible de construire des profils psychologiques détaillés des utilisateurs. Ces informations peuvent être très sensibles et susceptibles d'abus.

n°5

UNE AGRESSION SEXUELLE DANS LES MÉTAVERS DE META ?

En juin 2022, le premier cas déclaré d'agression sexuelle dans un métavers a posé de nombreuses questions, aussi bien éthiques que juridiques. À l'origine de cette révélation, l'organisation **SumOfUs** qui a déclaré que l'une de ses chercheuses avait été virtuellement « violée » dans le métavers de Meta Horizon Worlds. Vidéo à l'appui, l'ONG a dévoilé comment la jeune femme avait, moins d'une heure après son arrivée sur la plateforme, été entraînée dans une chambre par un groupe d'utilisateurs pour y subir des « at-touchements » sexuels. L'intégralité de la vidéo n'a pas été rendue publique, mais on peut y voir deux hommes, l'un tenant ce qui semble être une bouteille, l'autre collé à l'avatar de la jeune femme, en train d'avoir des gestes équivoques sur son avatar, détaille le rapport en ligne.

Selon SumOfUs, la chercheuse aurait ensuite été conduite "dans une pièce privée lors d'une fête, où elle a été violée par un utilisateur lui disant de se tourner afin qu'il puisse le faire par derrière, pendant que d'autres utilisateurs observaient à travers une fenêtre – dans le même temps, un utilisateur également présent dans la pièce regardait et faisait passer une bouteille de vodka. Pour rappel, Meta avait déjà mis en place des barrières virtuelles entre les avatars après une première agression survenue quelques mois plus tôt, en plus de la fonctionnalité « bulle de protection », accessible à tout moment par les utilisateurs. Dans ce cas précis, la chercheuse avait désactivé la barrière virtuelle pour les besoins de son étude, et n'a pas activé la « bulle de protection ». Par ailleurs, les différents métavers offrent des fonctionnalités de signalement pour faire respecter les règles d'utilisation qui interdisent ce genre de comportement, et ainsi sanctionner les utilisateurs contrevenants le cas échéant.

La pratique n'est évidemment pas nouvelle, les plateformes de rencontres virtuelles ont toujours dû faire face à des cas de violences sexuelles. Le MMORPG World of Warcraft, pour ne citer que lui, est notamment célèbre pour son auberge Goldshire, où les comportements explicites sont nombreux, mais pas forcément consentis. S'il y a peu de chance qu'une agression sexuelle dans les métavers soit un jour considérée comme un réel crime, ce nouvel incident interroge assurément sur la responsabilité des plateformes face à ce type de dérives.

Cas d'usages, acteurs clés et initiatives remarquables

Gouvernance, droit & régulation : généralités

- 1 Le rapport de la mission Réalité virtuelle et augmentée du Conseil Supérieur de la Propriété Littéraire et Artistique (CSPLA), établi par Maître Jean Martin et paru en septembre 2020, analyse l'impact des techniques immersives sur le droit d'auteur et explore les conséquences prévisibles des évolutions technologiques sur la propriété intellectuelle : impression 3D, intelligence artificielle, blockchains, etc. Le rapport souligne la complexité du droit de la propriété intellectuelle (ce qu'on peut breveter ou pas, etc.) et du droit d'auteur dans l'Union Européenne qui se négocie pays par pays, en opposition au copyright américain.
- 2 En février 2022, le Ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance, la Ministre de la Culture ainsi que le Secrétaire d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques ont mis en place une mission inter-ministérielle sur le développement des métavers. La diffusion d'un rapport « Mission exploratoire sur les métavers » a clarifié le débat et permis à l'écosystème français de saisir les opportunités émergentes, de mieux appréhender les risques du sujet et de se rassembler autour d'un horizon commun.
- 3 Lancée en février 2023, la Commission de normalisation des métavers de l'Afnor⁹ s'ouvre aux acteurs des métavers pour définir un langage commun favorisant l'interopérabilité des systèmes. Objectif : proposer un travail de définition des normes volontaires de la profession (fabricants de casques, spécialistes de la spatialisation du son, éditeurs de logiciels, etc.) dans le sillon du métavers Standards Forum pour rassurer, augmenter la confiance et faire avancer les métavers comme un système ouvert, sûr et inclusif, conformément aux valeurs européennes.
- 4 En l'absence de cadre dédiée au eye-tracking, Meta a limité l'utilisation des données de la la technologie de Eye-tracking sur son casque de réalité virtuelle Quest Pro. Seules les données abstraites de mouvement peuvent être transmises à l'interface, tandis que les images brutes des yeux ne quittent pas le casque, ne sont pas partagées avec Meta ou un

9. L'Association française de normalisation est l'organisation française qui représente la France auprès de l'Organisation internationale de normalisation et du Comité européen de normalisation.

tiers et sont supprimées après traitement. Cette technologie est par ailleurs désactivée par défaut.

5 Le World Economic Forum¹⁰ a publié en juillet 2023, en collaboration avec Accenture, un livre blanc nommé **«Privacy and Safety in the métavers»**. Ce document met en avant *« le besoin d'une collaboration mondiale entre diverses parties prenantes, y compris des universitaires, des régulateurs, des décideurs et des équipes de conception, pour favoriser la compréhension du métavers et établir des mesures de protection. Le document souligne l'importance de la confidentialité, de la gestion responsable des données et de la conception inclusive. Cela encourage les parties prenantes à entamer des discussions sur la navigation éthique du métavers. »*

6 La Commission européenne a publié en juillet 2023 sa stratégie en matière de monde virtuel : **«Vers la prochaine transition technologique : la Commission présente une stratégie pour placer l'UE à l'avant-garde du web 4.0 et des mondes virtuels»**.

10. Le Forum économique mondial ou FEM, souvent appelé Forum de Davos, est une fondation à but non lucratif et une organisation de lobbying.

Les principaux piliers de cette stratégie sont les suivants :

- 1 • Donner aux individus les moyens d'agir et renforcer les compétences.
- 2 • Entreprises : soutenir un écosystème industriel européen du web 4.0.
- 3 • Pouvoirs publics : soutenir les progrès sociétaux et les services publics virtuels.

Sur ce sujet, la Commission lance notamment deux initiatives publiques. La première, « CitiVerse », figure un environnement urbain immersif qui peut être utilisé pour la planification et la gestion urbaines. La seconde se veut un jumeau humain virtuel qui reproduit le corps humain et constitue un outil de soutien à la décision clinique et au traitement individualisé.

Élaborer des normes mondiales portant l'ouverture et l'interopérabilité des mondes virtuels et du web 4.0.

7 L'association **X Reality Safety Intelligence (XRSI)** est la principale organisation mondiale dédiée à fournir des services de renseignement et de conseil pour la protection et le bien-être des écosystèmes technologiques émergents. En mettant fortement l'accent sur des aspects critiques tels que la sûreté, la

confidentialité, la sécurité, les droits de l'homme, le bien-être humain, l'innovation responsable, la gouvernance et la réglementation, XRSI offre une expertise complète pour assurer l'avancement responsable et éthique des technologies émergentes.

8 Maître Alain Bensoussan explique dans un article intitulé **«Le sort des données personnelles à l'ère du métavers»** datant de juillet 2023 que les règles du monde physique devraient s'appliquer au monde virtuel, et inversement, dans la mesure où l'on parle de nos «jumeaux virtuels». L'idéal serait ainsi de dessiner un nouveau droit à partir des règles physiques, mais en tenant compte de la virtualité.

En principe, trois réglementations devraient s'appliquer au métavers, même si à l'heure actuelle, nul n'est capable de préciser comment :

le projet de Règlement e-Privacy censé remplacer la directive du même nom ;

le RGPD s'appliquant à tout traitement de données personnelles d'individus résidant au sein de l'UE. Dès lors, à partir du moment où l'univers virtuel est rendu accessible à ces personnes, le RGPD trouverait à s'appliquer. Toutefois, le caractère sans frontières des métavers rend les choses bien plus complexes qu'elles n'y paraissent ; le futur règlement sur l'intelligence artificielle, d'ailleurs toujours en cours de discussion entre le Parlement et la Commission européenne.

9 Comment intégrer au mieux un cadre des droits de l'homme dans le développement futur des technologies XR et des métavers ? **Kristina Podnar** (XR Safety Initiative) et **Brittan Heller** (International Human Rights expert, Council at Foley Hoag LLP) ont lancé en 2021 l'événement **Building Human Rights Into the métavers Event**. Initié à l'occasion de la Journée internationale des droits de l'homme, il réunit des experts et des parties prenantes dans les domaines de la XR et de la communauté des droits de l'homme pour aborder les risques et les défis uniques que pose le développement de ces technologies du point de vue des droits de l'homme.

Confiance et sécurité

1 Identité de l'avatar : identité réelle, pseudonymat ou anonyme ? Aujourd'hui, il n'existe pas d'obligation de s'inscrire sur un service en ligne sous son identité réelle. Ainsi, certaines plateformes proposent l'inscription sous pseudonyme, tandis que d'autres exigent une identité réelle, voire vérifient l'identité des utilisateurs (procédure KYC des banques par exemple). En revanche, il est important de rappeler que contrairement à ce qui se dit, l'anonymat n'existe quasiment pas sur les plateformes en ligne, puisque les utilisateurs peuvent être identifiés grâce à leur adresse IP sur demande judiciaire, et ainsi être traduits en justice en cas d'infraction (propos haineux, harcèlement...).

Prenons l'exemple de l'entreprise **Meta**. Sur Facebook, l'utilisateur s'inscrit avec une ID réelle¹¹, mais pas sur Instagram. Pour les métavers, ce sera sans doute la même chose. Certains services offriront la possibilité de créer un avatar sous pseudonyme (plateformes récréatives), tandis que d'autres exigeront que l'avatar soit sous l'identité réelle (les plateformes professionnelles par exemple).

En ce qui concerne les services existants, pour Horizon World par exemple, l'avatar peut être sous pseudonyme. Les utilisateurs du casque Quest se connectent quant à eux via leur compte Facebook, Instagram ou Meta.

11. L'ID réel suppose d'indiquer son nom et son prénom, une adresse mail valide, un mot de passe, le genre et la date de naissance.

2 Avec la réalité augmentée se pose la question de l'occupation des espaces. Un propos condamnable l'est tout autant dans un espace public ou privé. Alors, qui sanctionner, et comment ? En 2016, des fans de Pokémon Go ont pénétré dans des bâtiments commémoratifs dont le mémorial de la Shoah. Cette **polémique** a rappelé qu'il s'agissait avant tout d'un problème de gouvernance. De la même manière, on peut légitimement s'interroger sur l'activisme. Peut-on taguer la tour de Total en réalité augmentée ?

3 Plusieurs plateformes et services immersifs ont d'ores et déjà développé des outils et des fonctionnalités visant à garantir une meilleure sécurité de leurs utilisateurs. Une large part de ces outils s'inspire de ceux ayant été développés par les plateformes en ligne et réseaux sociaux au cours dernières années, à l'instar du signalement ou du blocage.

Sur Horizon World par exemple, il est ainsi possible d'effectuer un signalement d'une situation, d'un utilisateur ou d'un monde, ce qui donne lieu à un examen par un modérateur. Il est également possible de bloquer ou de mettre en sourdine un utilisateur, afin de prévenir les interactions futures. Par ailleurs, de nouvelles fonctionnalités spécifiques aux environnements immersifs ont été développées. C'est le cas de la **« bulle de sécurité »** qui permet aux utilisateurs d'Horizon World de se retrouver en un seul clic accessible à tout moment dans un espace protégé.

La question du darkverse

1 Dans un rapport de 2022 intitulé «METAVVERSE OR METAWORSE? Cybersecurity Threats Against the Internet of Experience», le fournisseur de solutions de sécurité Trend

Micro envisage plusieurs scénarios :

- Les attaquants pourraient cibler les jetons non fongibles (NFT), de plus en plus populaires pour définir l'identité numérique dans les métavers, et mener des attaques de phishing, de ransomware, de fraude et autres.
- Les criminels pourraient utiliser cet univers pour blanchir de l'argent en utilisant des biens immobiliers virtuels et des NFTs.
- Les acteurs criminels et étatiques pourraient propager de fausses informations pour influencer des groupes d'individus vulnérables et réceptifs. L'ingénierie sociale, la propagande et les fake news pourraient avoir de graves conséquences dans le monde physique.
- Dans les métavers, les opérateurs de salles peuvent voir comme jamais ce que font les utilisateurs. Ce serait alors la fin de la vie privée telle que nous la connaissons.

2 Selon Udo Schneider, évangéliste sécurité IOT Europe chez Trend Micro, « compte tenu des coûts élevés et des défis juridiques, les autorités judiciaires auront du mal à surveiller le métavers en général dans les premières années de sa mise en œuvre ». Il faut que « le secteur de la sécurité informatique s'en préoccupe dès maintenant. » À défaut, il craint qu'un « nouveau Far West se développe à la porte de notre monde numérique. »

3 Le rapport sur les NFT de CSPLA Lab, publié en juillet 2022 constate que « les JNF (jeton non fongible) soulèvent des questions juridiques complexes, notamment en ce qui concerne le risque d'atteinte au droit d'auteur et l'application du droit de suite. »

4 En juin 2022, le Parlement Européen a fait paraître le dossier « Métavers : Opportunities, Risks and Policy Implications ». Il présente les différents risques juridiques posés par les technologies métavers, notamment en matière de protection des données.

Initiatives autour de la responsabilité légale des métavers

1 **XR SI Safety Initiative (US)** est la principale organisation mondiale dédiée à la fourniture de services de renseignement et de conseil essentiels à la protection et au bien-être des écosystèmes technologiques émergents. En mettant fortement l'accent sur des aspects critiques tels que la sûreté, la confidentialité, la sécurité, les droits de l'homme, le bien-être humain, l'innovation responsable, la gouvernance et la réglementation, XRSI offre une expertise complète pour garantir l'avancement responsable et éthique des technologies émergentes.

Initiatives autour de la responsabilité du web

1 Le **Conseil de surveillance de Meta** est un organe indépendant à qui les utilisateurs peuvent s'adresser s'ils sont en désaccord avec les décisions prises concernant le contenu de Facebook ou d'Instagram. Il est composé d'experts indépendants (responsables juridiques, responsables d'ONG, anciens juges constitutionnels, etc) qui rendent des avis, en particulier sur des problématiques de médiation de contenu, que Meta s'engage à suivre.

2 La **CNIL**, en partenariat avec Olivier Blazy, professeur à l'**École polytechnique**, et le **Pôle d'expertise de la régulation numérique de l'État (PEReN)**, a conçu le prototype d'un **vérificateur de l'âge d'accès à des sites sensibles**. Ce dispositif assure un contrôle efficace, car il repose sur une preuve d'âge. Il garantit également une forte protection de la vie privée, puisqu'il suppose une mise en œuvre par des sociétés distinctes de l'éditeur du site visité. Ce mécanisme de contrôle repose sur les principes suivants :

- Celui qui certifie que vous avez l'âge requis sait qui vous êtes, mais ne sait pas quel site vous visitez.
- Le site visité reçoit la preuve que vous avez l'âge requis, mais ne sait pas qui vous êtes.

3 Le **Projet de loi entre Europol et le National Center for Missing and Exploited Children (NCMEC)**, déposé le 27 juin 2023, accorde à Europol d'être un point d'entrée unique pour le partage et la mutualisation des informations dans 20 pays européens. Objectif : déclencher plus rapidement des enquêtes dans les États membres.

Rappel de la législation en vigueur

- **Digital Services Act (DSA)**
Règlement européen sur les services numériques, qui traite notamment de la question des avatars numériques.
- **Digital Markets Act (DMA)**
Règlement européen sur les marchés numériques.
- **E-privacy**
Directive européenne concernant le traitement des données à caractère personnel et la protection de la vie privée dans le secteur des communications électroniques (appelée directive “vie privée et communications électroniques”).
- **Network and Information Security 1 (NIS) sur la cybersécurité**
Directive européenne sur la sécurité des réseaux et des systèmes d'information
- **Network and Information Security 2 (NIS) sur la cybersécurité**
Obligations de sécurité étendues à 10 fois plus d'organisations que NIS 1.
- **Product Liability Act**
Loi européenne promulguée en 1985 sur la responsabilité des produits défectueux. Les règles en matière de responsabilité des produits visent à maintenir un juste équilibre entre les intérêts des consommateurs et des producteurs.
- **Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD)**
Règlement européen sur la protection des données.
- **eIDAS (services électroniques d'identification, d'authentification et de confiance)**
Règlement européen qui garantit des interactions électroniques entre les entreprises plus sûres, plus rapides et plus efficaces, quel que soit le pays européen dans lequel elles se déroulent. Ce document donne un cadre unique pour l'identification électronique (eID) et les services de confiance et rend plus simple la fourniture de services dans l'ensemble de l'Union européenne.

Régulation

Plusieurs questions se posent sur les modalités de régulation :

- À partir de quand régule-t-on pour ne pas bloquer l'innovation (RGPD et IA, par exemple) ?
- La régulation peut-elle être définie à échelle variable ?
- L'auto-régulation qui engendre un standard ISO et une régulation officielle est-elle l'une des solutions ?
- Quel niveau de régulation doit-on choisir et pourquoi (ex : données sensibles/émotionnelles comme la dilatation des pupilles) ?
- Faut-il un minimum ou début de régulation (bac à sable législatif¹²) pour encourager les entrepreneurs ? Faut-il leur laisser plus d'autonomie afin qu'ils prennent plus de risques dans le déploiement des innovations ? Quelle place pour les « communs » comme modalité de gouvernance des métavers ?

1

Le Parlement européen a adopté un **projet de loi** sur les « smart contracts » exigeant que les algorithmes nuisibles basés sur la blockchain soient annulés.

12. Le bac à sable réglementaire est un espace conçu et contrôlé par un organisme de réglementation, et destiné à mettre à l'essai de nouveaux produits ou processus sous la supervision de cet organisme avant leur entrée complète sur le marché.

Auto-régulation

1

Lancé en juin 2022, le **métavers Standards Forum** regroupe une quarantaine d'organisations dont l'objectif est d'accélérer l'établissement de standards ouverts pour les métavers.

En explorant les lacunes actuelles en matière d'interopérabilité pour les technologies nécessaires, le forum tend à encourager la création d'un « métavers ouvert » et de proposer des solutions auprès des organisations chargées d'établir des standards afin de les combler. Cette coopération et accélération d'un cadre normatif implique des nombreuses technologies : graphismes 3D, réalité virtuelle et augmentée, localisation géospatiale, outils de création de contenu, jumeaux numériques, outils de collaboration en temps réel, simulation physique, jeux en ligne multi-utilisateur, interfaces utilisateur, gestion de l'identité en ligne et de la vie privée, commerce et transactions financières, etc.

2

Meta a limité **l'utilisation des données brutes de eyetracking**. Ainsi, les données sensibles et émotionnelles de type dilatation des pupilles sont désormais écrasées.

Agir ici et maintenant

Le rapport « Mission exploratoire sur les métavers » l'affirme : il s'agit d'investir dans les outils et les techniques d'analyse qui permettront aussi bien la détection des infractions pour remonter aux auteurs, mais aussi la perception de l'impôt.

Plusieurs points nous semblent essentiels :

Question des identités

- 1 • Créer une norme pour la vérification des identités dans les espaces immersifs.
- 2 • Imposer des limites sur le nombre de pseudonymes que chaque utilisateur peut avoir.
- 3 • Mettre en place des mécanismes de signalement pour l'usurpation d'identité.
- 4 • Établir une politique claire sur l'anonymat.
- 5 • Créer des outils pour protéger les utilisateurs contre le doxxing.

Protection des données personnelles

- 1 • Créer des protocoles pour le stockage sécurisé des données personnelles.
- 2 • Établir des normes de consentement explicite pour l'utilisation des données.
- 3 • Éduquer les utilisateurs sur les risques liés à la divulgation de données personnelles.

- 4 • Limiter l'accès aux données de localisation.
- 5 • Faire en sorte que toutes les données soient cryptées.

Adaptation du droit civil et pénal

- 1 • Mettre en place des mécanismes de signalement des comportements abusifs.
- 2 • Faire en sorte que les conditions d'utilisation soient clairement affichées et acceptées avant l'utilisation.
- 3 • Établir des sanctions pour les comportements abusifs.
- 4 • Sensibiliser les utilisateurs aux conséquences des comportements abusifs.
- 5 • Créer des espaces séparés pour les utilisateurs de différents âges.

Propriété intellectuelle et droits d'auteur

- 1 • Établir des normes pour le marquage des contenus protégés par le droit d'auteur.
- 2 • Mettre en place des outils pour signaler les violations des droits d'auteur.
- 3 • Fournir des ressources éducatives sur les droits d'auteur dans les espaces XR.
- 4 • Encourager la création de contenu original.
- 5 • Mettre en place des mécanismes pour la rémunération des créateurs de contenu.

Horizon 2030 : perspectives

À un horizon plus lointain, nous recommandons la mise en place d'un certain nombre d'initiatives.

Question des identités

- 1 • Créer une plateforme de gestion de l'identité universelle.
- 2 • Collaborer avec les gouvernements pour mettre en place des systèmes d'identification
- 3 • Concevoir des avatars pour refléter fidèlement l'identité de l'utilisateur.
- 4 • Rendre obligatoire l'utilisation de la plateforme d'identité pour tous les espaces immersifs.
- 5 • Intégrer la vérification de l'identité dans le processus de création de compte.

Protection des données personnelles

- 1 • Développer des technologies de confidentialité avancées, comme le chiffrement homomorphe.
- 2 • Mettre en place des réglementations pour limiter l'utilisation des données personnelles par les publicitaires.
- 3 • Créer des systèmes d'audit pour garantir la conformité aux normes de protection des données.
- 4 • Favoriser le développement de technologies de confidentialité par conception.
- 5 • Interdire la vente de données personnelles sans le consentement de l'utilisateur.

Adaptation du droit civil et pénal

- 1 • Collaborer avec les gouvernements pour établir des lois sur les comportements inacceptables dans les espaces immersifs.
- 2 • Concevoir des IA pour surveiller et signaler les comportements abusifs.
- 3 • Établir des tribunaux immersifs pour résoudre les conflits.
- 4 • Former la police pour faire face aux crimes dans les espaces immersifs.
- 5 • Développer des sanctions spécifiques pour les violations des règles de comportement dans les espaces immersifs.

Propriété intellectuelle et droits d'auteur

- 1 • Créer des mécanismes de licence simplifiés pour l'utilisation de contenu protégé par le droit d'auteur.
- 2 • Mettre en place des protocoles d'arbitrage pour les litiges en matière de droits d'auteur.
- 3 • Développer des IA pour détecter les violations des droits d'auteur.
- 4 • Établir des partenariats avec les sociétés de gestion collective pour gérer les droits d'auteur.
- 5 • Créer des systèmes pour le suivi des utilisations de contenu protégé par le droit d'auteur.

Le progrès le plus significatif serait d'explorer la possibilité d'une auto-gouvernance non-territorialisée qui soit propre aux univers immersifs : une régulation "dans/par les méta-vers", avec des valeurs, des lois, une police, une justice.

Protopies

Question des identités

- 1 • Mettre en place un système d'identité universel lié à l'identité réelle.
- 2 • Développer une technologie d'avatar avancée qui reflète fidèlement l'apparence de l'utilisateur.
- 3 • Faire en sorte que la vérification de l'identité soit un processus automatisé et universel.
- 4 • Créer un système d'identité qui préserve l'anonymat tout en empêchant l'usurpation d'identité.
- 5 • Intégrer les identités dans les systèmes d'identité officiels des gouvernements.

Protection des données personnelles

- 1 • Mettre en place une politique de confidentialité universelle pour tous les espaces immersifs.
- 2 • Faire en sorte que toutes les données soient anonymisées par défaut.
- 3 • Créer des technologies de confidentialité avancées qui protègent les données personnelles même en cas de violation.
- 4 • Développer une norme universelle pour le consentement à l'utilisation des données.
- 5 • Faire en sorte que les utilisateurs aient un contrôle total sur leurs données personnelles.

Protopies

Adaptation du droit civil et pénal

- 1 • Établir des lois universelles sur le comportement dans les espaces immersifs.
- 2 • Concevoir des IA capables d'intervenir et de stopper les comportements abusifs en temps réel.
- 3 • Créer des mécanismes de réparation pour les victimes de crimes dans les espaces immersifs.
- 4 • Former tous les agents de la force publique à faire face aux crimes dans les espaces immersifs.
5. Développer des sanctions automatiques pour les violations des règles de comportement dans les espaces immersifs.

Protection intellectuelle et droits d'auteur

- 1 • Faire en sorte que toutes les œuvres créées dans les espaces immersifs soient automatiquement protégées par le droit d'auteur.
- 2 • Développer des IA pour gérer tous les aspects des droits d'auteur, de la détection des violations à l'arbitrage des litiges.
- 3 • Établir une entité universelle pour gérer les droits d'auteur dans les espaces immersifs.
- 4 • Créer des mécanismes pour le paiement automatique des redevances pour l'utilisation de contenu protégé par le droit d'auteur.
- 5 • Intégrer les systèmes de droits d'auteur des espaces immersifs dans les systèmes de droits d'auteur existants.

Pour aller plus loin

Articles

- Céline Moille, Arnaud Raynouard. « Les enjeux juridiques du métavers : observations prospectives d'un phénomène en devenir! ». Deloitte Avocats (juin 2022).
- Jade Charlotte Caboche. « métavers : Quel univers pour la protection juridique de l'homo-numericus ? ». Journaldunet.com (mars 2022).
- Manon Maggiorino. « Les métavers face à la loi : où en est-on ? ». lemondeinformatique.fr (octobre 2022).

Rapports

- Cepheid Consulting (Vincent Escoffier Foucaud du Merle), Antilogy (Bertrand Wolff), Banque des Territoires (Marie Aboulker, Aymeric Buthion, Didier Célisse). « Technologies immersives, une opportunité pour les collectivités locales ? ». (mai 2018).

Ce guide pédagogique offre un tour d'horizon de toutes les technologies et analyse leur potentiel pour les acteurs territoriaux. Quelques exemples d'initiatives territoriales existantes et d'innovations portées par des entreprises françaises illustrent ce que pourraient être des applications et des usages de demain.

Annexe 1

Synthèse des 10 propositions de La mission interministérielle sur le développement des métavers

Le Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, le Ministère de la Culture ainsi que le Secrétariat d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques, Camille François, Adrien Basdevant, Rémi Ronfard, février 2022.

● Proposition 1

Se saisir de l'opportunité des Jeux olympiques pour rassembler les acteurs français des métavers autour de projets concrets, au sein d'un consortium public/privé placé sous le pilotage d'Inria et pour proposer des actions de grande visibilité autour d'expériences immersives pouvant être partagées avant, pendant et après les Jeux olympiques et paralympiques (entraînement/compétitions, transport/tourisme, coulisses/échanges avec les athlètes)

● Proposition 2

Réinvestir les instances de négociation des standards techniques, pour faire en sorte que la France et les principaux acteurs français (du secteur numérique de l'immersion, mais aussi de la recherche sur ces sujets) participent activement aux discussions sur l'interopérabilité des technologies de l'immersion.

● Proposition 3

Amener la puissance publique à faire émerger les services communs et essentiels permettant l'avènement d'une pluralité de métavers interopérables.

● Proposition 4

Développer une analyse rigoureuse des différentes chaînes de valeur des métavers afin de guider au mieux d'une part les domaines d'investissement stratégiques, d'autre part les risques de perte de souveraineté ou de fuite de valeur.

● Proposition 5

Mettre en place des commandes publiques répondant aux objectifs de souveraineté culturelle et de souveraineté technologique afin de soutenir des attelages hybrides entre structures françaises technologiques et institutions culturelles.

● Proposition 6

Lancer dès maintenant le travail d'adaptation, notamment du RGPD, du DSA et du DMA, aux enjeux des métavers.

● Proposition 7

Investir dans les outils et les techniques d'analyse des métavers, et des transactions qui s'y déroulent afin de permettre aussi bien la détection des infractions pour remonter aux auteurs que de percevoir l'impôt.

● Proposition 8

Réaliser des investissements dans des initiatives de recherche interdisciplinaire (informatique, neurosciences et sciences sociales) de grande ampleur et à long terme, utilisant les dispositifs existants (France 2030, PIA 4, PEPR, ANR) pour développer simultanément des métavers expérimentaux guidés par des besoins sociétaux (culture, santé, éducation) et les moyens d'en évaluer les risques sociotechniques par des études empiriques.

● Proposition 9

Créer un institut de recherche et de coordination, sur le modèle de l'Ircam, qui serait à la fois un laboratoire de recherche en informatique dédié aux arts immersifs, un lieu de coordination entre chercheurs et artistes pour la création d'œuvres immersives innovantes dans les métavers et un comptoir d'expertise pour toutes les institutions culturelles concernées.

● Proposition 10

Explorer des solutions écoresponsables et développer un système de mesure de l'impact environnemental des infrastructures des métavers.

Annexe 2

Synthèse des 35 propositions de l'Association Respect Zone

Pour des métavers de Respect et de Diversité Propositions pratiques et outils de pré-remédiation, pour garantir un métavers de Respect, de Diversité et d'Inclusion

1 **Sensibilisation des usagers (utilisateurs, parents, administrations publiques, écoles, tierces personnes)**

● **Proposition 1**
INCITER À PASSER UNE FORMATION OBLIGATOIRE COURTE/ PERMIS DE NAVIGUER DANS LES MÉTAVERS POUR LES AVATARS

● **Proposition 2**
GÉNÉRALISER L'ACCÈS À DES FORMATIONS & LABELLISATIONS DE MISE EN CONFORMITÉ AVEC LES NORMES DE RESPECT ET DE DIVERSITÉ DES MÉTAVERS

● **Proposition 3**
MISE EN PLACE DE CAMPAGNES DE SENSIBILISATION DANS LES MÉTAVERS SUR LES DANGERS DES CYBERVIOLENCES ET SUR LES RISQUES D'ATTEINTES A LA DIVERSITÉ

2 **Modération**

● **Proposition 4**
FORMATION CERTIFIANTE MINIMUM DES MODÉRATEURS DISPENSÉE PAR DES ORGANISMES INDÉPENDANTS - Certification des formations pour les modérateurs humains et définition - définir un moyen de contrôler la garantie de confiance adéquate des algorithmes humains d'IA de modération (catégorisation des différents systèmes d'intelligence artificielle et conformité à la directive 28/09/2022).

● **Proposition 5**
PRÉVOIR DES AVATARS « AMBASSADEURS » DE RESPECT DANS LES MÉTAVERS - Créer une unité spécifique d'avatars veilleurs représentée par des avatars dans le métavers dont le rôle serait de veiller à pacifier le comportement de ceux-ci, et de signaler la conduite des avatars violents à l'organisme de régulation des métavers lorsqu'ils agissent de manière abusive ou enfreignent les règles.

● Proposition 6

CONSTRUIRE UN MÉTAVERS CITOYEN ET PARTICIPATIF POUR DES MÉTAVERS DE CONFORMITÉ ET DE RESPECT - Pour un métavers citoyen : mise en place d'un système participatif pour les utilisateurs dans la modération à base communautaire, avec des utilisateurs compétents et formés pour reconnaître un comportement toxique et ainsi lutter contre l'effet de spectateur passif, en dotant les utilisateurs du sentiment du devoir envers la communauté

● Proposition 7

CONSTRUIRE DES MÉTAVERS PROTÉGÉS PAR UN PROGRAMME DE PRÉVENTION DES FAKE NEWS ET DE PROPAGATIONS D'IMAGES NUES NON CONSENTIES - Inclusions d'outils minima de fact checking pour enrayer infos et deep fakes et pour détecter par codage les contenus intimes non consentis et lutter contre les post de Nudes/sextorsion etc.

3

Des normes efficaces et adaptées

● Proposition 8

SIGNATURE DE LA CHARTE DU #METARESPECT ENGAGEANT LES PARTIES PRENANTES - Élaboration de la Charte du #MetaRespect de Respect Zone

● Proposition 9

ÉCHELLE DE SANCTIONS ADAPTÉES AUX MÉTAVERS, EFFICACES POUR DISSUADER DES USAGERS CYBER-VIOLENTS - Élaboration d'une échelle de sanctions : de l'avertissement au bannissement et selon un recensement de la typologie des cyberviolences dans les métavers.

● Proposition 10

NORME DE MODÉRATION DES MÉTAVERS - Élaboration d'une norme ambitieuse de modération des contenus

● Proposition 11

REGISTRE DES USAGERS CYBER-VIOLENTS - Élaboration d'une liste noire à jour commune des utilisateurs violents et condamnés comme tels pour prévenir les cyberviolences dans les métavers.

● Proposition 12

OFFRIR UNE CLASSIFICATION STANDARDISÉE DES CYBER VIOLENCES - Standardisation des typologies dites de cyberviolences dans les métavers

● Proposition 13

ASSOCIATION DES POUVOIRS PUBLICS À LA PRÉVENTION DES RISQUES LIÉS AU DÉFICIT DE RESPECT ET À LA DIVERSITÉ DANS LES MÉTAVERS - Association des pouvoirs publics à l'implémentation des règles liées à la sécurité dans les métavers

● Proposition 14

INTERDIRE L'ANONYMAT TOTAL DANS LES MÉTAVERS - BESOIN D'AUTHENTIFIER LES USAGERS, PAR MESURE DE CYBER RESPONSABILITÉ - Processus encadré d'inscription d'un usager dans les métavers (la création d'un compte utilisateur à l'image de celui lié à l'ouverture d'un compte en banque pièce d'identité, biométrie) afin d'éviter l'anonymat catalyseur de cyber violence du fait du sentiment d'impunité totale

● Proposition 15

CONSTRUIRE UN RÉFÉRENTIEL D'AUDIT INTERNE À L'USAGE DES PLATEFORMES POUR AMÉLIORER LE RESPECT DES DROITS HUMAINS ET DE LA REPRÉSENTATION DE LA DIVERSITÉ DANS LES MÉTAVERS - Audits réguliers des opérateurs de métavers, selon un référentiel lié aux respects des droits humains et à la diversité opérés par des tiers de confiance

● Proposition 16

ADAPTER LES NORMES APPLICABLES AU NUMÉRIQUE POUR VÉRIFIER LEUR COMPATIBILITÉ AVEC LES ENJEUX DES MÉTAVERS - Élaboration d'un cadre légal européen et international adapté en tant que de besoin

4 Protection des usagers

● Proposition 17

INSÉRER UN BOUTON ERGONOMIQUE DU RESPECT - Bouton prééminent d'alarme du respect et d'assistance activable à tous moments (information, médiation, signalement et aide psychologique apportée par des acteurs indépendants)

● Proposition 18

AIDER DE MANIÈRE STANDARDISÉE LA DÉTECTION DES CYBERVIOLENCES

● Proposition 19

PERMETTRE UNE PLURALITÉ D'AVATARS PAR USAGER- Une seule identité numérique, mais plusieurs avatars possibles, encourageant ainsi la diversité : vers une interopérabilité et un accès tracé à différents métavers

● Proposition 20

PRÉVOIR DES BULLES DE DÉCONNEXION NUMÉRIQUES POUR SE PROTÉGER DES CYBERVIOLENCES DANS L'ESPACE DES MÉTAVERS - Créer des abris numériques

● Proposition 21

OFFRIR L'ACCÈS À UNE ASSISTANCE PSYCHOLOGIQUE ET JURIDIQUE EN CAS DE BESOIN - Création de cellules psychologiques et juridiques spécialisées pour accompagner les victimes atteintes de cyberharcèlement ou cyberviolences

5 Responsabilité des utilisateurs

● Proposition 22

RAPPELER À FRÉQUENCE RAISONNÉE AUX USAGERS LEURS DROITS ET OBLIGATIONS À INTERVALLES RÉGULIERS - Créer un code de bonne conduite pour les usagers et acceptation à chaque connexion (cookies et RGPD)

6 Outils de notation et de labellisation

● Proposition 23

PRÉVOIR UNE NOTATION DES MÉTAVERS PAR LEURS USAGERS SUR LE SUJET DU RESPECT ET DE LA DIVERSITÉ - Créer un système de rating/notation des métavers

● Proposition 24

CRÉATION D'AGENCES DE NOTATION EXPERTES EN NOTATION DU RESPECT ET DE LA DIVERSITÉ DANS LES MÉTAVERS - Création d'Agences de notation indépendantes qui évalueront la qualité des plateformes selon des critères définis (consentement, rating et transparence raisonnée des algorithmes employés, inclusion et diversité)

7 Aide à la résolution de conflits entre usagers/avatars

● Proposition 25

OFFRE DE MODES ALTERNATIFS DE RÉOLUTION DE CONFLIT AUX USAGERS - Offre d'une médiation externalisée, indépendante et mutualisée

8 Diversité

● Proposition 26

GARANTIES DE RESPECT D'UN STANDARD MINIMAL DE GOUVERNANCE ET DE DIVERSITÉ POUR CHAQUE MÉTAVERS - Création

d'organes de gouvernance pluridisciplinaire au sein des plateformes de métavers, offrant des garanties de diversités

● **Proposition 27**

MULTIPLICITÉ DE MÉTAVERS ET COMPATIBILITÉ À L'INTEROPÉRABILITÉ, EN VUE DE GARANTIR UNE MEILLEURE DIVERSITÉ ET UNE UNITÉ DE CONFORMITÉ AU RESPECT DES DROITS HUMAINS NUMÉRIQUES - Une multiplicité de métavers interopérables nécessaire pour garantir une concurrence ouverte

● **Proposition 28**

GÉNÉRER UN MÉTAVERS DE DIVERSITÉ PAR CONCEPTION (« DIVERSITÉ PAR DESIGN ») : INTÉGRATION DES PARAMÈTRES DE DÉVELOPPEMENT DES VALEURS DE DIVERSITÉ ET D'INCLUSION - Aider les utilisateurs à accepter leur différence à l'aide des métavers en conceptualisant un métavers compatible avec cet objectif.

9

Gouvernance des métavers (interopérabilité, décentralisation, régulation des métavers)

● **Proposition 29**

CRÉATION D'UNE COMMISSION D'ÉTHIQUE SUPRANATIONALE POUR LES MÉTAVERS - Création d'une commission d'éthique des métavers avec possibilité de saisine (parallèle avec European Artificial Intelligence Board prévu dans le texte) au sein de l'Agence Internationale des métavers

● **Proposition 30**

CRÉATION D'UNE AGENCE INTERNATIONALE DE RÉGULATION DES MÉTAVERS POUR LE RESPECT DES DROITS HUMAINS NUMÉRIQUES ET DE LA DIVERSITÉ - Création d'une Agence Internationale Indépendante des métavers ayant pour missions la régulation, l'anticipation des dérives, la définition du cadre juridique et pouvant sanctionner les opérateurs (ex : via Pharos en France) à

laquelle s'adosse la Commission d'Éthique des métavers

● **Proposition 31**

DÉFINITION DE RÉFÉRENTIELS ALGORITHMIQUES / UNE I.A. DE RÉFÉRENCE, CONÇUE POUR GARANTIR UN NIVEAU DE RESPECT DES DROITS HUMAINS NUMÉRIQUES ADÉQUATE, POUR UNE SAINTE MODÉRATION - Afin de prévenir les cyberviolences et les atteintes à la diversité en vue d'éliminer les risques de biais de discrimination

● **Proposition 32**

ÉLABORATION D'UNE GRILLE D'INCITATIONS DES OPÉRATEURS À VALORISER RESPECT ET DIVERSITÉ - Création d'une grille d'incitations / sanctions pour les métavers

10 **Protection des mineurs et des personnes vulnérables**

● **Proposition 33**

CRÉER DES ZONES DE PROTECTION ADAPTÉES POUR LES MINEURS ET EXIGENCE D'UN CONTRÔLE PARENTAL APPROPRIÉ À CHAQUE MÉTAVERS - Zones de respect réservées aux mineurs (métavers adaptés pour autoriser diverses tranches d'âges) + vérification d'âge Proposition

● **Proposition 34**

IMPLICATION ACTIVE DES PARENTS POUR AIDER LEURS ENFANTS À SE FORMER AUX USAGES DE RESPECT DANS LES MÉTAVERS POUR LA PRÉVENTION DES CYBERVIOLENCES. Implication des parents dans l'usage des métavers par leur enfant.

● **Proposition 35**

METTRE EN PLACE DES MESURES DE PRÉVENTION DE L'ADDICTION EN LIGNE DES MINEURS - Introduction de cadres juridiques et techniques introduisant « un design approprié selon l'âge des enfants » pour les zones de métavers sociaux ciblant les mineurs

Partenaires

Nous remercions l'ensemble des contributeurs et des partenaires qui ont participé aux groupes de travail et à la rédaction de ce document. D'autres travaux sont en cours au sein de l'écosystème et nous vous invitons à découvrir leurs productions, car nous n'avons jamais visé à être exhaustifs sur tous ces sujets. Ce livre blanc est une brique pour alimenter la convergence des acteurs vers plus de responsabilité dans les technologies, les usages et les expériences immersives.



meetesia

3D at Home / Meetesia

3D at Home développe des applications en 3D interactive pour le web depuis 2006. Éditeur de la plateforme leader du marché français d'événements virtuels (AppyFair), 3D at Home prépare actuellement la sortie de Meetesia : un Metavers dédié aux professionnels, accessible à tous et éco-conçu.



Aésio Mutuelle

AÉSIO mutuelle accompagne 2,7 millions de Français grâce à son offre globale de protection. Spécialiste de la santé-prévoyance, nous agissons chaque jour, avec nos parties prenantes, pour améliorer leur

quotidien aujourd'hui comme demain. En tant que 3^e mutuelle santé en France, notre ambition est de contribuer à améliorer l'accès aux soins des Français sur l'ensemble du territoire. Nous sommes engagés aux côtés de nos adhérents, pour répondre à leurs préoccupations en matière de couverture sociale, de soins et de prévention et leur permettre d'être acteurs de leur santé. C'est ça, la mutuelle d'aujourd'hui. Depuis 2021, AÉSIO mutuelle est une marque d'Aéma Groupe, 4^e acteur de l'assurance en France. Rassemblant des marques fortes et engagées - AÉSIO mutuelle, Abeille assurances, Macif, Ofi Invest - Aéma Groupe construit un modèle inédit couvrant tous les métiers de l'assurance, apportant des réponses justes et durables face aux nouveaux besoins de protection. Avec un chiffre d'affaires de plus de 16 milliards d'euros en 2022, 20 000 collaborateurs et 1 800 délégués, Aéma Groupe protège plus de 11 millions de Français.



agefiph

Agefiph

Depuis plus de 35 ans, l'Agefiph accompagne les entreprises privées, les personnes en situation de handicap, les acteurs de l'emploi, de la formation et de la santé au travail pour construire un monde du travail plus inclusif et développer l'emploi des personnes en situation de handicap. Une finalité à l'horizon 2027, aux côtés des pouvoirs publics, atteindre le plein emploi des personnes en situation de handicap. Elle a inscrit l'innovation comme une condition de succès de sa nouvelle stratégie pluriannuelle 2023-2027.



CEPIR

Initié en août 2022, CEPIR est un projet d'évaluation des impacts environnementaux de la XR (VR, AR, MR) soutenu à hauteur de 70 % par l'État dans le cadre du dispositif « Soutenir les alternatives vertes dans la culture » (France 2030). L'ambition du projet CEPIR est de produire des données et des outils permettant d'évaluer les impacts environnementaux de la filière XR française et d'émettre des recommandations à l'attention des acteurs en charge des politiques publiques et des professionnels de la filière. L'objectif de ces évaluations est d'identifier les conditions dans lesquelles les impacts environnementaux de la filière seront compatibles avec une trajectoire de référence ambitieuse, à la hauteur des enjeux de décarbonation et tenant compte des risques d'approvisionnement en matières premières, à l'horizon 2030.



CISCO

Cisco est le leader mondial technologique qui connecte tout de manière sécurisée pour ouvrir le champs des possibles. Notre objectif est de favoriser un avenir inclusif pour tous en aidant nos clients à repenser leurs applications, à favoriser le travail hybride, à sécuriser leur entreprise, à transformer leur infrastructure et à répondre à leurs objectifs en matière de développement durable. #1 Best Place to Work dans de nombreux pays, Cisco s'engage en 2021 sur un Net Zéro à 2040, -90% scope 1 et 2 en 2025 et -30% scope 3 pour 2030. Cisco Innovation Lab au sein groupe Strategy, Incubation & Application, accompagne les écosystèmes locaux de co-innovation, d'incubation et de transition digitale, et l'opportunité d'un web3 orienté vers un internet responsable.



CNXR

Le CNXR, soutenu par ses associations fondatrices, est l'organisation référente pour accompagner la France dans le développement de la filière XR, relever les enjeux à venir et bâtir un futur numérique désirable, responsable, souverain et fidèle à nos valeurs républicaines et européennes. Fédérer, structurer et développer ensemble une filière d'excellence française afin de relever les enjeux stratégiques de ce secteur émergent.



Coopérative Carbone

La Coopérative Carbone est une Société Coopérative d'Intérêt Collectif qui associe les acteurs du projet La Rochelle Territoire Zéro Carbone (LRTZC). C'est un outil mutualisé qui a pour mission de répondre aux besoins d'ingénierie carbone en réalisant des évaluations d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et de séquestration du carbone des organisations et des projets, et en accompagnant les acteurs du territoire à réduire leur empreinte environnementale (études, méthodes et financements).



Digiworld Institute

Depuis plus de 45 ans, le Digiworld Institute aide les acteurs privés et publics à agir dans un monde que la technologie numérique bouleverse considérablement. Le Digiworld Institute décrypte et analyse en profondeur ces évolutions en confrontant les idées, les stratégies et expériences de ses membres, en lien avec la Recherche et le monde académique, et en intégrant les enjeux géopolitiques pour l'Europe et les territoires. Le Digiworld Institute compte aujourd'hui plus de 100 adhérents et contributeurs : Grands groupes internationaux, ETI, PME, start-up, institutions, universités, collectivités territoriales et personnalités de référence.

les professionnels émergents du continent européen, elle adopte une structure ascendante entièrement gratuite et un modèle de Communauté en tant que Service (CaaS) pour défendre leurs intérêts et favoriser la croissance et le développement de la communauté avec une approche résolument axée sur l'humain. L'ambition et l'objectif de cette organisation sont cristallins : faciliter la prospérité des professionnels et de la communauté européenne de l'émergence technologique en favorisant la connexion entre ses membres, en fournissant un soutien constant, des ressources et des opportunités pour les aider à s'épanouir mutuellement dans cette industrie fascinante, tout en veillant à ce qu'elle reste accessible grâce à une approche résolument humaniste. Euromersive s'engage à émanciper l'humanité pour lui permettre de façonner des technologies éthiques et durables en vue d'un avenir transformé.



Entropy

Cabinet d'avocats spécialisé en droit des technologies émergentes. Créé par Adrien Basdevant, co-auteur de la « Mission exploratoire sur les métavers » remis aux Ministres chargés de la Transformation Numérique, de l'Économie et de la Culture en octobre 2022.

Entropy



FABERNOVEL

Fabernovel

Depuis 2003, Fabernovel met le numérique au service des entreprises françaises et internationales. L'innovation est notre moteur et la technologie est un levier stratégique et opérationnel que nous savons exploiter à votre profit. Notre devise est de « faire naître l'innovation qui est en vous » et notre mission est de diffuser les innovations sociales et technologiques équitablement, de les rendre accessibles et de veiller à ce que chacun dispose de sa part d'avenir. Nous travaillons avec des organisations, des grands groupes et des start-ups pour faire prospérer l'innovation en conciliant les transitions numériques et écologiques pour une économie plus responsable et plus juste. Notre but est de bâtir des organisations anti-fragiles en menant des projets à fort impact et en fructifiant les atouts culturels, technologiques et opérationnels de nos clients.



Euromersive

Euromersive, la fédération européenne des professionnels de la réalité étendue (XR), est une organisation dévouée à l'épanouissement de l'émergence technologique en Europe. Regroupant tous



Fédération Le Park Numérique

La Fédération des Associations Le Park Numérique, association solidaire d'Utilité sociale, acteur de l'inclusion et de la médiation numérique, avons la volonté de construire des parcours d'inclusion numérique adaptés à tous et souhaite s'engager dans cette démarche qui doit permettre d'amorcer le virage vers une véritable transition numérique inclusive, performante et humaine dans les Outre-mer. nous utilisons des outils innovants de neuroéducation, d'accessibilité numérique, (contribuant à réduire le taux d'illettrisme touchant environ près de 20 à 30% des ultramarins), la Mesure d'Impact Social, la sensibilisation à la Cybersécurité, l'hybridation de notre accompagnement à travers notre plateforme inclusive Téko, projet innovant de la Grande École du Numérique ayant pour but de contribuer au désenclavement des territoires reculés et pour finir, notre concept phare, dirigé par notre parrain Gaël MUSQUET : « Résilience Outre-mer , afin de sensibiliser, informer, faire montée en compétences et former les institutionnels, les commanditaires publics et privés et les jeunes (collégiens et lycéens) des DROM-COM, à l'innovation Sociale numérique au service de la prévention des risques majeurs. »



France Immersive Learning

France Immersive Learning est une association à but non lucratif œuvrant depuis plus de cinq ans à la promotion et à la structuration de l'écosystème de l'Immersive Learning en France. L'association fédère des acteurs de l'éducation, de la formation professionnelle, de la culture et de l'industrie pour favoriser l'adoption des technologies immersives dans les pratiques pédagogiques.



ELYX et la Fondation Elyx

ELYX est l'Ambassadeur digital des Nations Unies. Derrière le personnage créé par Yacine AIT KACI, une équipe au croisement de la Culture, de l'Innovation et du développement durable oeuvre pour la Culture du Futur et le Futur de la Culture. ELYX est un think and do tank, entre conseils en stratégie et opérations d'un côté et réalisation d'expériences artistiques dans le réel, le phygital et le métavers de l'autre. La Fondation ELYX sous l'égide de la Fondation Bullukian est dédiée à la relation exclusive d'ELYX avec les Nations Unies et la promotion des valeurs onusiennes telles que l'Agenda 2030, la Déclaration Universelle de Droits Humains.



GatherVerse

GatherVerse, lancé en 2021, réunit des communautés du monde entier pour promouvoir des valeurs collectives dans le metavers et les technologies émergentes. En partenariat avec Euromersive depuis mars 2022, nous avons organisé conjointement le GatherVerse European Summit en septembre 2022 et continuons à servir la communauté ensemble au delà. GatherVerse est un écosystème mondial où toutes les industries, techniques et non techniques, sont les bienvenues. Nous organisons des événements et un sommet annuel où les leaders d'opinion partagent des idées centrées sur l'humanité pour le metaverse et les technologies émergentes. Rejoignez une communauté en croissance que nous espérons que vous partagerez avec d'autres. La mission est de rassembler les communautés mondiales et promouvoir une vision centrée sur l'humanité du metavers et des technologies émergentes.



Greenspector

Greenspector est une entreprise à mission, experte en écoconception des services numériques depuis 2010. Greenspector édite une solution de mesure sur appareils réels des consommations d'énergie et de ressources IT sur la base de parcours utilisateur et d'analyse pour réduire l'impact environnemental des services web, mobile, IoT. Greenspector intervient en expertise sur des patrimoines applicatifs existants et des nouveaux projets via un certificat de sobriété numérique basé sur un référentiel de mesure unique. Greenspector est membre du Groupe experts AFNOR pour la normalisation ISO/IEC sur qualifier les services numérique écoconçus.



Havas

Fondé à Paris en 1835, Havas est l'un des plus grands groupes de communication au monde, avec plus de 22 000 collaborateurs dans plus de 100 pays, qui partagent une seule et même mission : make a meaningful difference au service des marques, des entreprises, et de la société dans son ensemble.



Meta

Meta élabore des technologies permettant à ses utilisateur-ices de rester en contact, de trouver de nouvelles communautés et de développer leur activité. Nous dépassons les frontières des écrans en 2D pour proposer des expériences immersives dans le métavers et contribuer à la prochaine grande évolution des technologies sociales.



Microsoft

Microsoft est un éditeur de logiciels présent dans plus de 200 pays et en France représente environs 2000 collaborateurs. La société est notamment connue du grand public pour son environnement bureautique Windows et Office mais aussi pour ses solutions matérielles comme les PC Surface, les casques de réalité mixte HoloLens ou encore les consoles de jeux Xbox. Ses principales activités sont aujourd'hui tournées vers le Cloud (Azure) et l'Intelligence Artificielle. La diversité et l'inclusion mais aussi le numérique responsable sont des valeurs essentielles pour l'entreprise.



Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse

Le groupe de travail national sur l'immersion numérique en éducation dresse un état des lieux des usages numériques immersifs en milieu scolaire afin de réfléchir à proposer des cadres d'usages, proposer de valoriser des cas exemplaires et suivre des projets.



NP Solutions

NP SOLUTIONS accompagne les entreprises engagées pour la transformation à l'intersection de l'impact positif, de l'innovation et du marketing.



OCTO Technology / Accenture

OCTO Technology est un cabinet de conseil spécialisé dans les nouvelles technologies et les enjeux de la transformation digitale. Nous sommes reconnus pour nos expertises technologiques et méthodologiques (Architecture, Cloud, IA, Data, Product management, UX, etc) et pour nos méthodes d'organisation innovantes (Agilité, Sociocratie).



One Digital Nation

One Digital Nation est une agence de communication et de conseil spécialisée sur le secteur digital qui place la technologie au cœur des stratégies de transformation et développement des entreprises : la réalité virtuelle et augmentée, l'intelligence artificielle, la data, les médias digitaux ...



Orange

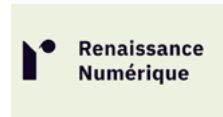
Orange est l'un des principaux opérateurs de télécommunication dans le monde, avec un chiffre d'affaires de 43,5 milliards d'euros en 2022 et 136 000 salariés au 30 juin 2023, dont 74 000 en France. Le Groupe servait 291 millions de clients au 30 juin 2023, dont 246 millions de clients mobile et 24 millions de clients haut débit fixe. Le Groupe est présent dans 26 pays. Orange est également l'un des leaders mondiaux des services de télécommunication aux entreprises multinationales sous la marque Orange Business. En février 2023, le Groupe a présenté son plan stratégique «Lead the Future», construit sur un nouveau modèle

d'entreprise et guidé par la responsabilité et l'efficacité. «Lead the Future» capitalise sur l'excellence des réseaux afin de renforcer le leadership d'Orange dans la qualité de service. Orange est coté sur Euronext Paris (symbole ORA) et sur le New York Stock Exchange (symbole ORAN).



PwC

En France et au Maghreb, PwC développe des missions de conseil, d'audit et d'expertise juridique et fiscale pour des organisations de toutes tailles et de tous secteurs d'activité. Fortes de plus de 6 000 collaborateurs, ses équipes pluridisciplinaires conjuguent leurs savoir-faire au sein d'un réseau international de plus de 328 000 personnes dans 152 pays. PwC France et Maghreb a pour ambition stratégique de devenir l'acteur de référence de la création de confiance et de la transformation durable des entreprises, en ligne avec la stratégie mondiale du réseau PwC, The New Equation.



Renaissance Numérique

Renaissance Numérique est un think tank indépendant et artisan dédié à la transformation numérique de la société. Association de loi 1901 créée en 2007, elle produit des éclairages sur les changements que cette transformation entraîne et œuvre à donner à chacun les clés de sa maîtrise. Renaissance Numérique réunit une quarantaine de membres aux expertises (technique, politique, économie, droit, sociologie, communication...) et profils variés (experts indépendants, cabinets de conseil, cabinets d'avocat, organisations non gouvernementales, grandes écoles et universités, institutions publiques, entreprises...)



Simplon.co

Simplon.co est un réseau d'écoles numériques inclusives qui forme aux compétences et aux métiers du numérique des demandeurs d'emploi et des salariés. Présent partout en France et à l'étranger dans plus de 20 pays, Simplon.co a formé plus de 30 000 personnes depuis 2013 dont 40 % de femmes au développement informatique, à la data et à l'IA, à la cybersécurité, au cloud, à la blockchain et au métavers.



Simplon Foundation

La Simplon Foundation agit pour un numérique solidaire, inclusif et éco-responsable au service de l'Homme et de la Planète, dans un but non lucratif et d'intérêt général. Sa mission : minimiser les impacts négatifs du numérique et renforcer les impacts positifs des technologies, l'accessibilité et les cas d'usages utiles aux personnes et vertueuses pour l'environnement.

Marie-Christine Tan

Pendant plus de deux décennies, mon intérêt pour la diversité culturelle, inspiré par Edward T. Hall, a renforcé ma communication inter-culturelle. En tant que spécialiste du marketing, je suis passionnée par l'expérience utilisateur, explorant les innovations en adoptant l'accessibilité by design et en mettant l'accent sur l'accessibilité et le digital. Depuis 2016, je promeus activement aux côtés d'entreprises privées et publiques, la Diversité, l'Équité et l'Inclusion (DEI),

travaillant à créer l'équité dans l'éducation, l'emploi, et les services publics. Je m'engage également dans l'inclusion numérique, notamment pour la communauté sourde et malentendante, visant à rendre le numérique plus accessible. Mon parcours vise à construire une société équitable, innovante, durable, et respectueuse des droits de l'homme.



Tiny Planets

Tiny Planets est une société de production indépendante fondée en 2017. Nous sommes convaincus que la création culturelle ne peut pas être décorrélée aujourd'hui de la réalité du réchauffement climatique, des limites planétaires et des enjeux de justice sociale. Tiny Planets est un outil, qui nous sert à produire des projets, que nous imaginons comme des leviers d'impact au service de la transition écologique et sociale.

Sources et ressources

Édito

- [« Les usages immersifs, de la réalité virtuelle au métavers »](#). CNC (septembre 2023).
- [« Initiative pour des métavers plus responsables »](#). Simplon Fondation (octobre 2022).

Méthodologie

Articles

- Matthieu Balu. [« Meta, Fortnite, Teams... Le métaverse sauvera-t-il notre planète ? »](#). *Huffington Post* (novembre 2021).
- Sevear Wang. [« If Gaming Is an Environmental Nightmare, Then So Is Hiking »](#). *Thebreakthrough.org* (avril 2021).

Études, comptes rendus, rapports

- [« Value creation in the metaverse »](#). *Mc Kinsey* (juin 2022);

- Adrien Basdevant, Camille François, Rémi Ronfard. [« Mission exploratoire sur les métavers »](#). *Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, Ministère de la Culture ainsi que le Secrétariat d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques* (juin 2022).

Partie diversité, inclusion & accessibilité

Articles

- [« Génération jeux vidéo - En fait, tout va bien »](#). *Epsilon* (mars 2023).
- Annick. [« Handicap et métaverse : avantages et inconvénients, tout savoir »](#). *realite-virtuelle.com* (mars 2022).
- Matthieu Balu. [« Meta, Fortnite, Teams... Le métavers sauvera-t-il notre planète ? »](#). *Huffington Post France* (17 novembre 2021).
- Julien Bergounhox. [« Snap rachète la start-up française NextMind pour ses futures lunettes de réalité augmentée »](#). *L'Usine Digitale* (mars 2022).

- Tomislav Bezmalinovic. [«Meta reveals new research: avatars, AR and brain-computer interface, Tomislav Bezmalinovic»](#). *Mixed News* (octobre 2022).
- Nita Farahany. [«The Battle for Your Brain: Defending the Right to Think Freely in the Age of Neurotechnology»](#). *St. Martin's Press* (mars 2023).
- Aurore Geraud. [«Tech vs Tech : Interfaces cerveau-ordinateur vs eye-tracking»](#). *L'Atelier BNP Paribas* (octobre 2021).
- Khasnaoui. [«Le LéA Fontreyne, mûr à point!»](#). *Blog collaboratif des Lieux d'éducation Associés à l'Institut Français de l'Education - ENS de Lyon* (avril 2021).
- Otto Kratky. [«The Next Step in Controlling Games is With Your Brain Says Gabe Newell»](#). *Dualshockers.com* (25 janvier 2021).
- Abdelghafour Lammamri. [«Qu'est-ce que le rendu fovéal? Explication de la technologie VR qui permet d'obtenir un réalisme réaliste»](#). *Virtual-guru.com* (mai 2021).
- Robert Lewis. [«Daz 3D's Non-Fungible People NFT Collection Celebrates Uniqueness & Inclusivity»](#). *TechCouver.com* (8 février 2022).
- Kyle Melnick. [«How Owlchemy Labs Is Making VR More Accessible»](#). *Vrscout.com* (mars 2023).
- Alexandre Piquard, Morgane Tual. [«Facebook achète CTRL-Labs, entreprise spécialisée dans l'interface cerveau-machine»](#). *www.lemonde.fr* (septembre 2019).
- Amir Reza Asadi [«BCI for métavers»](#). *metavers.acm.org* (mars 2022).
- Martin Schwarz. [«How VR helps us better understand autism»](#). *The Star.com* (mai 2023).
- Wikipédia, [Rendu fovéal](#) (mars 2029).
- Yuhang Zhao, Cynthia Bennett, Hrvoje Benko, Ed Cutrell, Christian Holz, Meredith Ringel Morris, Mike Sinclair. [«Enabling People with Visual Impairments to Navigate Virtual Reality with a Haptic and Auditory Cane Simulation»](#). *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), ACM publishing* (avril 2018).

Études, comptes rendus, rapports

- [«Suivez mon regard : C'est quoi l'eye tracking?»](#). *INSERM* (janvier 2020).
- [«Charte éthique de la data et de l'intelligence artificielle»](#). *Orange*.
- [«Charte Internationale pour une I.A Inclusive»](#). *Arborus et Orange*.
- [«35 Propositions pour des métavers de Respect et de Diversité»](#). *Respect Zone*.
- [«Guide d'accessibilité et de design inclusif»](#). *Association XR* (2020).
- [«Metaverse Dialogues»](#). *Renaissance Numérique* (2022).
- [«Métavers l'infini et au-delà, quelles opportunités pour les marques?»](#). *UserAgents* (juin 2022).

- [« Initiative pour des métavers plus responsables »](#). *Compte-rendu de l'événement de lancement de la démarche. Vivacity, Paris 1* (12 octobre 2022).

- [« Pour lutter contre le cyberharcèlement, Orange ouvre des "Safe Zone" au sein même des mondes de jeux en ligne »](#). *NewsRoom Orange* (novembre 2022).

- La ministre chargée des personnes handicapées et le ministre chargé du numérique. [« Référentiel Général d'Amélioration de l'Accessibilité \(RGAA\) »](#). *accessibilite.numerique.gouv.fr* (septembre 2019).

- Justin Kasowski, Byron A. Johnson, Ryan Neydavood, Anvitha Akkaraju, Michael Beyeler. [« A Systematic Review of Extended Reality \(XR\) for Understanding and Augmenting Vision Loss »](#). *Cornell University, USA* (10 septembre 2021).

- Simon Roussey et Margherita Maestri. [« Cartographie des usages du numérique pour les personnes en situation de handicap »](#). *Labo Numérique et Handicap*.

- World Economic Forum et Accenture. [« Social Implications of the métavers »](#) (juillet 2023).

- Matteo Zallio, P. John Clarkson. [« Designing the métaverse: A study on inclusion, diversity, equity, accessibility and safety for digital immersive environments »](#). *Telematics and Informatics* (décembre 2022).

Documentaire

- [« Notes on blindness »](#). *Production Ex Nihilo, Archer's Mark, Novelab Audiogaming* (juillet 2016).

Podcast

- Kent Bye. [« The Ultimate Potential of VR: Promises & Perils »](#). *Voices of VR Podcasts SXSW* (mars 2023).

Partie Santé

Articles

- Pierre Berendes. [« Les métavers peuvent-ils améliorer la santé mentale en facilitant l'accès à la thérapie ? »](#). *métavers-tribune.com* (2022).

- Kunal Bhugaonkar, Roshan Bhugaonkar, Neha Masne. [« The Trend of métavers and Augmented & Virtual Reality Extending to the Healthcare System »](#). *CUREUS* (décembre 2022).

- Rory Greener. [« Neuro Rehab Debuts FDA Approved XR Physical Therapy »](#). *xrtoday.com* (juillet 2023).

- Dennis Relajo-Howell. [« What Is métavers – And How Will It Affect Mental Health »](#) *psychreg.org* (2022).

- Jace Weiss mentioning Gregory Christina. [« Internet Addiction Disorder – Signs, Symptoms, and Treatments »](#). *PsyCom.net – Mental Health Treatment Resource* (février 2018).

Études, comptes rendus, rapports

- « Avis relatif à l'évaluation des risques liés aux niveaux d'activité physique et de sédentarité des enfants et des adolescents », ANSES (2020).
- « Effets de l'exposition des enfants et des jeunes aux écrans (seconde partie) : de l'usage excessif à la dépendance ». Haut Conseil de la Santé Publique (mars 2021).
- « Avis relatif aux valeurs limites d'exposition à la lumière bleue pour la population générale ». ANSES (2020).
- « Effets sanitaires potentiels des technologies audiovisuelles en 3D stéréoscopique ». ANSES (2014).
- « Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED) ». ANSES (2019).
- « Avis et rapport relatif aux effets sanitaires liés à une exposition aux technologies de réalité virtuelle et/ou de réalité augmentée ». ANSES (2021).
- « Pour un usage raisonné des écrans pour les enfants ». *Jeprotegemonenfant.gouv.fr* (février 2023).
- « Playing Super Mario 64 increases hippocampal grey matter in older adults ». *Plos one* (décembre 2017).
- Jean-Christophe Beaud. « Évolution de compétences, évolutions de comportements liés à l'utilisation de jeux massivement multi-joueurs en ligne », *Orange* (février 2023).
- David Benrimoh, MSc, MD, Forum D Chheda, MBA, and Howard C Margolese, MSc, MD, . « The Best Predictor of the Future—the métavers, Mental Health, and Lessons Learned From Current Technologies ». *JMIR Publications* (octobre 2022).
- Dimitrios Saredakis Ancret Szpak, Brandon Birkhead, Hannah A. D. Keage, Albert Rizzo, Tobias Loetscher. « Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *Frontiers in Human Neurosciences* (mars 2020).
- Greg L. West, Benjamin Rich Zendel, Kyoko Konishi, Jessica Benady-Chorney, Véronique D. Bohbot, Isabelle Peretz, Sylvie Belleville. « Playing Super Mario 64 increases hippocampal grey matter in older adults ». *PLOS ONE Publishing* (décembre 2017).

Autre

- « Casques de RV : consignes d'usage et de sécurité ». *Simplon.co* (2022).

Partie écologie, climat & biodiversité

Articles

- « À quelles conditions le numérique peut-il favoriser la transition écologique ? ». *Ademe* (septembre 2022).

- « Quels sont les impacts du numérique? ». Ademe (septembre 2022).
- « D'ici 2030, 15 technologies numériques réduiront les émissions de CO₂ de 5 fois le total des émissions du numérique ». Agoria (mai 2022).
- Nicola Morini Bianzino, « Métaverse : could creating a virtual world build a more sustainable one? ». EY (avril 2022).
- Aravind Gandhi Periyasamy, Amarjeet Singh, and Khaiwal Ravindra. « Carbon Emissions from Virtual and Physical Modes of Conference and Prospects for Carbon Neutrality: An Analysis From India ». *Air, Soil and Water Research* (avril 2022).
- Tristan Gaudiaut. « Réseaux sociaux : quelle empreinte carbone ? ». *statista.com* (février 2022).
- Fangming Liu, Qiangyu Pei, Shutong, Chen Yongjie, Yuan, Lin, Wang, Max Mühlhäuser. « When the métaverse Meets Carbon Neutrality: Ongoing Efforts and Directions ». *IEEE* (décembre 2022).
- « PwC France et Maghreb et la Fondation ELYX s'associent pour démontrer comment le métavers et le Web3 peuvent être un levier d'accélération vers une société plus juste, plus sûre et plus respectueuse de la planète ». *PWC France* (mars 2023).
- Gauthier Roussilhe, Relecture et suggestions : Jacques Combaz et David Ekchajzer. « Les effets environnementaux indirects de la numérisation ». *gauthierroussilhe.com* (septembre 2022).

Études, comptes rendus, rapports

- L'empreinte environnementale du numérique. Étude sur l'empreinte environnementale du numérique en 2020, 2030 et 2050, ADEME – Arcep (mars 2023)
- Accenture. « Etude Digital4Climate ». Agoria (2022).
- Françoise Berthoud, Marion Ficher, « Évaluation de l'empreinte carbone d'une visioconférence entre deux utilisateurs du service rendez-vous », *CNRS - EcoInfo* (2022).
- Denis Bochatay. « Empreinte Environnementale d'une visio-conférence ». *EPLF* (mai 2019).
- Aloha McBride, Jaymee Lewis Desse, Rachel Hall, Kenny O'Neill, Crystal Yednak. « Is digital twin technology the key to more personalized, equitable and efficient health care? How smart, analytics-driven insights can mean better outcomes for all ». *EY* (2022).
- « Cas d'Étude Pour un Immersif Responsable (CEPIR) ». Projet d'évaluation des impacts environnementaux de la XR (VR/AR/MR) soutenu par l'État dans le cadre du dispositif « Soutenir les alternatives vertes dans la culture » (France 2030).
- Lysa Corcuff. « L'impact de nos usages en visioconférence sur mobile et PC! ». *Green Spector* (septembre 2022).

- Marion Ficher, Françoise Berthoud, Anne-Laure Ligozat, Patrick Sigonneau, Badis Tebbani, Maxime Wisslé, « Évaluation de l'empreinte carbone de la transmission d'un gigaoctet de données sur le réseau RENATER ». (mars 2021).

- Jacques-André Fines Schlumberger, Pierre Noro, Lucas Zaehringier. « Blockchains et Développement durable 2022-2023 ». *Association Blockchain for Good* (septembre 2022).

- Nathalie Labidurie Omnes, François Bélorgey, Arnaud Brun, Jean-Manuel Canet, Jérôme Fournier. « Assessing How the Use of Teleworking Impacts GHG Emissions: A Study Case », 2023 Joint European Conference on Networks and Communications & 6G Summit (EuCNC/6G Summit) », *Gothenburg, Sweden, IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers* (juin 2023).

- David Nutt. « métaverse could put a dent in global warming ». *Cornell University Chronicle* (juin 2023).

Autre

- Simulateur Impact CO₂ : service public gratuit porté par l'accélérateur de la transition écologique, l'incubateur interne de l'ADEME. Il calcule l'empreinte carbone des appareils en tenant compte de leurs usages et de leur construction.

- Recommandation L.1480 : Enabling the Net Zero transition: Assessing how the use of information and communication technology solutions impact greenhouse gas emissions of other sectors, *Union Internationale des Télécommunications* (2022).

Partie gouvernance, droit & régulation

Articles

- « JUVENTUS – NFT : 1 – 0. Match pour la protection de la marque dans le métavers ». *Lien.legal* (mars 2023).

- « AFNOR mobilise la filière métavers en quête de repères ». *www.afnor.org* (février 2023).

- « Contrôle de l'âge pour l'accès aux sites pornographiques ». *CNIL* (21 février 2023).

- « Hermès remporte le procès autour des NFTs MetaBirkin ». *Journal du Luxe* (février 2023).

- Alain Bensoussan. « Le sort des données personnelles à l'ère du métavers ». *Lexing Alain Bensoussan Avocats* (juillet 2023).

- Jade Charlotte Caboche. « métavers : Quel univers pour la protection juridique de l'homo-numericus? ». *Journal du Net* (mars 2022).

- Foo Yun Chee. « métavers has set off no alarms or need for controls yet, EU antitrust chief says ». *Reuters* (juin 2023).

- Vera Lou Derid. « Quand Pokémon Go envahit les lieux dédiés à la mémoire de l'Holocauste ». *l'express.fr* (juillet 2016).

- Numaan Huq, Roel Reyes, Philippe Lin, Morton Swimmer. [«**METaverse OR METAWORSE? Cybersecurity Threats Against the Internet of Experience**»](#). *Trend Micro* (2022).
- Amandine Jonniaux. [«**Pourquoi le premier viol dans le métavers pose question**»](#). *Le Journal du Geek* (juin 2022).
- Alex Leroux. [«**Le nouveau «Kill Switch» de l'UE pourrait mettre la cryptographie en danger**»](#). *coinacademy.fr* (mars 2023).
- Manon Maggiorino. [«**Les métavers face à la loi : où en est-on ?**»](#). *lemondeinformatique.fr* (octobre 2022).
- Céline Moille, Arnaud Raynouard. [«**Les enjeux juridiques du métavers : observations prospectives d'un phénomène en devenir !**»](#). *Deloitte Avocats* (juin 2022).
- Julia Mutzbauer, IDG NS (adaptation Jean Elyan). [«**L'émergence d'un "darkverse" dans le métavers inquiète les experts**»](#). *Le Monde Informatique* (septembre 2022).
- Cepheïd Consulting (Vincent Escoffier Foucaud du Merle), Antilogy (Bertrand Wolff), Banque des Territoires (Marie Aboulker, Aymeric Buthion, Didier Célisse). [«**Technologies immersives, une opportunité pour les collectivités locales ?**»](#). (mai 2018).
- Camille François, Adrien Basdevant, Rémi Ronfard. [«**La mission interministérielle sur le développement des métavers**»](#). *Ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, Ministère de la Culture ainsi que le Secrétariat d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques* (février 2022).
- Patrick Chaize, Loïc Hervé. [«**Projet de loi entre Europol et le National Center for Missing and Exploited Children \(NCMEC\)**»](#). *Rapport n° 777 (2022-2023). Commission spéciale du Sénat sur le projet de loi visant à sécuriser et réguler l'espace numérique* (27 juin 2023).
- Numaan Huq, Roel Reyes, Philippe Lin, and Morton Swimmer. [«**METaverse OR METAWORSE? Cybersecurity Threats Against the Internet of Experience**»](#). *Trend Micro* (2022).

Études, comptes rendus, rapports

- [«**Intellectual Property in the Metaverse. Episode IV : Copyright**»](#). *European Commission* (juin 2022).
- [«**Privacy and Safety in the métavers**»](#). *World Economic Forum reports in collaboration with Accenture* (juillet 2023).
- [«**Vers la prochaine transition technologique: la Commission présente une stratégie pour placer l'UE à l'avant-garde du web 4.0 et des mondes virtuels**»](#) *Commission européenne* (juillet 2023).
- Maître Jean Martin, assisté de Monsieur Alexandre Koutchouk, rapporteur. [«**Rapport de la mission "Réalité virtuelle et augmentée"**»](#). *Conseil Supérieur de la Propriété Littéraire et Artistique (CSPLA)* (septembre 2020).
- Jean Martin, Pauline Hot. [«**Rapport sur les NFT**»](#). *Conseil supérieur de la propriété littéraire et artistique (CSPLA Lab)* (juillet 2022).
- Car Polona, Madiëga Tambiama André, Niestadt Maria. [«**Métavers : Opportunities, Risks and Policy Implications**»](#). *EU Parliament* (juin 2022).
- Eleonora Rosati. [«**IP and the métavers**»](#). *Office de l'Union européenne pour la propriété intellectuelle* (novembre 2022).

REJOIGNEZ LA DÉMARCHE, METTEZ
EN VALEUR VOS CAS D'USAGES,
SIGNALEZ NOUS D'AUTRES TRAVAUX
COMPLÉMENTAIRES : CONTACTEZ-NOUS
SIMPLON FOUNDATION
55 RUE DE VINCENNES
93100 MONTREUIL
FRANCE

contact@simplon.foundation