

AVIS N°9 MÉTAVERS : ENJEUX D'ÉTHIQUE

**COMITÉ NATIONAL PILOTE
D'ÉTHIQUE DU NUMÉRIQUE**

sous l'égide du
**COMITÉ CONSULTATIF NATIONAL D'ÉTHIQUE
POUR LES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA SANTÉ**

AVIS N°9

MÉTAVERS : ENJEUX D'ÉTHIQUE

**AVIS ADOPTÉ LE 29 FÉVRIER 2024 À L'UNANIMITÉ
DES VOTES EXPRIMÉS PAR LES MEMBRES
DU COMITÉ NATIONAL PILOTE D'ÉTHIQUE DU NUMÉRIQUE**

Comment citer cet avis :
Métavers : enjeux d'éthique.
Avis 9 du Comité national pilote d'éthique du numérique.
29 février 2024.

SOMMAIRE

<u>SYNTHÈSE</u>	P. 7
<u>SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS</u>	P. 8
1. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES	P. 8
PROJETS DE RECHERCHE	P. 8
RÉFLEXIONS ÉTHIQUES	P. 8
DEVOIR D'INFORMATION	P. 8
2. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA PERSONNE	P. 9
3. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA SOCIÉTÉ	P. 9
4. RECOMMANDATIONS CONCERNANT L'ENVIRONNEMENT	P. 10
<u>AVANT PROPOS</u>	P. 11
<u>1. INTRODUCTION</u>	P. 11
1.1 MOTIVATIONS	P. 11
1.1.1 POURQUOI RÉDIGER UN RAPPORT SUPPLÉMENTAIRE SUR LES MÉTAVERS ?	P. 11
1.1.2 QUELLE NOUVEAUTÉ DANS LES QUESTIONNEMENTS ÉTHIQUES POSÉS PAR LES MÉTAVERS ?	P. 12
1.1.3 COMMENT ÉTUDIER UNE TECHNOLOGIE INTÉGRATIVE EN COURS DE DÉPLOIEMENT ?	P. 12
1.1.4 APPROCHE RETENUE	P. 12
1.2. ENJEUX D'ÉTHIQUE	P. 13
1.2.1 QUELLE RÉFLEXION MENER S'AGISSANT DES MÉTAVERS ?	P. 13
1.2.2 QUELLES TENSIONS ÉTHIQUES ?	P. 13
<u>2. DESCRIPTIONS TECHNIQUES</u>	P. 14
2.1 LES MÉTAVERS	P. 14
2.1.1 DE QUOI S'AGIT-IL ?	P. 14
2.1.2 HISTORIQUE	P. 16
2.1.3 DE QUELLES CONNAISSANCES LES MÉTAVERS SONT-ILS ISSUS ?	P. 17
2.1.4 À QUOI LES MÉTAVERS PEUVENT-ILS SERVIR ?	P. 19
2.1.5 LE DEVENIR DES MÉTAVERS	P. 21
2.1.6 TYPOLOGIE DES COMPOSANTES ET DES PARTIES PRENANTES D'UN MÉTAVERS	P. 24
2.2 LA RÉALITÉ VIRTUELLE	P. 25
2.2.1 DESCRIPTION	P. 25
2.2.2 TERMINOLOGIE	P. 25
2.2.3 APPLICATIONS	P. 27
2.3 LA RÉALITÉ AUGMENTÉE	P. 28
2.3.1 DESCRIPTION	P. 28
2.3.2 APPLICATIONS	P. 29
2.3.3 TERMINOLOGIE	P. 30

2.4 LES AVATARS	P. 30
2.4.1. DESCRIPTION	P. 30
2.4.2 INTERMÉDIATION	P. 31
2.5 PROFILAGE PROFOND DES UTILISATEURS	P. 33
2.5.1 NOUVELLES DONNÉES COLLECTÉES	P. 33
2.5.2 NOUVELLES INFORMATIONS CALCULÉES	P. 33
2.5.3 TRANSFERT ÉMOTIONNEL	P. 34
<u>3. ENJEUX D'ÉTHIQUE</u>	<u>P. 36</u>
3.1 ENJEUX CONCERNANT LA PERSONNE	P. 38
3.1.1 ENJEUX PHYSIOLOGIQUES ET PSYCHOLOGIQUES	P. 38
3.1.2 ENJEUX RELATIFS AUX AVATARS	P. 45
3.1.3 ENJEUX RELATIFS AUX DONNÉES	P. 48
3.2 ENJEUX CONCERNANT LA SOCIÉTÉ	P. 50
3.2.1 ACCÈS ET ÉQUITÉ	P. 50
3.2.2 INFLUENCE ET MANIPULATION	P. 52
3.2.3 RESPONSABILITÉ	P. 54
3.2.4 SOUVERAINETÉ	P. 58
3.3 ENJEUX CONCERNANT L'ENVIRONNEMENT	P. 59
3.3.1 CONSOMMATIONS DE RESSOURCES ET D'ÉNERGIE	P. 60
3.3.2 COMMENT CONJUGUER BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL ET ÉQUITÉ SOCIALE ?	P. 62
3.3.3 UN OUTIL DE SENSIBILISATION ET DE FORMATION À LA RESPONSABILITÉ ENVIRONNEMENTALE	P. 62
3.3.4 SOUTENABILITÉ	P. 62
<u>4. CONCLUSION</u>	<u>P. 64</u>
<u>ANNEXE 1 : AVIS DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DES DONNÉES D'ÉDUCATION</u>	<u>P. 65</u>
<u>ANNEXE 2 : LISTE DES AUDITIONS ET VISITES</u>	<u>P. 72</u>
<u>ANNEXE 3 : COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL</u>	<u>P. 72</u>
<u>INDEX ALPHABÉTIQUE</u>	<u>P. 73</u>

SYNTHÈSE

Les univers numériques immersifs, couramment appelés métavers, se développent grâce à des avancées scientifiques et technologiques et sous l'impulsion de nombreux acteurs du numérique. Contrairement à ce que l'adjectif « virtuel », qui leur est souvent accolé, pourrait laisser supposer, vivre une telle expérience immersive peut produire des effets importants sur les utilisateurs, l'environnement ou la société. Malgré un manque de recul pour en connaître tous les aspects, notamment à moyen et à long terme, le CNPEN en étudie dans cet avis les enjeux d'éthique et formule des recommandations dans le but d'éclairer la réflexion collective.

Les métavers sont construits sur des technologies préexistantes, comme la réalité virtuelle, les jeux vidéo et les réseaux sociaux. Ils en héritent des problématiques bien connues ayant trait par exemple à leur impact sur l'environnement, à la gestion des données personnelles et aux phénomènes de harcèlement ou de manipulation. Si les métavers suscitent des questionnements éthiques communs à d'autres types de systèmes numériques, ils en posent également de nouveaux de par leurs spécificités, notamment à cause de leur puissance d'évocation et de conviction rendue possible par le caractère temps réel de l'interaction entre l'utilisateur et le système, et par l'immersion et l'incarnation à la première personne. En outre, la nature intégrative des métavers conduit à amplifier certains aspects en combinant ces différentes technologies. Si de nombreux rapports et ouvrages ont déjà été publiés sur les métavers, le CNPEN relève cependant que la plupart de ces publications s'accordent sur la nécessité d'une réflexion éthique sans qu'aucune, ou presque, ne s'attache à traiter spécifiquement de cette question que nous présentons dans l'introduction.

La deuxième partie de l'avis est dévolue aux descriptions techniques nécessaires à l'élaboration d'une réflexion éthique qui suivra. En effet, la confusion répandue entre métavers et réalité virtuelle (ou augmentée), mais également la complexité technologique de ces systèmes, rendent indispensable une description technique pour bien comprendre leur fonctionnement et fixer le vocabulaire. Sont donc décrits la réalité virtuelle, la réalité augmentée et les avatars dont le rôle est central dans l'écosystème des métavers. Relevant qu'il existe de nombreuses définitions des métavers, le CNPEN opte pragmatiquement pour une approche descriptive en listant leurs principales caractéristiques, à savoir : leur nature tridimensionnelle, leur persistance temporelle, les interactions qu'ils permettent et les façons d'y accéder. Dans un souci d'exactitude sémantique et de rigueur scientifique, l'avis s'attarde sur les distinctions entre les métavers et d'autres initiatives, à l'instar du web 3, des chaînes de blocs (*blockchains*) et des crypto-monnaies. L'avis s'attache à retracer la généalogie des technologies actuellement utilisées, en les différenciant des applications préexistantes dont elles sont issues, et à interroger leur devenir en proposant trois scénarios prospectifs d'évolution. Dans la mesure où le fonctionnement des métavers repose sur l'intégration d'un nombre important de dispositifs (matériels, logiciels, réseaux, données) et l'implication de plusieurs parties prenantes dans leur élaboration, leur mise en œuvre et leurs usages (chercheurs, fabricants, utilisateurs, pouvoirs publics, etc.), l'avis propose une typologie de ces principaux éléments.

Le cadre technique ayant été posé, et les spécificités des métavers soulignées, les enjeux d'éthique apparaissent plus clairement et sont développés dans la troisième partie. Après avoir mis en exergue certaines tensions entre des principes comme le respect de l'autonomie humaine, la soutenabilité environnementale et l'équité, l'avis explicite les enjeux concernant la personne en abordant tour à tour les enjeux physiologiques (impact sur le système visuel, cybercinétose) et psychologiques (dépendance, harcèlement, agression), sans oublier les enjeux qui sont spécifiques aux avatars (illusions anthropomorphiques) et aux données (protection, information, consentement). Le propos s'attache ensuite à étudier certaines situations de vulnérabilité potentielle dont le cas des enfants et adolescents et celui des personnes en situation de handicap. L'avis aborde ensuite les enjeux concernant la société en abordant les questions d'accès et d'équité, d'influence voire de manipulation, de responsabilité, tant à l'égard des fabricants que des utilisateurs, et de souveraineté, cette dernière étant déclinée sous ses formes individuelle, culturelle, technologique et nationale. La dernière partie de l'avis est consacrée aux enjeux environnementaux, vus sous l'angle de la consommation de ressources pour la fabrication des équipements nécessaires et d'énergie pour les faire fonctionner. Cette dernière interrogation absolument essentielle invite à conjuguer éthique environnementale et éthique sociale en appelant à l'indispensable sobriété numérique et à la responsabilisation de tous à l'heure où l'empreinte des métavers est clairement questionnée.

Considérant l'ensemble de ces éléments, le CNPEN formule des recommandations au fil du texte dans la partie 3 pour éclairer le débat public sur les métavers. Elles soulignent les enjeux d'éthique relatifs à la conception, la mise en œuvre et les usages des métavers qui nécessitent de prendre en compte les cinq points fondamentaux suivants :

- Vivre une expérience immersive n'est pas neutre et surtout pas virtuel. Elle engendre des effets bien réels, parfois intenses sur la personne, notre organisation sociale et l'environnement et ceci à court, moyen ou long terme.
- Les métavers sont issus de l'intégration de technologies numériques préexistantes ou inédites. Cela amplifie considérablement des effets déjà connus et en crée de nouveaux. Il convient donc de les étudier rigoureusement en convoquant des expertises multidisciplinaires.
- Il est indispensable de prendre en compte les effets de l'usage des métavers tant physiologiques que psychologiques sur la personne. Une attention toute particulière doit être portée aux personnes potentiellement vulnérables, en particulier les enfants et les adolescents.
- Nos sociétés sont affectées de façon de plus en plus intense par la propagation de discours haineux ou discriminatoires et par des opérations de désinformation et de déstabilisation informationnelle, que les métavers vont exacerber. Il convient d'en prendre pleinement conscience et de se donner les moyens d'y résister.
- L'urgence de réduire globalement notre empreinte environnementale exige, *a minima*, une réflexion argumentée pour justifier de nouveaux usages entraînant un surplus de consommation de ressources et d'énergies.

Ces mêmes recommandations, classées selon qu'elles soient générales ou qu'elles concernent la personne, la société ou l'environnement, sont présentées dans leur ensemble ci-dessous.

SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

Dans cette synthèse, les recommandations formulées dans le corps de cet avis sont classées en quatre sections. La première regroupe les recommandations générales alors que les trois suivantes détaillent celles qui sont dévolues à la personne (préfixées P), la société (S) et l'environnement (E). Chaque identificateur de recommandation prend la forme d'un lien cliquable permettant d'accéder directement au contexte détaillé dans la suite de l'avis. Symétriquement, l'identificateur présent dans le corps du texte est lui aussi cliquable et permet de revenir dans cette synthèse.

1. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

PROJETS DE RECHERCHE

(Aux chercheurs) Développer, aux niveaux français, européen et international, des programmes de recherche multidisciplinaire étudiant en particulier les impacts des métavers, tant physiologiques que psychologiques à court, moyen et long terme et visant à formuler des recommandations. Ces recherches devront nécessairement prendre en compte les situations où l'utilisateur est isolé lors de son expérience immersive dans la mesure où l'absence d'accompagnement par un tiers peut amplifier certains de ces effets et en créer de nouveaux. Intégrer des questionnements éthiques dans tous ces programmes, en relation avec les comités d'éthique des institutions de recherche. Ces projets devraient en particulier :

- P1** porter sur les effets touchant à l'intégrité psychique de la personne tels que la dépendance, le harcèlement, les agressions et les extorsions vécus dans un contexte immersif ou encore la manipulation fondée sur le transfert émotionnel et le recours aux techniques de captologie dans la conception des univers virtuels ;
- P10** viser à comprendre les effets physiologiques et psychologiques de l'utilisation des métavers spécifiques aux personnes vulnérables ;
- P13** viser à comprendre les effets physiologiques et psychologiques de l'utilisation des métavers spécifiques aux enfants et aux adolescents. Comme le recommande le Comité d'éthique pour les données d'éducation, il importe de comprendre les effets possiblement induits sur les enfants ou les adolescents concernant la construction de leur identité avant d'envisager tout déploiement plus important de ces usages, en particulier dans le domaine scolaire et périscolaire ;
- P17** identifier et analyser les risques d'anthropomorphisation pouvant résulter du choix d'un avatar reprenant des caractéristiques humaines dans son comportement ;

S10 viser à concevoir des algorithmes de reconnaissance comportementale pouvant déclencher l'enregistrement à partir de la détection d'un comportement supposé à risque pour l'utilisateur ;

E3 développer une métrique de l'impact environnemental des métavers en tant que systèmes incluant, d'une part, la fabrication, la durabilité et le recyclage des équipements et, d'autre part, les consommations énergétiques, et en systématiser l'affichage. Définir une labellisation et une certification appropriées.

RÉFLEXIONS ÉTHIQUES

(Aux pouvoirs publics, aux fabricants et exploitants et aux chercheurs) Mener des réflexions éthiques sur :

P21 le recours à des avatars revêtant l'apparence et le comportement (notamment les dialogues) d'un enfant, d'une personne vivante ou décédée, en vue de mettre en œuvre un encadrement de ces pratiques.

P22 l'articulation entre la préservation de l'anonymat et l'obligation pour la personne de s'authentifier lors de ses usages de services numériques.

DEVOIR D'INFORMATION

(Aux pouvoirs publics et aux exploitants) Imposer aux exploitants de métavers un devoir d'information, claire et compréhensible, relatif aux :

P6 effets physiologiques dus à la cybercinétose pouvant survenir pendant ou après une immersion. Ces avertissements doivent être affichés avant la connexion et être disponibles en dehors de toute connexion. En particulier, avertir sur la nécessité de prendre un temps de repos post-immersion avant de reprendre une activité nécessitant une vigilance particulière comme la conduite d'un véhicule ;

P11 risques potentiels notamment pour des personnes atteintes de certaines pathologies ou de certains troubles du comportement ;

P16 dangers d'exploitation des enfants ou des adolescents ;

P18 risques d'anthropomorphisation ;

P19 possibilités d'introduction par l'exploitant d'avatars contrôlés par un système numérique. Dès lors, il conviendrait d'envisager des mécanismes visant à ce que l'utilisateur n'oublie pas, au cours de l'expérience immersive, qu'il peut interagir avec ces avatars et donc, s'il le souhaite, puisse les identifier en tant que tels ;

S5 modifications potentielles de l'environnement immersif par l'exploitant en fonction des données physiologiques, comportementales et d'interactions qui sont collectées.

S8 possibilités de désinformation et de manipulation émanant d'avatars.

2. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA PERSONNE

P2 (Aux pouvoirs publics¹) Saisir les autorités compétentes, en particulier l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) pour réaliser un suivi de son avis publié en 2021 sur la réalité virtuelle et la réalité augmentée en l'étendant au contexte spécifique des métavers et à l'aune de nouveaux dispositifs.

P3 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux fabricants de métavers de ne pas développer des interfaces contraignant l'utilisateur à rester connecté et, en particulier, lorsque l'utilisateur s'est déconnecté, de ne pas le priver de certaines fonctionnalités lors d'une connexion ultérieure.

P4 (Aux fabricants et aux exploitants) Afin de prendre en compte la possible survenue de situations inconfortables causées par la cybercinétose alors que l'utilisateur est isolé lors de son expérience immersive, mettre en place une procédure lui permettant d'évaluer les principaux facteurs de risque le concernant, en particulier avant la première expérience immersive complète; par exemple, étudier des procédures sous forme de questionnaires ou d'une immersion par étapes successives avec des points d'arrêt et de questionnements.

P5 (Aux fabricants et aux exploitants) Afin de réduire les risques de cyberattaques et le cas échéant leurs effets, mettre en place en continu les mécanismes de cybersécurité nécessaires.

P7 (Aux pouvoirs publics) Imposer des mécanismes visant à faire prendre conscience à un utilisateur de son temps de connexion à un métavers ; par exemple, avec l'affichage de cette durée ou du cumul journalier, hebdomadaire ou mensuel.

P8 (Aux fabricants) Développer des mécanismes de protection (zone d'exclusion, déconnexion immédiate, etc.) clairement identifiés, toujours accessibles et bien décrits dans la documentation.

P9 (Aux pouvoirs publics) Élaborer la législation permettant de nouvelles incriminations en cas d'expérience traumatisante dans un métavers qu'elle soit psychologique (même en l'absence d'agression physique de l'utilisateur), ou bien physique.

P12 (Aux pouvoirs publics, aux fabricants et aux exploitants, aux utilisateurs) Recommander aux personnes atteintes de certaines pathologies ou de certains troubles du comportement soit d'éviter l'usage de métavers, soit d'être accompagnées avant, pendant et après l'utilisation d'un métavers à ces différents stades ; formuler des conseils aux aidants sur les risques potentiels des métavers.

P14 (Aux pouvoirs publics) Sans attendre les résultats d'études scientifiques en cours, mener des réflexions sur les mesures à prendre pour protéger les utilisateurs

les plus jeunes, en vue d'une part d'imposer des limites d'âge à l'utilisation de certains périphériques comme les casques de visualisation et d'autre part d'encadrer l'accès aux métavers, en étudiant notamment la possibilité de mettre en place des contrôles parentaux ou des limitations d'accès efficaces.

P15 (Aux pouvoirs publics) Élaborer la législation permettant de nouvelles incriminations en cas d'exploitations dont seraient victimes les enfants ou les adolescents dans les métavers.

P20 (Aux pouvoirs publics et aux exploitants) Mener des actions de sensibilisation, en particulier à destination des personnes vulnérables, sur les risques de manipulation ou d'attachement à des entités fictives.

P23 (Aux pouvoirs publics) Mener une réflexion sur la nécessité de renforcer la protection des données physiologiques et comportementales pour leur étendre la qualification de données sensibles au sens du RGPD, voire aller jusqu'à envisager l'interdiction de traitements sensibles de ces données dès lors qu'il en résulte des risques substantiels d'intrusion dans l'intimité de la personne ou encore de limitation de son autonomie, de son processus décisionnel et de sa liberté de choix.

P24 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux gestionnaires de métavers de mettre en place un mécanisme respectueux du principe de protection des données personnelles dès la conception au sens du RGPD, qui mentionne précisément les risques et les types d'exploitation des données à caractère personnel ; par ailleurs, imposer de prendre toute mesure visant à prévenir les atteintes substantielles à l'autonomie de l'utilisateur.

3. RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA SOCIÉTÉ

S1 (À toutes les parties prenantes) Mener des actions de sensibilisation et d'incitation pour favoriser la participation aux activités de standardisation et de normalisation. Penser une stratégie française et européenne pour conduire cette participation, y compris au niveau international.

S2 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux fabricants de métavers de mettre en œuvre les solutions techniques visant à permettre l'accessibilité numérique de leurs produits à des personnes en situation de handicap.

S3 (Aux pouvoirs publics) Interdire que le recours à un métavers soit l'unique option pour réaliser certaines démarches, notamment administratives ; maintenir de façon impérative la possibilité de recourir à d'autres solutions, impliquant en particulier des agents humains.

S4 (Aux pouvoirs publics) Analyser le cadre légal existant afin de s'assurer qu'il permet d'interdire et de sanctionner de façon efficace les pratiques

1. dans un cadre national ou européen.

trompeuses ou manipulatrices résultant de la modification de l'environnement immersif en fonction de l'exploitation des données et des interactions de l'utilisateur d'un métavers, en portant une attention particulière à l'utilisation des systèmes d'intelligence artificielle à cette fin.

S6 (Aux fabricants et aux exploitants) Développer un système de paramétrage aisément compréhensible et accessible et ce, à n'importe quel moment, pour que l'utilisateur puisse exprimer son choix parmi différentes options :

- aucune adaptation de l'environnement immersif (tous les utilisateurs qui ont fait ce choix « voient » la même chose) ;
- adaptation de l'environnement immersif avec une prise en compte de ses intérêts déclarés explicitement ;
- adaptation de l'environnement immersif incluant des modifications basées sur l'exploitation des données de l'utilisateur par l'exploitant du métavers ou bien par des entreprises tierces développant une activité dans ce métavers.

S7 (À toutes les parties prenantes) Prendre pleinement conscience des capacités de nuisances sociétales (désinformation, déstabilisation) et de la nature de l'impact anthropologique des métavers résultant de la modification des relations interindividuelles et de la mutation de la relation à l'information et au savoir.

S9 (Aux fabricants et exploitants) S'agissant des actes répréhensibles commis dans un métavers, prévoir des mesures visant à les détecter, les caractériser et à en identifier les auteurs. Le cas échéant, permettre la constitution de moyens de preuve à des fins de poursuites judiciaires.

S11 (Aux pouvoirs publics) Évaluer la nécessité d'adapter — au niveau national, européen ou international — les régimes de responsabilité, pour tenir compte de la spécificité et des problèmes juridiques et enjeux d'éthique posés par les métavers, en prenant notamment en compte les règlements européens concernant le numérique.

S12 (Aux pouvoirs publics et aux exploitants) Mener des actions de sensibilisation à destination des utilisateurs sur le fonctionnement des métavers et sur les enjeux d'éthique relevant de leurs comportement dans les métavers et de leurs effets sur les autres utilisateurs dans le monde dit réel. Alerter les utilisateurs sur les risques liés à leurs interactions dans les métavers afin de développer leur sens critique.

S13 (À toutes les parties prenantes) Disposer des technologies logicielles et matérielles nécessaires au développement de métavers souverains, c'est-à-dire permettant une expression démocratique respectueuse des valeurs nationales et européennes, notamment sur les aspects scientifiques, culturels, linguistiques, législatifs, financiers ou sécuritaires.

4. RECOMMANDATIONS CONCERNANT L'ENVIRONNEMENT

E1 (Aux exploitants) Avant de développer un métavers, réfléchir à sa raison d'être ainsi qu'aux conséquences environnementales de sa mise en œuvre et de son utilisation afin de favoriser des usages bénéfiques pour le bien commun.

E2 (Aux pouvoirs publics) Développer la mutualisation des infrastructures et des équipements utilisés par les institutions publiques pour accéder aux métavers. Par ailleurs, mettre à disposition du grand public des équipements immersifs dans des tiers-lieux permettant de surcroît un accompagnement de l'expérience immersive.

E4 (Aux pouvoirs publics) Imposer l'affichage d'une mesure de l'impact environnemental des équipements mis en œuvre et des consommations induites par leurs usages.

E5 (Aux fabricants) Proposer aux utilisateurs des configurations de leur environnement favorisant des comportements plus sobres dans leurs usages des métavers, par exemple des performances bridées en termes de résolution graphique.

E6 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux fabricants de ne pas développer des interfaces manipulatrices favorisant des connexions de longue durée pour ne pas amplifier les consommations énergétiques des univers immersifs.

E7 (Aux utilisateurs) Adopter une attitude responsable face aux conséquences environnementales de l'utilisation d'un métavers, en particulier lors de l'acquisition de nouveaux équipements ou de leur usage *via* un réseau mobile.

E8 (À toutes les parties prenantes) Réfléchir à la construction de mécanismes permettant notamment de préserver des échanges humains ou de compenser des pertes de retombées économiques subies par les populations vivant à proximité des sites objets de métavers touristiques.

AVANT PROPOS

Cet avis est issu de l'autosaisine du CNPEN suscitée par le rapport « [Les Lumières à l'ère numérique](#) » dont la recommandation 30 demande de « Saisir le comité national pilote d'éthique du numérique de la question des mondes numériques et de la réalité virtuelle et augmentée ».

Il porte donc sur les enjeux d'éthique relatifs au déploiement de mondes numériques en trois dimensions (3D) appelés métavers, qui intègrent des technologies et des applications préexistantes telles que la réalité virtuelle, les jeux vidéo en ligne ou les réseaux sociaux, et se caractérisent notamment par des propriétés d'immersion, de persistance temporelle et d'utilisation massive. Ils offrent différents types d'activités telles que rencontres en ligne, achats, visites de sites touristiques, etc. Du fait du stade de déploiement précoce dans lequel les métavers se trouvent, il n'est ni possible, ni souhaitable, d'émettre un avis définitif sur leur emploi. Néanmoins, des enjeux d'éthique spécifiques aux métavers peuvent d'ores et déjà être identifiés concernant leurs effets à court, moyen et long terme, sur la personne, sur la société et sur l'environnement. Cet avis souhaite contribuer au développement de la réflexion éthique à mettre en œuvre dans ce contexte. Il procède sans *a priori* et s'adresse à tous les acteurs concernés à divers titres. Il propose d'aider les différentes parties prenantes à répondre de manière responsable aux interrogations spécifiques posées par les métavers en se fondant sur des arguments tangibles et sur une démarche rigoureuse.

1. INTRODUCTION

1.1. MOTIVATIONS

Avant d'envisager les enjeux d'éthique et de formuler des recommandations, il est utile d'expliquer la raison d'être de la réflexion menée par le CNPEN sur les métavers en répondant à plusieurs questions souvent posées sur ce sujet².

1.1.1 POURQUOI RÉDIGER UN RAPPORT SUPPLÉMENTAIRE SUR LES MÉTAVERS ?

En octobre 2021, Meta (nouveau nom du groupe FaceBook) présentait son objectif stratégique d'« aider à donner vie au métavers » ; depuis cette annonce sont parus de nombreuses publications analysant l'existence, l'évolution, les potentielles applications des métavers et formulant parfois des recommandations. Ainsi du rapport de la mission exploratoire interministérielle³, des travaux de la Commission et du Parlement européens⁴, des publications de nombreux think tanks comme le CERRE⁵, Respect Zone⁶ ou Renaissance numérique⁷, ou encore de différents ouvrages, à l'image du livre écrit par Matthew Ball⁸. D'autres analyses portent sur des sujets spécifiques, comme les données personnelles⁹ ou les enjeux de sécurité¹⁰. La quasi-totalité de ces documents mentionne explicitement la nécessité de poser des questionnements éthiques, mais pratiquement aucun ne les traite véritablement.

On trouve, en revanche, des travaux abordant les enjeux éthiques, mais la plupart sont davantage focalisés sur les réalités virtuelle ou augmentée^{11,12} que sur le contexte spécifique des métavers, à l'exception du rapport issu du projet européen TechEthos¹³ qui traite différents contextes technologiques dont les métavers.

2. Les notions techniques utilisées dans cette section et concernant les métavers ainsi que les technologies et applications préexistantes sont décrites de façon détaillée dans la Partie 2 du document.
3. C. François, A. Basdevant et R. Ronfard (2022), Mission exploratoire sur les métavers, Ministère de la Culture - Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. <https://www.economie.gouv.fr/metavers-premier-grand-rapport-exploratoire>.
4. Parlement européen (2023), Projet de rapport sur les mondes virtuels – perspectives, risques et implications politiques pour le marché unique (2022/2198(INI)). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0397_FR.html https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/IMCO-PR-751902_FR.pdf
5. F. di Porto, D. Foà (2023), Defining virtual worlds: main features and regulatory challenges. *CERRE, Issue Paper*.
6. Respect Zone (2023), Rapport Boîte-à-outils, Comment construire des métaverses de respect et de diversité ? <https://www.respectzone.org/metarespect>.
7. Renaissance Numérique (2023), Représentations et usages du métavers. <https://www.renaissancenumerique.org/publications/representations-et-usages-du-metavers>
8. M. Ball (2023), Le métavers, comment va-t-il tout révolutionner ? *De Boeck Supérieur*.
9. Laboratoire d'Innovation Numérique de la CNIL (2023), *Données, empreintes et libertés, Cahier n°9*.
10. Interpol (2022), Technology assessment on the Metavers. <https://www.interpol.int/content/download/18440/file/INTERPOL%20Tech%20Assessment-%20Metaverse.pdf>
11. D. Adams, *et al.* (2018), Ethics Emerging: the Story of Privacy and Security Perceptions in Virtual Reality, Fourteenth Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS 2018). <https://www.usenix.org/conference/soups2018/presentation/adams>.
12. M. Slater *et al.* (2020), The Ethics of Realism in Virtual and Augmented Reality, *Frontiers in Virtual Reality*, vol. 1. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2020.00001>
13. TechEthos D2.2: Identification and specification of potential ethical issues and impacts and analysis of ethical issues », L. Adomaitis, A. Grinbaum, D. Lenzi. (2022), <https://zenodo.org/record/7619852>

1.1.2 QUELLE NOUVEAUTÉ DANS LES QUESTIONNEMENTS ÉTHIQUES POSÉS PAR LES MÉTAVERS ?

Les métavers sont construits sur plusieurs technologies préexistantes, principalement la réalité virtuelle ou augmentée, les jeux vidéo en ligne massivement multi-joueurs et les réseaux sociaux. Il convient donc de s'interroger sur l'éventuelle spécificité des métavers quant aux enjeux éthiques qu'ils présentent. Tout d'abord, on constate qu'ils héritent de questionnements désormais bien connus sur les impacts environnementaux, les données personnelles ou bien les phénomènes de harcèlement ou de manipulation, tout en les renouvelant. Ainsi, les métavers soulèvent de nouveaux problèmes sur les données collectées qui sont à la fois beaucoup plus volumineuses et de nature différente (notamment physiologique) comparées, par exemple, à celles qui sont recueillies lors d'une navigation sur le web ou une participation à un réseau social.

Par ailleurs, la puissance d'évocation et de persuasion d'une visualisation immersive amplifie de façon importante certains effets des expériences vécues dans les métavers. Pour s'en convaincre, comparons la force de persuasion de la description orale d'une situation S, de la lecture d'un texte relatant S, d'une photo montrant S, d'une vidéo montrant S et enfin de la construction d'un monde numérique 3D reproduisant S et dans lequel l'utilisateur peut se déplacer pour changer son point de vue, agir sur certains éléments ou encore interagir avec d'autres personnes représentées par des avatars. Cette progression, due aux évolutions technologiques, peut se résumer par : j'ai entendu (tradition orale), j'ai lu (imprimerie), j'ai vu (photographie, cinéma), j'ai vécu (métavers).

Enfin, de nouvelles questions se posent, comme celles relatives aux effets physiologiques du port d'un casque de visualisation pendant une longue durée par des utilisateurs parfois mineurs. Ces différences sont détaillées dans la Section 2.1.3 « De quelles connaissances sont issues les métavers ».

Enfin, il est fondamental de souligner que la combinaison de ces différentes technologies numériques ne produit pas un effet cumulatif, mais en amplifie considérablement chacune des conséquences. C'est donc bien la nature **intégrative des métavers** qui en fait une technologie originale qu'il convient d'analyser en tant que telle.

1.1.3 COMMENT ÉTUDIER UNE TECHNOLOGIE INTÉGRATIVE EN COURS DE DÉPLOIEMENT ?

Il n'existe pas encore d'études analysant en profondeur les métavers et leurs effets puisqu'ils sont en cours de déploiement. Il convient donc d'exploiter, avec lucidité, les travaux relatifs aux technologies et applications préexistantes – fondations des métavers – que ce soit la réalité virtuelle, les jeux vidéo ou plus généralement l'usage du numérique.

Naturellement, ces analyses ne sont pas parfaitement adaptées aux métavers et il est indispensable de prendre en compte les différences entre ces technologies pour les interpréter. Une des principales lacunes porte sur l'absence de recul dans l'observation de l'utilisation des métavers ; il est donc impératif de conduire des études sur le temps long en mettant en place un suivi longitudinal.

1.1.4 APPROCHE RETENUE

Le développement des métavers recèle nombre d'enjeux d'éthique et cet avis a pour objectif d'informer et d'aider à anticiper des déploiements et des usages quelle que soit la terminologie utilisée à l'avenir pour désigner les métavers. Dans la deuxième partie de cet avis, la notion même de métavers est interrogée : de quoi s'agit-il exactement ? De quelles connaissances préexistantes sont-ils issus ? À quoi pourraient-ils servir ? Autant d'interrogations qu'il faut traiter avant de pouvoir aborder les enjeux d'éthique dans la troisième partie.

Figure en annexe l'avis formulé, dans le contexte de ce travail, par le Comité d'éthique pour les données d'éducation saisi en novembre 2022 par le Ministre de l'Éducation nationale pour envisager les enjeux d'éthique dans le domaine spécifique de l'éducation et contribuer ainsi à la réflexion menée par le Comité national pilote d'éthique du numérique sur un spectre plus large.

ENCART

TERMINOLOGIE

Dans cet avis, le terme **virtuel** est rarement utilisé. En français¹⁴, il décrit ce qui est en puissance, potentiel, possible (cf. *dictionnaires Larousse, Robert, etc.*) alors qu'il est souvent utilisé, en anglais, pour évoquer, parfois en les confondant, soit le monde numérique, soit le monde imaginaire (cf. *Section 2.2.2 Terminologie*), à l'image de l'expression même de réalité virtuelle qui associe de façon surprenante réalité et imaginaire¹⁵. La suite de l'avis met en évidence les conséquences bien réelles et observables d'une expérience immersive que ce soit en termes de coût environnemental ou d'effets sur les utilisateurs, ce qui illustre les risques d'incompréhensions associées à l'utilisation du terme virtuel.

Par ailleurs, *metaverse* est un terme anglais résultant de la contraction de *meta* et *universe*. En français, il se traduit par le terme **métavers**, qui sera le plus souvent utilisé au pluriel dans le présent avis. En effet, les conditions techniques qui permettraient de considérer cet espace comme unique ne sont pas réunies aujourd'hui : la plupart des systèmes ne seront pas interopérables à court ou moyen terme, ce qui ne permettra pas le partage d'expériences et de données entre des systèmes concurrents utilisant des standards propriétaires (cf. *Section 2.1.5 Le devenir des métavers*). On peut faire l'analogie avec l'émergence du web qui n'a été rendue possible que grâce à l'adoption de standards partagés par tous les acteurs plusieurs années après l'apparition d'Internet.

14. Comme souvent en informatique, la traduction littérale en français d'une expression anglaise conduit à de mauvaises interprétations, voire à des erreurs. Pour s'en convaincre, il suffit par exemple de penser au mot digital (qui n'existe pas dans notre langue avec cette acception).

15. Certains auteurs (comme M. Krueger dès les années 70) préfèrent utiliser l'expression « réalité artificielle », d'autres « réalité simulée ». L'expression réalité virtuelle est utilisée dans cet avis parce qu'elle est depuis très longtemps utilisée par la quasi-totalité des acteurs de ce domaine.

1.2. ENJEUX D'ÉTHIQUE

1.2.1 QUELLE RÉFLEXION MENER S'AGISSANT DES MÉTAVERS ?

Les métavers suscitent des questionnements éthiques communs à d'autres technologies comme la réalité virtuelle, les réseaux sociaux¹⁶ ou les jeux vidéo en ligne, tout en posant de nouvelles questions induites par leurs spécificités, notamment la prise en compte du temps réel, de l'immersion et de l'incarnation à la première personne. On peut par exemple s'interroger sur les effets, quels qu'ils soient, constatés dans le monde dit réel après des expériences immersives réalisées dans un métavers¹⁷. Il faut souligner que ces effets, et donc les questionnements éthiques en découlant, seront très variables à court, moyen et long terme selon chaque personne, les équipements utilisés et les usages adoptés. Cependant, ils doivent être pleinement pris en compte dès à présent, même si leur nocivité n'a pas encore été pleinement démontrée¹⁸.

1.2.2 QUELLES TENSIONS ÉTHIQUES ?

Avant de pouvoir décrire précisément les principaux enjeux que posent les métavers pour la personne, la société et l'environnement (Partie 3), il est indispensable de bien comprendre leur évolution, leur fonctionnement et leur utilité (Partie 2). Cependant quelques tensions éthiques générales sont d'ores et déjà abordées dans cette section car elles ne nécessitent pas de connaissance détaillée des métavers.

La première de ces tensions porte sur la **raison d'être** profonde d'un métavers. En effet, beaucoup de projets de développement de ces systèmes ont démarré peu de temps après l'annonce faite par le groupe Facebook fin 2021 de se concentrer sur le développement du métavers et de se renommer Meta¹⁹, avec comme principale motivation la peur de manquer une étape importante de l'évolution technologique. Il s'agissait d'une posture plus défensive (ne pas perdre une opportunité de développement) qu'offensive (utiliser un métavers pour répondre à un besoin). Ce mécanisme de « suivisme » a été amplifié par la disponibilité des technologies sous-jacentes devenues suffisamment matures pour être déployées à grande échelle. En d'autres termes, puisque l'innovation existe, alors il faudrait la mettre en œuvre sans autre forme de motivation. Implicite pour certains, explicite pour d'autres, ce réflexe assimilant innovation et progrès mérite une réflexion approfondie²⁰.

Une deuxième tension apparaît dès lors qu'on s'interroge sur la **justification** (au sens démonstration de l'utilité) du développement d'un métavers. Le 15 février 2023, un tribunal colombien inaugurait une audience virtuelle en utilisant *Horizon Workrooms*, le métavers de Meta²¹. Le 30 mars de la même année, le Centre d'arbitrage international de Dubaï (DIAC) annonçait le lancement de son métavers pour le règlement des différends, faisant valoir sa volonté de promouvoir la durabilité et le respect de l'environnement²². Si les promoteurs de ces initiatives les justifient de différentes façons (désengorger les tribunaux, limiter les déplacements physiques), les raisons invoquées peuvent parfois manquer de cohérence et dissimuler des motivations moins vertueuses. Comment s'assurer que tenir une audience dans un métavers serait une solution plus efficace que l'organisation d'une visio-conférence pour soulager les infrastructures physiques ? Comment mesurer que le déploiement d'un métavers se justifie sous l'angle environnemental au regard des consommations de ressources pour fabriquer les équipements nécessaires et d'énergie pour les faire fonctionner ?

Une troisième tension réside dans la confrontation des arguments liés à la **liberté** d'un utilisateur d'agir dans un métavers à ceux liés aux **conséquences** de ses comportements pour les autres utilisateurs. Ainsi, certains promoteurs de ces systèmes avancent l'argument qu'il est indispensable d'offrir un espace de liberté quasi-total dans un monde numérique. D'autres conjecturent même qu'il est préférable que certains utilisateurs réalisent — *via* leurs avatars — des actes malveillants, voire répréhensibles, dans un monde imaginaire plutôt que dans la vie réelle. À l'opposé, il est indispensable de s'interroger sur les effets de ces actes sur les autres utilisateurs de métavers qui pourraient en être victimes. [La section 3.2.2 Enjeux psychologiques](#) décrit les conséquences, bien réelles et parfois durables, que peuvent produire certains comportements d'avatars, par exemple un harcèlement ou une agression.

Malgré ses tâtonnements et ses incertitudes, la réflexion éthique est essentielle à une innovation réfléchie tant pour l'environnement que pour l'humain et ses organisations²³. En effet, si certains risques que le présent avis expose ont déjà été documentés en matière de jeux vidéo en ligne, de réseaux sociaux ou de réalité virtuelle, il importe de les étudier précisément pour les métavers qui, du fait de leurs spécificités, peuvent les amplifier ou les accentuer. D'autres risques semblent propres à ces univers immersifs, même s'il n'est pas toujours aisé de les appréhender dans la mesure où il s'agit de technologies émergentes et qu'il n'y a pas encore le recul nécessaire pour en connaître les effets à moyen ou long terme. Plutôt que de se perdre en conjectures, la présente réflexion entend exposer, le plus concrètement possible, les dilemmes éthiques fondamentaux qui la sous-tendent (*cf. Partie 3 Réflexions et enjeux d'éthique*).

16. S. Broadbent, F. Forestier, M. Khamassi, C. Zolynski (2024), *Pour une nouvelle culture de l'attention. Que faire de ces réseaux sociaux qui nous épuisent ?* Odile Jacob.

17. A. Lécuyer (2023), Comprendre le métavers, les effets des technologies immersives sur votre cerveau, *Édition Alfa Humensis*.

18. Il est possible de faire une analogie avec l'introduction de nouveaux médicaments qui sont soumis à un mécanisme de prévention avant leur commercialisation. En effet, dans les deux cas, il existe des risques avérés d'effets secondaires sur les utilisateurs.

19. <https://about.fb.com/news/2021/10/facebook-company-is-now-meta/>

20. Le danger est de ne plus pouvoir différencier innovation et progrès, P. Lecomte, *Le Monde*, 01/09/23 : https://www.lemonde.fr/idees/article/2023/09/01/nouvelles-technologies-le-danger-est-de-ne-plus-pouvoir-differencier-innovation-et-progres_6187375_3232.html

21. <https://www.youtube.com/watch?v=LXi2TX90BmQ&t=7530s>

22. <https://www.zawya.com/en/press-release/government-news/dubai-international-arbitration-centre-launches-its-metaverse-for-next-generation-dispute-resolution-gtl665he>

23. R. Chatila (2022), « Bioéthique et éthique du numérique : une hybridation paradoxale », in *Pour une éthique du numérique*, CNPEN, coordonné par E. Germain, C. Kirchner, C. Tessier, PUF, Paris, pp. 27-39.

2. DESCRIPTIONS TECHNIQUES

2.1 LES MÉTAVERS

2.1.1 DE QUOI S'AGIT-IL ?

Il existe aujourd'hui beaucoup de définitions des métavers. En effet, les projets de développements sont portés par des acteurs très différents qui ont chacun leur vision, d'où une certaine cacophonie : entre un producteur de contenus, un fabricant de casques ou de cartes graphiques ou encore un concepteur de systèmes de métavers, autant d'intérêts et de compréhensions parfois divergents.

Comme il peut sembler vain de critiquer les différentes définitions existantes, nous proposons **une description** des métavers afin de disposer d'un socle pour les analyses et recommandations formulées dans la suite de cet avis. Cette description recouvre la plupart des acceptions rencontrées.

Un métavers possède plusieurs caractéristiques que l'on peut regrouper en quatre parties principales : **le monde numérique 3D** support du métavers, **sa perception** par les utilisateurs, **les interactions** qu'il autorise et ses modalités **d'accès**.

- C'est un monde (parfois appelé environnement) numérique modélisé en trois dimensions spatiales (3D) qui représente une partie ou une extension d'un monde réel ou fictif ; il répond donc à des lois physiques, soit réelles (comme la gravité), soit imaginaires (comme la téléportation). Dans tous les cas, il offre une persistance temporelle (*cf. Encart La gestion du temps*). Il est constitué de décors (paysages naturels, milieux urbains, objets...) où évoluent des avatars (d'apparence et de comportement réaliste ou pas) le plus souvent représentant des utilisateurs et contrôlés par ceux-ci, mais dont certains peuvent être contrôlés par des systèmes purement logiciels (dont des systèmes algorithmiques d'intelligence artificielle) (*cf. Section 2.4 Les avatars*). Ces environnements sont initialement élaborés par le fabricant du métavers, mais peuvent être ensuite enrichis par des utilisateurs.
- Ces mondes sont perceptibles *via* l'image (toujours), le son (souvent), le toucher (parfois) par l'intermédiaire de périphériques classiques (écran, haut-parleurs) ou spécialisés (casque²⁴, dispositif haptique²⁵). Ces perceptions se réalisent, soit en immersion²⁶ en réalité virtuelle (RV) où tous les éléments visibles résultent d'une synthèse d'image, soit en réalité augmentée (RA) où des éléments synthétiques sont superposés à la vision naturelle (*cf. Sections 2.2 et 2.3*).

- *Via* leurs avatars, les utilisateurs peuvent déambuler au sein de ces mondes et y réaliser des activités variées : rencontres, dialogues, achats ou ventes, tourisme, sport, divertissement, information... Pour cela, ils interagissent avec l'environnement 3D ou avec d'autres avatars *via* des périphériques classiques (clavier, souris, micro) ou spécialisés (manettes, capteurs de position et/ou de mouvement).
- Ces mondes 3D et leurs perceptions sont accessibles *via* un réseau informatique par un très grand nombre d'utilisateurs que les administrateurs du système ne connaissent pas *a priori*.



Pexels, Photo Eren L

Une personne interagissant avec un monde numérique *via* un casque et des manettes

24. Les casques de réalité virtuelle et de jeux vidéo, Philippe Fuchs, *Presse des Mines*, 2016

25. En rapport avec le sens du toucher ; on qualifie de retour haptique la production d'une information sensorielle comme par exemple la vibration d'un téléphone ou la force exercée par certaines manettes de jeu vidéo.

26. L'immersion est considérée par certains comme condition obligatoire pour parler de métavers alors que pour d'autres, ce n'est qu'une option. L'immersion est effectivement une dimension fondamentale (parce qu'elle induit la présence et donc l'adhésion) mais tous les utilisateurs ne peuvent pas disposer d'un casque de réalité virtuelle ; il existe donc des métavers offrant une expérience immersive mais aussi des versions simplifiées pour les écrans d'ordinateurs ou les téléphones mobiles.

LA GESTION DU TEMPS

Dans les métavers, le temps peut s'écouler de deux façons :

- **réelle** : il s'écoule comme dans la vie de tous les jours et peut même être aligné sur celui d'un fuseau horaire particulier ;
- **artificielle** : il peut être dilaté ou compressé, la nuit peut ne jamais tomber²⁷ ou alors être très raccourcie.

Dans tous les cas, le temps évolue constamment car le métavers reste accessible en permanence ; par conséquent, quand un utilisateur revient dans un métavers après s'être déconnecté, il ne retrouve pas le monde 3D dans le même état : d'autres utilisateurs ont réalisé des actions (leurs avatars se sont déplacés, ont entamé des dialogues, ont changé de vêtements), une nouvelle boutique a ouvert ses portes dans un centre commercial, un spectacle a eu lieu, etc. On parle alors de **persistance temporelle**.

Par ailleurs, un métavers offre deux types de communications entre utilisateurs :

- **synchrone** : elles s'effectuent en temps réel et autorisent des dialogues bidirectionnels simultanés comme dans la vie courante où les interlocuteurs se voient et s'entendent. Ce sont les plus courantes dans les métavers ;
- **asynchrones** : elles se déroulent avec un délai (de quasi nul à l'infini) entre le moment où un émetteur dépose, *via* un service spécialisé, un message qui sera consulté, « plus tard », par le destinataire. Ce message peut être de nature statique, comme un SMS, un mail ou un courrier postal, ou bien dynamique comme une vidéo ou une note vocale.

On peut distinguer deux grandes familles de métavers :

- ceux qui sont consacrés à un sujet spécifique, comme par exemple une marque qui y propose la vente de ses produits ou services (à l'exclusion de tout autre vendeur) ou bien un site touristique qui offre une visite immersive. Dans ce cas, l'exploitant du métavers aura une autonomie technique totale pour développer son environnement 3D, gèrera les inscriptions et percevra directement les bénéfices générés par les dépenses des utilisateurs ;
- ceux qui sont généralistes et hébergent des [sous-]métavers très variés, comme, par exemple, un centre commercial avec différentes boutiques, des espaces culturels ou sportifs accueillant des spectateurs ou encore des espaces de rencontres. Dans ce deuxième cas, l'exploitant d'un [sous-]métavers hébergé devra utiliser les fonctionnalités techniques fournies par l'exploitant de la plateforme pour développer son environnement, respecter les règles fixées et céder à l'exploitant une partie de ses bénéfices.

27. Comme dans des salles de jeux où la seule lumière perçue est artificielle (pas de fenêtre vers l'extérieur) de façon à déconnecter le joueur de la réalité et à l'inciter à jouer plus longtemps. Un autre intérêt est de s'adresser au plus grand nombre d'utilisateurs quel que soit leur fuseau horaire.

28. À ne pas confondre non plus avec le web sémantique, parfois appelé web 3.0, où les données sont enrichies de métadonnées sémantiques afin de partager données et raisonnement mais aussi de faciliter leur mise à jour globale.

29. De la même façon que la notion d'Internet (abréviation de *Internetworking*, interconnexion de réseaux en français) n'a vu le jour que plusieurs années après l'apparition des premiers réseaux qui étaient tous propriétaires.

30. Technologie ayant pour but un partage sécurisé d'informations entre utilisateurs (sans mécanisme centralisateur). <https://www.economie.gouv.fr/entreprises/blockchain-definition-avantage-utilisation-application>.

DE QUOI NE S'AGIT-IL PAS ?

On voit souvent associés, et parfois même confondus, les termes de métavers et de **web 3**²⁸ ; il convient pourtant de les différencier. Le web 3 est une initiative visant à « redonner du pouvoir » aux utilisateurs notamment en termes de création de contenus et de contrôle en mettant en place des infrastructures décentralisées, contrairement à la situation actuelle. Certaines analyses considèrent que cette initiative va s'imposer et que le métavers en sera le point d'entrée. Cette prédiction ne saurait être partagée, principalement parce qu'il n'existe(ra) pas avant longtemps de métavers unique mais des systèmes différents et certainement pas tous interopérables²⁹ (*cf. Section 2.1.5.1 Interopérabilité*). Par ailleurs, l'hétérogénéité des matériels disponibles ne permet pas des accès immersifs pour tous les utilisateurs. Même si certains contenus des métavers sont construits par des utilisateurs (parties de mondes numériques 3D comme des boutiques, des lieux de rencontres, des bâtiments...), le cœur d'un métavers est certainement trop complexe pour être construit par des utilisateurs ; ce sont donc des entreprises qui assument ce développement en choisissant une architecture, soit centralisée, soit décentralisée.

Enfin, les **chaînes de blocs** (*blockchains*)³⁰, les **crypto-monnaies** ou les **jetons non fongibles** (*Non-Fungible Token, NFT*), souvent mis en avant pour justifier de la confusion entre web 3 et métavers, ne sont pas consubstantiels à ces derniers qui ne les utilisent pas tous, notamment parce que certains exploitants veulent garder un contrôle total des flux. Symétriquement, les notions de 3D dynamique et de temps réel, au cœur des métavers, ne sont pas obligatoires pour parler de web 3. Certains métavers seront accessibles *via* le web 3, pendant que d'autres le seront *via* l'architecture web connue aujourd'hui. Il s'agit bien de deux technologies différentes, potentiellement complémentaires dans certains contextes.

2.1.2. HISTORIQUE

2.1.2.1. AVANT-HIER

C'est dans la science-fiction que, dès les années 1960, on trouve des descriptions de mondes imaginaires accessibles par un très grand nombre d'utilisateurs *via* des moyens technologiques comme des casques de visualisation. Le terme métavers apparaît en 1992 dans *Snow crash*³¹, un roman écrit par N. Stephenson où l'auteur décrit un univers futuriste doté d'un monde numérique, évolution du web, accessible *via* des casques de visualisation.

C'est également à cette période que sont apparus les premiers systèmes déployés que l'on peut qualifier de métavers et qui offraient des services que l'on retrouve dans les projets actuels de développement :

- Active Worlds (1995-) composé d'une centaine de mondes numériques 3D que les utilisateurs peuvent explorer *via* leurs avatars et faire évoluer avec leurs propres créations ;
- Le deuxième monde (1997-2002) développé par le studio Canal Plus où les « bi-mondiens » pouvaient déambuler dans une reconstitution de Paris pour se rencontrer ou réaliser des achats dans des boutiques ;
- Second life (2003-) basé sur la création de contenus par les utilisateurs qui utilisent une monnaie spécifique, le Linden, qu'il est possible de convertir en monnaie réelle.

2.1.2.2. HIER

Fin octobre 2021, M. Zuckerberg a annoncé que le groupe Facebook (Instagram, WhatsApp, etc.) s'appellerait dorénavant Meta en expliquant que l'objectif principal était « d'aider à donner vie au métavers », un monde numérique où il serait possible de retrouver des amis et de faire ses achats. Presque en parallèle, Baidu, géant chinois d'Internet, a annoncé quelques semaines plus tard, le lancement de son propre métavers baptisé XiRang³². Dans les mois qui ont suivi, on a assisté à une multiplication d'annonces de démarrage de projets portés par des acteurs appartenant à des domaines très variés : commerce (de masse, de luxe), art, sport, enseignement, etc. Elles ont été accompagnées par de nombreux commentaires, enthousiastes ou hostiles, rendant difficile une analyse équilibrée.

Un an après, dans un document interne, Meta a affiché un bilan mitigé du développement de son métavers *Horizon Worlds* et a licencié un grand nombre de développeurs affectés à ce projet tandis que Microsoft annonçait la fermeture de AltSpace VR, son propre métavers. Ces annonces ont déclenché une nouvelle avalanche d'articles en « sens inverse » annonçant la fin des métavers³³ et expliquant pour certains que rien n'en sortirait. Cette tendance a été renforcée peu de temps après par la tempête médiatique relative aux systèmes d'intelligence artificielle générative, en particulier ChatGPT ; nombre de « spécialistes » ont expliqué alors que beaucoup d'entreprises allaient immédiatement délaisser les métavers pour investir dans le développement de ces systèmes.

Sans nier les difficultés rencontrées par les fabricants de métavers, il convient d'analyser la situation actuelle avec recul, sans verser dans l'enthousiasme forcené, ou le pessimisme excessif que nous venons d'évoquer. On a observé un emballement (qualifié de *hype* en anglais) souvent constaté dans d'autres domaines. Beaucoup d'articles ont confondu, et confondent toujours, un phénomène avec les commentaires sur ce phénomène ; constater que moins d'articles sont publiés sur les métavers ne constitue en rien une preuve de leur disparition.

Reprenons donc ces deux événements : la note interne de Meta rappelait l'objectif assigné par M. Zuckerberg en octobre 2021 de 500 000 utilisateurs inscrits sur *Horizon Worlds*. Or 300 000 étaient inscrits début 2022, et seulement 200 000 en octobre 2022. Donc, non seulement l'objectif n'était pas atteint, mais 100 000 personnes avaient abandonné cette application après l'avoir utilisée. Parmi les principales raisons invoquées figuraient le manque de réalisme des avatars (représentés uniquement par la partie supérieure du corps), le manque d'activités et de services et surtout la faible densité de peuplement qui rendait inintéressantes les expériences vécues. Cette observation pose la question de la motivation du développement de métavers : pour quelle offre ? Pour répondre à quels besoins ou attentes des utilisateurs ? Autant d'interrogations qui ont été ignorées par certains promoteurs de métavers qui semblent parfois s'être lancés dans ce pari commercial juste pour ne pas « laisser passer le train ». Cette période semble révolue et ces questions de sens sont maintenant au cœur de la plupart des développements.

Par ailleurs, l'opposition entre métavers et IA générative ne semble pas fondée. Le peuplement des univers numériques est une condition nécessaire à leur succès. Ce peuplement peut résulter, soit de l'augmentation du nombre d'utilisateurs, soit de l'introduction d'avatars contrôlés par des systèmes numériques et pouvant interagir de façon crédible avec des utilisateurs humains. Or, c'est exactement une des fonctions que les systèmes d'IA générative remplissent de mieux en mieux, ce qui amène à prédire que le développement de ces technologies favorisera celui des métavers. Comme il est difficile d'afficher des certitudes sur le futur des métavers, la section « 2.1.5 Le devenir des métavers » présente plusieurs scénarios prospectifs allant de l'adoption massive jusqu'à leur disparition.

2.1.2.3. AUJOURD'HUI

Aujourd'hui, il existe un grand nombre de systèmes qu'il est pas utile de citer de manière exhaustive dans cet avis ; nous ne mentionnons que quelques uns d'entre eux en les regroupant autour de différents mots-clés :

Les « pionniers »

- FortNite, développé originellement pour offrir des sessions de jeu de combat à un très grand nombre d'utilisateurs qui peuvent partager leurs propres créations, et qui évolue pour se muer en plateforme offrant également des espaces d'échanges sociaux, commerciaux ou des concerts.

31. La version française est intitulée *Le samouraï virtuel*, pseudonyme dans le métavers d'un des héros du roman.

32. <https://www.lefigaro.fr/secteur/high-tech/le-geant-chinois-baidu-fait-ses-premiers-pas-dans-le-metavers-20211227>

33. <https://usbektrica.com/fr/article/adieu-metavers-petit-ange-parti-trop-tot>

- [Roblox](#), où les utilisateurs peuvent développer leurs propres jeux qu'ils proposent ensuite aux autres joueurs, souvent de façon payante. Ils sont représentés par leurs avatars dont ils peuvent améliorer l'apparence en achetant des accessoires avec des Robux qui sont convertibles en dollars américains. La plateforme propose également des événements (concerts, cérémonies).
- [Sandbox](#), initiative française qui adopte le même principe de développement et de partage de ses jeux en l'adossant à la chaîne de blocs Ethereum, tout en proposant ses propres jetons, les Sands, pour acheter sur la plateforme.

Les éditeurs de métavers (parfois baptisés studios de création)

- pour construire des espaces numériques destinés à des marques afin de partager des contenus, accéder à des espaces de vente, participer à des événements « exclusifs » ou bien héberger des réunions, des entretiens de recrutement, des formations, etc.
- Horizon WorkRooms (Meta), Mesh (intégré à Microsoft Teams), Spatial.io, Virbela...

Les « réseaux sociaux immersifs »

- pour développer des relations avec des utilisateurs souvent inconnus *a priori*, parfois héberger des événements.
- Sansar, VR Chat...

2.1.3 DE QUELLES CONNAISSANCES LES MÉTAVERS SONT-ILS ISSUS ?

On constate que la notion de métavers est ancienne et qu'elle s'appuie sur des réflexions et des technologies préexistantes dans plusieurs domaines :

La **science-fiction** qui a inventé des idées et des scénarios d'usage qui ont inspiré beaucoup de projets de métavers ;

La **réalité virtuelle** (RV) et la **réalité augmentée** (RA) (cf. [Sections 2.2 et 2.3](#)) qui, depuis plusieurs décennies, ont entraîné le développement de logiciels et de matériels pour favoriser l'immersion de l'utilisateur dans des mondes numériques ;

Les **jeux vidéo en ligne**³⁴, pionniers dans le développement de plateformes massivement multijoueurs, qui se sont étendues récemment au-delà de leur cœur de métier vers l'hébergement d'événements comme des concerts ;

Les **réseaux sociaux**, qui proposent depuis longtemps des moyens de discussion entre des personnes et dont les métavers pourraient constituer une forme d'évolution³⁵.

Si le développement des métavers est fondé sur des connaissances et des technologies préexistantes, il est

important de distinguer les propriétés héritées de ces domaines originels de celles qui leurs sont spécifiques. Ces distinctions permettent dans la suite du document de différencier des questionnements éthiques similaires à ceux des domaines précités de ceux qui sont propres aux métavers.

2.1.3.1 SIMILARITÉS

Il convient de relever les similarités qui existent entre les métavers d'une part et les applications de réalité virtuelle et les jeux vidéo en ligne d'autre part, en distinguant celles qui sont toujours présentes de celles qui sont optionnelles.

Applications de réalité virtuelle

Il faut tout d'abord mentionner la **puissance d'évocation et de persuasion** d'un environnement 3D constatée dans une application de réalité virtuelle comme dans un métavers. Dans les deux contextes, l'utilisateur visualise le monde 3D de façon interactive, c'est-à-dire que la réalisation d'une action (déplacement, saisie d'un objet) déclenche le calcul d'une nouvelle image de synthèse de la scène 3D, ce qui produit la perception d'un mouvement³⁶.

De plus, l'utilisateur ne perçoit pas la scène 3D de façon globale en « vue de haut » mais depuis une position et une direction de vue qui correspondent à ceux des yeux de son avatar et qui sont asservis à leur mouvement. Cette **visualisation interactive** dite à **la première personne** renforce de façon très significative l'impression d'appartenance au monde imaginaire.

Il faut ensuite mentionner la capacité d'immersion qui induit le **sentiment de présence**³⁷ de l'utilisateur dans le monde imaginaire (cf. [Section 2.2.2 Terminologie](#)). Ce ressenti est à la base du fonctionnement de la réalité virtuelle : s'il ne se sent pas présent, alors l'utilisateur n'adhère pas et ne bénéficie pas du transfert dans le monde dit réel des compétences acquises et des émotions ressenties en immersion (par exemple lors d'une formation où les compétences acquises en réalité virtuelle sont ensuite utilisées dans un contexte réel)³⁸.

Ce sentiment de présence peut être renforcé par plusieurs autres caractéristiques d'une expérience immersive, par exemple la restitution d'informations sensorielles cohérentes, autres que la vue (le son, le toucher), ou encore l'affichage d'un avatar contrôlé par l'utilisateur qui contribue à une meilleure identification.

Jeux vidéo en ligne

Outre la puissance d'évocation et de persuasion d'un environnement 3D décrite dans la section précédente, il existe plusieurs points communs entre jeux vidéo en ligne (massivement multi-joueurs) et métavers. Le premier d'entre eux est le **nombre très important d'utilisateurs** se connectant

34. Il est question dans ce document de jeux vidéo en ligne dits massivement multijoueurs (impliquant des dizaines voire centaines de millions d'utilisateurs). En anglais, on utilise l'expression *Massively Multiplayer Online Games* (MMOG ou MMO).

35. Rappelons que l'annonce de Meta est apparue au moment où Facebook devait faire face à des critiques de la part de ses utilisateurs et subissait pour la première fois des pertes financières considérables.

36. De la même façon que la projection d'environ 24 images fixes par seconde au cinéma.

37. Il est important de bien distinguer l'immersion qui est un moyen, de la présence qui est la finalité visée. Dans le premier cas, on parle d'éléments technologiques comme la définition de l'écran, la vision en relief, le réalisme des images synthétisées alors que dans le second cas, on se trouve dans un contexte psychologique de ressenti.

38. A.Grinbaum et L. Adomaitis (2022), « Moral Equivalence in the Metaverse », *Nanoethics* 16, 257-270.

en ligne³⁹. Il est impossible de connaître précisément les utilisateurs (leur nombre, leur âge, leurs capacités, leurs motivations) à la fois parce qu'ils sont très nombreux mais aussi parce qu'ils s'inscrivent dans un contexte ludique dans lequel l'anonymat s'impose le plus souvent.

Le deuxième point commun réside dans le caractère de **persistance temporelle** : lorsqu'un utilisateur quitte le système, le temps continue de s'écouler dans le métavers. Ainsi, quand il se reconnecte, l'environnement a très probablement évolué (des avatars se sont déplacés...) (cf. *Section 2.1.1 De quoi s'agit-il*).

Le troisième point commun se trouve dans l'**affichage permanent des avatars**, tant dans les jeux vidéo en ligne que dans les métavers, de façon à ce que les utilisateurs perçoivent en permanence la localisation de leur avatar dans le monde numérique 3D ainsi que la présence et le comportement des autres avatars.

Enfin, beaucoup de jeux vidéo en ligne partagent avec les métavers la possibilité pour les utilisateurs de modifier le monde numérique 3D et d'en assurer une **co-construction**.

2.1.3.2 SPÉCIFICITÉS

Il est important de distinguer les différences les plus importantes entre les métavers et les technologies et applications préexistantes. Il convient tout d'abord de remarquer que l'utilisateur d'un métavers qui y accède *via* un casque de réalité virtuelle ne permet pas aux personnes voisines de percevoir les images qu'il visualise. Cette spécificité technologique conduit à isoler l'utilisateur, en le privant de potentiels échanges avec son entourage (on peut penser par exemple aux échanges parents-enfant autour d'un jeu en ligne ou d'une vidéo).

Applications de réalité virtuelle

Cantonnées au monde professionnel (principalement recherche et industrie) pendant plusieurs décennies, les applications de réalité virtuelle se sont progressivement ouvertes au grand public, en particulier avec l'apparition depuis une dizaine d'années de matériels (casques de visualisation⁴⁰, capteurs) vendus à un coût très inférieur⁴¹ à celui des anciens équipements. Les spécificités évoquées dans la suite de cette section portent principalement sur les applications de réalité virtuelle professionnelles pour lesquelles il existe beaucoup d'études reposant sur des expériences accumulées depuis des décennies.

Une application professionnelle de réalité virtuelle regroupe habituellement un nombre limité d'utilisateurs : souvent un seul, parfois un groupe de personnes utilisant des

casques, ou bien localisées dans une (ou plusieurs⁴²) salle immersive⁴³. Il s'agit la plupart du temps de personnes majeures, formées pour réaliser un travail, motivées par l'accomplissement d'un ensemble de tâches délimitées et toutes parfaitement identifiées. Quand les utilisateurs ne sont pas des professionnels formés, ils sont alors encadrés par des experts, par exemple pour des études de terrain menées en réalité virtuelle avec des participants pour tester des scénarios, notamment de conception. Ces participants sont alors accompagnés : 1) avant : en leur décrivant l'expérience à réaliser et en les informant des éventuels risques, 2) pendant : en surveillant leurs réactions et en les assistant en cas de problème et 3) après : en commentant l'expérience et en les incitant à prendre un instant de repos avant de reprendre une activité normale.

Par ailleurs, on constate que la plus grande partie des expériences de réalité virtuelle conduites dans un contexte professionnel présentent une durée limitée, à la fois parce que les objectifs à atteindre sont très précisément décrits, mais aussi parce que les utilisateurs témoignent d'une certaine lassitude à employer « longtemps » cette technologie.

Enfin, la plupart des applications professionnelles de réalité virtuelle ne proposent pas de persistance temporelle complète ; ainsi, un simulateur d'apprentissage va redémarrer à chaque session de la même façon (aux expériences accumulées par un élève près), de même pour une application de conception industrielle ou un simulateur de planification d'intervention chirurgicale.

L'utilisation d'avatars pour représenter le comportement d'un utilisateur (où est-il ? à quoi ressemble-t-il ? que fait-il ? avec qui dialogue-t-il ?) parfois offertes en réalité virtuelle, et surtout la révélation de leur présence aux autres utilisateurs connectés dans le monde 3D, sont essentielles aux métavers. Les expériences immersives sont alors enrichies par les comportements de ces avatars (dialogues, mouvements). Il faut noter la possibilité de peuplement par des avatars dits non humains, c'est-à-dire contrôlés par un système numérique.

On voit donc apparaître des spécificités des métavers avec des **utilisateurs** potentiellement **en très grand nombre**, mais surtout **inconnus a priori** (possiblement mineurs ou vulnérables) et parfois **livrés à eux-mêmes** pendant une durée d'expérience pouvant être **longue, avec persistance temporelle** et toujours **avec des avatars**.

On peut illustrer ces spécificités à travers quelques exemples comparant métavers et applications de réalité virtuelle dans différents domaines⁴⁴ :

39. Même s'il est difficile d'obtenir des chiffres précis, on évalue en centaines de millions le nombre d'inscrits et en dizaines de millions le nombre de joueurs actifs dans FortNite fin 2023.

40. Facebook a racheté en 2014 Oculus, une des premières sociétés à proposer des casques de réalité virtuelle commercialisés à un prix nettement inférieur au marché de l'époque tout en offrant de bonnes performances.

41. Avec un ordre de grandeur variant de dizaines de milliers d'euros à quelques milliers, puis quelques centaines. Cette évolution se poursuit et peut s'observer, par exemple, dans la campagne de promotion organisée fin 2023 par un opérateur Internet français qui propose la vente d'un visiocasque à environ 300 euros en accompagnement du raccordement d'un logement à la fibre optique.

42. Avant l'apparition du terme métavers, les spécialistes utilisaient l'expression « Environnement virtuel collaboratif » (CVE en anglais) pour désigner des mondes numériques accessibles pour des utilisations professionnelles (conception, maintenance) par plusieurs utilisateurs répartis sur plusieurs sites géographiques.

43. Les utilisateurs ne portent pas de casque mais sont entourés de murs-écrans de grande taille (plusieurs mètres en hauteur et en largeur) constituant une pièce cubique, parallélépipédique ou cylindrique, qui les isole de l'environnement extérieur.

44. La section 2.2.3 Applications détaille la liste des principaux domaines d'application utilisant la réalité virtuelle.

- formation :
 - un simulateur d'apprentissage de conduite d'un véhicule en réalité virtuelle⁴⁵ ;
 - une séance de travaux pratiques dans un métavers où l'apprenant peut se déplacer et agir dans une salle modélisée en 3D, en réalisant des manipulations numériques, en dialoguant avec des condisciples qu'il ne connaît pas ou en interrogeant un enseignant ;
- tourisme :
 - la visite — *in situ* — d'un site touristique ou archéologique, enrichie par l'utilisation d'outils de réalité virtuelle⁴⁶ ;
 - la visite d'un site localisé n'importe où, *via* sa représentation dans un monde numérique, avec la possibilité de dialoguer avec d'autres visiteurs, un guide touristique ou bien un expert archéologue *via* leurs avatars ;
- sport :
 - la pratique d'une activité physique individuelle *via* une application de réalité virtuelle⁴⁷ ;
 - une compétition sportive regroupant des compétiteurs localisés en différents endroits géographiques mais s'affrontant dans un même monde numérique à travers leurs performances respectives.

Jeux vidéo en ligne

Si l'on considère la fonction première d'un jeu vidéo en ligne, on constate que tous les utilisateurs sont focalisés sur un ensemble d'objectifs communs avec un fonctionnement (règles du jeu) partagé par tous les joueurs. Même si dans un premier temps, certains métavers sont spécialisés sur un sujet, le développement de l'interopérabilité les rendra progressivement de plus en plus interconnectés et donc multi-thématiques. La motivation et l'engagement vis-à-vis de l'expérience seront par conséquent de natures différentes.

Réseaux sociaux

Si l'on compare métavers et réseaux sociaux en distinguant différentes catégories, on observe plusieurs spécificités, dont la première qui porte sur le caractère **temps réel** : un utilisateur vit une expérience immersive de façon synchrone (en direct, sans décalage perceptible entre ses (inter)actions et celles des autres utilisateurs) alors que la participation à un réseau social se fait généralement de façon asynchrone.

Une deuxième spécificité porte sur le **caractère volatil des échanges** dans un métavers et dans certains réseaux sociaux (Instagram, TikTok) alors qu'ils sont consultables *a posteriori* dans d'autres (X, Facebook, Whatsapp), ce qui permet de construire des historiques que l'on peut exploiter, par exemple pour fournir des preuves de comportement malveillant.

L'ensemble de ces observations peut se résumer dans le tableau suivant où les disques bleus sont associés à une présence systématique de la caractéristique alors que les blancs représentent une présence optionnelle :

	RV ⁴⁸	JV	RS	MV
Modification de l'environnement par les utilisateurs		●		●
Visualisation 3D en temps réel	●	●		●
Immersion (casque)	●			●
Informations haptiques	○	○		○
Avatars	○	●		●
Persistance temporelle		●	○	●
Connaissance des utilisateurs	●	○	○	○
Monothématique	●	●		○

Il faut préciser que ces propriétés sont observées dans la majorité des cas mais il est bien entendu possible d'exhiber quelques contre-exemples. Ainsi, il existe des jeux vidéo en ligne qui sont en 2D ou d'autres qui n'offrent pas de persistance temporelle.

Enfin, il faut souligner le caractère mouvant de ce type d'analyse (notamment dans les deux dernières lignes du tableau) compte tenu de l'évolution continue que connaissent ces technologies et surtout leurs usages.

2.1.4 À QUOI LES MÉTAVERS PEUVENT-ILS SERVIR ?

Les métavers pouvant potentiellement toucher tous les secteurs d'activité, il paraît illusoire de dresser une liste exhaustive des applications existantes ou attendues tout en s'interrogeant sur leur véritable valeur ajoutée (*cf. Section 1.1.2 Quelles tensions éthiques*). On peut cependant décrire quelques exemples en commençant par le **commerce** qui, sans nul doute, est la motivation la plus répandue parmi les promoteurs des métavers. Si le web a imposé la notion de commerce en ligne, les métavers offrent une amplification des échanges de biens ou de services. L'utilisateur peut déambuler dans des rues, dans des centres commerciaux modélisés en 3D où il retrouve des enseignes connues. Il peut alors visualiser les produits, demander l'assistance d'un vendeur, inviter un ami ou un parent, discuter avec d'autres consommateurs, tous présents *via* leurs avatars. Les entreprises proposent une offre couvrant beaucoup de dimensions : des biens (une table) et des services (un voyage) matérialisés dans le monde dit réel jusqu'aux biens (un vêtement pour un avatar) et services (l'accès à un concert) exploitables dans un monde numérique 3D.

45. <https://www.youtube.com/watch?v=VOI-2uaweul>

46. https://www.youtube.com/watch?v=So_4UzvyPO4

47. <https://www.youtube.com/watch?v=H9VHUeSKOw0&t=44s>

48. RV : réalité virtuelle, JV : jeux vidéo en ligne, RS : réseaux sociaux, MV : métavers.

Dans les métavers, les entreprises bénéficient d'un profilage⁴⁹ des utilisateurs amélioré par rapport aux performances du commerce en ligne actuel (*cf. Section 2.5 Profilage profond des utilisateurs*). En effet, les technologies de réalité virtuelle sont fondées sur la captation permanente de la position et de la direction de vue de l'utilisateur afin de calculer l'image de synthèse résultant de ses mouvements. En les combinant à l'analyse d'autres informations (interactions avec d'autres personnes, décisions d'achats...), les vendeurs peuvent connaître très précisément les intérêts des clients et ainsi modifier les environnements numériques dans lesquels les avatars évoluent, par exemple en sélectionnant les enseignes dans les centres commerciaux ou en (sur)peuplant les rues de véhicules d'une certaine marque, modifiant ainsi en profondeur les pratiques de la **publicité** (*cf. Section 3.2.2.1 Enjeux d'influence et de manipulation sur les personnes*).

L'**enseignement** et la **formation** sont des domaines privilégiés par les opérateurs de métavers. Ils permettent de combiner les bénéfices potentiels procurés par les cours en ligne (comme les MOOC⁵⁰ où un apprenant suit à distance un enseignement composé de vidéos d'un enseignant, de supports de cours et d'évaluations) à ceux apportés par la présence et l'interactivité des expériences immersives. Ainsi, il est possible d'envisager une séance de travaux pratiques où l'apprenant simule la manipulation de produits chimiques sur une paillasse et dans des tubes à essai modélisés en 3D tout en consultant le contenu d'un cours et en discutant avec ses condisciples et l'enseignant *via* leurs avatars.

Le domaine de la **santé** utilise déjà très largement les technologies de réalité virtuelle et de réalité augmentée et va connaître un renouvellement des pratiques médicales. Les métavers offrent des dimensions supplémentaires ; par exemple, en autorisant une consultation à distance avec un médecin ou un chirurgien associant dialogue *via* leurs avatars respectifs et visualisation d'une reconstitution anatomique en 3D pour mieux expliquer au patient une pathologie ou une intervention chirurgicale planifiée. Pour la santé mentale, les métavers permettront par exemple d'organiser de façon immersive des groupes de paroles pour des personnes travaillant sur leurs addictions en combinant crédibilité des échanges oraux entre avatars et anonymat (partiel ou total) pour les personnes qui le souhaitent. On peut aussi penser à des agents conversationnels associés à des avatars offrant une assistance à n'importe quel moment de la journée, à condition notamment de proposer une supervision appropriée par des praticiens et d'obtenir un consentement libre et éclairé de la part du patient.

Le monde de la **culture**, en particulier du spectacle vivant, s'intéresse aux possibilités de diffusion à grande échelle (au-delà des contraintes de localisation géographique ou de temps) ainsi que de dialogues entre les artistes et les spectateurs pour aller vers des performances plus interactives. Le **cinéma** devrait offrir des possibilités de narration interactive conduisant à des expériences différentes

selon les choix des spectateurs devenus partiellement acteurs (au sens décideurs).

Il faut signaler également l'attrait manifesté par le monde du **sport**, que ce soit pour proposer des expériences enrichies pour les spectateurs (choix de sa place en tribunes ou au plus près des sportifs pour voir différents aspects de leurs performances), pour des pratiques individuelles mais aussi pour des compétitions avec d'autres sportifs situés en des lieux différents, mais dont les avatars rivalisent dans une même course par exemple⁵¹.

Naturellement, les acteurs du **jeu vidéo en ligne** vont continuer à amplifier les efforts déjà réalisés dans les plateformes comme FortNite, MineCraft ou Roblox pour élargir leur cœur de métier en y intégrant des services de commerce, des événements artistiques et bien entendu des compétitions sportives d'eSport. Pensons également au secteur des **jeux d'argent** (casinos, paris) qui ne manquera pas d'utiliser les expériences immersives pour construire des incitations pour attirer toujours plus de joueurs.

Un nombre croissant d'entreprises envisagent de proposer des services de **tourisme** numérique offrant des visites enrichies : vidéos, reconstitutions en 3D de bâtiments ou d'environnements détruits, dialogues avec des guides ou d'autres participants. Le coût réduit, les contraintes sanitaires, les limitations du nombre de visiteurs pour préserver certains sites ainsi que la volonté de réduction des impacts environnementaux des voyages laissent augurer d'un intérêt croissant de la part des consommateurs pour ces services (*cf. Section 3.3.2 Comment conjuguer bénéfice environnemental et équité sociale*).

Les services de **mis en relation**, qu'elles soient professionnelles, amicales, familiales ou amoureuses⁵², connaissent une grande expansion. Ils offrent des mécanismes de sélection sur critères (renseignements, photos) et de discussion, *via* des avatars, dans des mondes 3D. On peut prédire que des pratiques sexuelles se dérouleront dans des contextes de métavers, que ce soit comme spectateur (extension des sites pornographiques à des scènes dynamiques 3D) ou comme acteur, éventuellement *via* des dispositifs connectés (capteurs physiologiques placés sur le corps, sextoys), avec des avatars associés à des partenaires amateurs ou professionnels (nouvelles formes de prostitution) (*cf. Section 3.1.1.2 Enjeux psychologiques*).

Les **approches** de nature **collaborative** impliquant le grand public sont des cibles privilégiées des métavers. Que ce soit pour organiser des consultations citoyennes, tester à grande échelle des scénarios ou synchroniser un très grand nombre d'acteurs pour réaliser une tâche complexe, les métavers semblent une technologie potentiellement utile à condition de savoir maîtriser le nombre d'utilisateurs et les débordements qui peuvent en découler.

Enfin, mais ce n'est pas le moins important, les métavers peuvent contribuer à lutter contre certains types d'**isolement**

49. Une étude réalisée début 2023 a montré qu'il était possible d'identifier une personne parmi 50 000 à partir de l'analyse de 100 secondes d'évolution en réalité virtuelle avec une probabilité de près de 95% (73% avec 10 secondes) ; on ne parle plus alors de profilage mais bien de signature individuelle <https://arxiv.org/abs/2302.08927>

50. Massive Open Online Courses

51. Il existe déjà des compétitions internationales de « triathlon numérique » (Arena Games Triathlon) où des athlètes professionnels s'affrontent en nageant dans une piscine « classique » mais en pédalant sur des vélos d'intérieur (home-trainers) et en courant sur des tapis roulants connectés *via* un réseau ; ces événements connaissent un succès grandissant avec des spectateurs en direct dans la salle, en retransmission TV ou à distance *via* un accès en ligne.

52. existant sur le web actuel *via* des sites comme LinkedIn, Copains d'avant ou Tinder.

des personnes. Tout d'abord, de nature géographique, qui restreint, voire parfois interdit, le développement de relations sociales riches et diversifiées. Ou encore, causés par des situations de handicap pour des personnes à mobilité réduite, atteintes de déficiences visuelles ou bien de troubles engendrant une agoraphobie, ce qui empêche ou limite leur liberté de déplacement. Cet espoir se concrétise déjà en partie grâce au web⁵³ et aux réseaux sociaux mais les métavers devraient enrichir ces expériences en y ajoutant un sentiment de présence dans ces mondes numériques, ce qui les rend plus attractifs et parfois plus efficaces (cf. [Section 2.2 Réalité virtuelle](#)).

2.1.5 LE DEVENIR DES MÉTAVERS

L'utilisation du pluriel pour évoquer les métavers découle de la diversité des évolutions qu'ils vont connaître (cf. [Encart Terminologie Section 1.1 Motivations](#)). Dans cette section, nous évoquons ce devenir en abordant la question centrale de l'interopérabilité et les mécanismes de normalisation qui peuvent y conduire, puis en présentant plusieurs scénarios prospectifs.

2.1.5.1 INTEROPÉRABILITÉ

Un des critères pour choisir d'utiliser un métavers est sa capacité d'**interopérabilité** avec les autres métavers. Il peut être envisagé à court ou moyen terme le déploiement de différents systèmes dont certains seraient spécialisés (commerce, monde professionnel, tourisme, échanges sociaux, rencontres...). L'implication d'un utilisateur dans plusieurs de ces métavers résulte en premier lieu de leur capacité d'ouverture à des **équipements variés** ; en effet, si chaque métavers ne fonctionne qu'avec un ensemble spécifique de matériels, il est probable que les utilisateurs n'en possèdent pas la totalité et restent donc cantonnés à un choix imposé par le fournisseur de matériel dont ils disposent.

Il faut ensuite mentionner la capacité technique pour l'utilisateur à **transférer** entre différents métavers des identités, des avatars, des objets, des services, des expériences. Imaginons par exemple qu'un utilisateur souhaite employer dans plusieurs systèmes un avatar unique ou bien qu'il visite un site géographique dans un métavers consacré au tourisme ; il est alors certainement très intéressé pour pouvoir montrer certaines de ses expériences (vidéos, photos) dans un métavers où il dialogue avec ses amis ou sa famille. Si les systèmes sont « étanches » et ne permettent pas cet échange, il choisira plutôt des métavers offrant cette possibilité. Ces transferts portent sur des aspects techniques (formats de structure de données, notamment de graphes de scènes, traitement des interactions, moteurs de rendus) mais sont en premier lieu des décisions stratégiques prises par les fabricants de métavers, soit de leur propre initiative pour élargir leur base d'utilisateurs ou a contrario la capturer, soit

pour respecter une réglementation imposée par les autorités publiques⁵⁴.

La plupart des acteurs ont bien intégré ce besoin d'interopérabilité et il existe déjà **plusieurs initiatives** visant à la développer, à l'image du consortium OpenXR qui, depuis 2017, promeut des standards ouverts pour la réalité virtuelle et la réalité augmentée, par opposition aux solutions propriétaires où une entreprise conserve l'exclusivité d'un type de fonctionnement. On peut aussi mentionner le groupe Interopérabilité des métavers initié en avril 2021 par le W3C (*World Wide Web Consortium*) ou bien le Metaverse Standard Forum qui regroupe depuis juin 2022 un grand nombre d'acteurs (notamment Alibaba, Meta, Microsoft, W3C). Enfin, citons la commission métavers de l'AFNOR, créée en février 2023⁵⁵.

Il faut aussi évoquer un autre groupe du W3C, baptisé *Inclusive design for immersive web*⁵⁶, qui travaille depuis plusieurs années sur la question de l'**accessibilité numérique** des univers immersifs aux personnes en situation de handicap⁵⁷ (cf. [Section 3.2.1 Accès et équité - Encart l'accessibilité numérique](#)). Cette question est très importante pour diminuer, voire éliminer, des restrictions d'accès conduisant directement à des discriminations pour des personnes ne pouvant utiliser des métavers pour travailler, faire du tourisme ou développer des relations sociales comme la population générale. Le W3C a déjà produit des recommandations (WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*)⁵⁸, traduites en France dans le RGAA (Référentiel Général d'Amélioration de l'Accessibilité)⁵⁹) très pertinentes pour faciliter l'accès au web à tous les utilisateurs, malheureusement encore trop peu connues et donc peu mises en œuvre.

2.1.5.2 NORMALISATION

Il est aisé de concevoir que les métavers poseront d'importants enjeux normatifs. Cela tiendra à la grande hétérogénéité des normes qui seront susceptibles de s'appliquer ainsi qu'à la pluralité des acteurs qui prendront part à la construction et l'encadrement de ces univers immersifs (concepteurs et exploitants des métavers, communauté d'utilisateurs, législateurs nationaux et supra-nationaux, organismes divers).

53. Par exemple, des enseignements proposés en ligne (*Massive Open Online Courses* - MOOC) permettent à des personnes exclues du système scolaire d'avoir accès à des ressources classiquement disponibles uniquement dans une salle de cours ou un amphithéâtre d'université. L'espoir étant bien entendu de favoriser leur réinsertion dans le système habituel quand cela est possible.

54. cf. rapport CERRE.

55. <https://www.afnor.org/actualites/afnor-filiere-metavers-en-quete-de-reperes>

56. <https://www.w3.org/community/idiw/>

57. <https://www.w3.org/2019/08/inclusive-xr-workshop/report.html>

58. <https://www.w3.org/Translations/WCAG21-fr/>

59. <https://accessibilite.numerique.gouv.fr/>

NORMES OU STANDARDS TECHNIQUES ?

Il convient de distinguer les normes à proprement parler des standards, même si la confusion est fréquente en pratique dès lors que les standards imposés unilatéralement par un fabricant peuvent être repris par des organismes indépendants dans des normes techniques. La confusion entre les deux notions de norme et de standard est renforcée par une mauvaise traduction de l'anglais où norme s'exprime par *standard*, ce dont il résulte parfois l'emploi erroné de l'expression « Organisme de standardisation ». Dans le premier cas, il s'agit d'un ensemble de règles, de conventions régissant un produit, un service ou une pratique qui est issu d'un organisme normalisateur indépendant d'une entreprise quelconque ; ainsi de l'ISO (dépendant de l'ONU), de l'ETSI au niveau européen ou encore de l'AFNOR en France. Citons par exemple les normes ISO 9000 (gestion de la qualité), 13216 (sièges enfants ISOFIX), 9899 (langage de programmation C)⁶⁰ ou bien AFNOR : NF C15-100 (installations électriques basse tension), NF S 31-080 (performances acoustiques des bureaux)⁶¹ ou plus récemment la constitution d'un groupe de travail pour développer un langage commun pour développer l'interopérabilité⁶².

Dans le domaine du numérique et d'Internet en particulier, le W3C⁶³ joue un rôle fédérateur fondamental. Ce consortium qui réunit plusieurs centaines de participants (éditeurs logiciels, organismes de recherche, opérateurs réseau), a dès sa création en 1994 défini les principes de base que devait respecter le web. C'est le W3C qui est par exemple à l'origine des normes régissant les langages HTML ou XML.

L'adoption de normes est précédée de travaux menés par des groupes de travail réunissant généralement des représentants des constructeurs, des usagers, parfois des États et qui co-construisent des documents soumis ensuite au vote des organismes. Ce processus est long et complexe notamment parce qu'il comporte des étapes de « négociations » entre des entreprises qui ont souvent déjà développé des solutions ; on comprend que chacune d'entre elles a intérêt à ce que la future norme soit le plus proche possible de ses produits afin de garder son avance technologique et de minimiser le coût de l'adaptation à réaliser pour la respecter.

Pour ce qui est des standards, parfois qualifiés « du marché » ou « de fait », il s'agit cette fois de produits développés en général par une seule entreprise, parfois plusieurs réunies dans un consortium, qui s'imposent largement chez les utilisateurs. Ces standards sont considérés comme libres ou fermés selon que leurs spécifications techniques sont

publiques ou pas, comme par exemple les formats de fichiers texte pdf de la société Adobe ou doc de Microsoft.

En comparaison, on peut écrire que les normes favorisent la diffusion de produits, de services ou de pratiques, pour lesquels il existe le choix entre différents fournisseurs mais au prix d'un processus long et complexe de négociation, aboutissant parfois à des choix technologiques non optimaux alors que les standards correspondent à des produits ou services existants et pour certains largement adoptés.

En ce qui concerne les aspects techniques pour les métavers, comme pour pratiquement tous les domaines technologiques, on assistera à l'émergence de standards, puis de normes. Les premiers acteurs proposant l'accès à des métavers performants seront les premiers contributeurs de standards du marché, qui influenceront les systèmes suivants. Cependant, cette antériorité n'est en rien un gage d'exclusivité, voire de fermeture à des innovations⁶⁴.

Plus précisément, on peut penser à des premiers standards d'interaction pour se déplacer dans un monde numérique 3D, ou à des moteurs de rendu qui calculent les images de synthèse (comme Unity ou Unreal) dont les plus performants seront largement adoptés dans un premier temps. Il faudra néanmoins attendre plusieurs années avant de voir l'adoption massive des formes d'interopérabilité, sans doute *via* des standards émanant de consortiums d'entreprises convergeant vers l'élaboration de formats de fichiers communs, d'interfaces de programmation (API), voire, à terme, *via* des normes régissant certaines parties du fonctionnement des métavers. Par ailleurs, pourront cohabiter des systèmes propriétaires fermés imposant leurs standards matériels et logiciels.

2.1.5.3 ÉVOLUTIONS PRÉVISIBLES DES MÉTAVERS

Quatre scénarios prospectifs peuvent être envisagés :

1. il émerge un métavers unique (à l'image du web actuel) sur lequel se connecte une grande partie de la population mondiale (plusieurs milliards de personnes) ;
2. plusieurs métavers dominants (plusieurs dizaines ou centaines de millions de personnes) s'imposent notamment à partir des plateformes issues du monde du jeu vidéo qui continuent, de façon indépendante, leur évolution vers d'autres types de services, notamment commerciaux ;
3. il existe une relativement grande diversité de systèmes mélangeant plateformes issues du jeu vidéo et métavers, initialement de taille plus restreinte et développés autour de différentes thématiques (commerce, spectacle, tourisme, relations sociales...), dont certains respectent des normes d'interfaçage autorisant une forme

60. https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_normes_ISO_par_domaines

61. https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_normes_NF

62. L'AFNOR mobilise la filière métavers en quête de repères, <https://www.afnor.org/actualites/afnor-filiere-metavers-en-quete-de-reperes/>

63. https://fr.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web_Consortium

64. Bien que n'étant pas le premier à proposer un smartphone, Apple a introduit, avec ses premiers iPhones disposant d'un écran tactile, un standard de gestuelle (cliquer, zoomer, déplacer) qui a révolutionné l'interaction avec les téléphones portables. Existant depuis longtemps dans des laboratoires, cette gestuelle ne s'est imposée aux utilisateurs que grâce à la diffusion de ce produit. Aujourd'hui ce standard est adopté par tous les fabricants de smartphones.

d'interopérabilité permettant aux utilisateurs le partage de données (avatars, expériences...) conduisant à une offre multi-thématique ;

4. Les métavers disparaissent.

À court ou moyen terme, la réalisation des scénarios 1 et 4 paraît peu probable, d'une part (scénario 1), parce tant l'interopérabilité (cf. *Section 2.1.5.1*) que l'acceptation sociale (notamment le coût environnemental) ne seraient pas jugés au rendez-vous pour construire ce « deuxième monde parallèle » et, d'autre part (scénario 4), parce qu'il n'existe pas d'argumentation étayée quant à la disparition des (nombreuses) plateformes existantes notamment autour du jeu.

Il est possible d'envisager que le scénario 2, notamment parce qu'il étend la situation actuelle, devrait perdurer *a minima* plusieurs années. Il devrait être remplacé à terme par le scénario 3, d'abord parce qu'il englobe la réalité de l'existant ainsi que l'émergence de projets en maturation ou en cours de développement, ensuite parce que le développement d'une forme d'interopérabilité entre systèmes sera pour les acteurs économiques un espoir de mutualisation d'utilisateurs et de clients, et donc d'augmentation d'impacts et de profits⁶⁵.

2.1.5.4 ÉVOLUTIONS PRÉVISIBLES DES ÉQUIPEMENTS

Ces évolutions vont toucher tant les équipements « invisibles » (infrastructures de calcul et de réseau) que ceux qui sont employés par les utilisateurs finaux (casque, interacteurs)⁶⁶.

Dans la première catégorie, l'accroissement des capacités de calcul autorisera la gestion de mondes et d'interactions de plus en plus complexes allant vers l'augmentation du nombre d'entités interagissantes et vers l'amélioration de leurs apparences et de leurs comportements. L'évolution des performances des réseaux mobiles rendra de plus en plus aisée l'utilisation des métavers en mobilité *via* la réalité augmentée.

Dans la seconde catégorie, il est prévisible que plusieurs formes d'équipements pour percevoir les métavers cohabitent :

1. Les casques de réalité virtuelle continueront leur progression en valeur absolue si leur prix est maîtrisé mais ne deviendront pas l'unique solution à cause de leur coût, de l'impossibilité actuelle de les utiliser en mobilité et des effets secondaires qu'ils peuvent provoquer chez certains utilisateurs.

2. Les masques de réalité augmentée prendront une part croissante, d'abord parce qu'ils sont utilisables dans la plupart des environnements, mais ne s'imposeront pas immédiatement à cause de leur acceptation sociale qui peut poser des questions⁶⁷ à beaucoup d'utilisateurs, mais aussi des problèmes de sécurité qu'ils soulèvent encore actuellement⁶⁸ quand ils sont employés dans l'espace public, comme par exemple une modification de la perception des distances réelles qui peut conduire à chutes ou à des chocs avec des obstacles⁶⁹.

3. Des casques hybrides⁷⁰ offrant tant les capacités de la réalité virtuelle que celles de réalité augmentée apparaissent et vont très probablement se développer avec un questionnement identique sur leur acceptation.

4. À plus long terme, on peut envisager l'adoption de technologies encore en cours d'étude dans les laboratoires de recherche comme des lentilles de vue intégrant des dispositifs de visualisation (déjà existantes mais dont le principal défi réside dans la gestion de l'énergie, tant en termes d'autonomie, de consommation que de dissipation) ou de façon encore plus lointaine et donc incertaine, sous forme de stimulation électrique cérébrale.

Pour ce qui est des autres types de perception, c'est la modalité haptique qui semble appelée au plus grand développement avec la diffusion d'équipements « embarqués », c'est-à-dire portés par un utilisateur, et qui peuvent prendre la forme d'un bracelet, d'une ceinture ou encore d'un gilet, voire d'une combinaison qui recouvre l'ensemble du corps. Pour ce qui est de la perception auditive, les mécanismes de localisation spatiale des sources sonores sont appelés à se diffuser largement.

Si l'avenir des métavers est très ouvert, il est important de garder en tête ces **différentes variantes** au moment de soulever des questionnements éthiques car leur nature et leur portée varieront en fonction du nombre d'utilisateurs (des millions ou des milliards), du type de matériel utilisé (du smartphone au casque de réalité virtuelle) et donc d'immersion construite, ou encore de la nature de l'expérience vécue (jeu, travail, commerce, santé, etc).

65. À l'image du développement des réseaux qui ont d'abord été propriétaires (SNS d'IBM, DSA de Bull) avant de devenir ouverts grâce à l'adoption de normes internationales (modèle ouvert OSI de l'ISO) permettant le développement de l'interconnexion des réseaux, qui a donné son nom à Internet.

66. Réalité virtuelle et réalité augmentée : mythes et réalités, Sous la direction de B. Arnaldi, P. Guittou & G. Moreau, ISTE éditions, 2018. Rédigé par une trentaine d'auteurs (chercheurs, ingénieurs), cet ouvrage décrit l'état d'avancement de ces technologies à la fin des années 2010 et envisage les évolutions pour la décennie à venir.

67. Rappelons par exemple l'échec commercial des lunettes de réalité augmentée (Google Glasses) vendues de 2013 à 2015 qui ne furent pas adoptées par le public en particulier pour des raisons d'esthétique et de « manque de discrétion » dans l'espace public où des utilisateurs rapportèrent qu'ils se sentaient stigmatisés.

68. En attendant des solutions qui, *a contrario*, pourraient améliorer la sécurité.

69. Le port de ces dispositifs est actuellement totalement proscrit en cas de conduite d'un véhicule.

70. Certains experts parient sur le remplacement des smartphones par un équipement hybride intégrant leurs fonctionnalités actuelles enrichies de dispositifs de perception visuelle et peut-être haptique. Les interactions utilisateur-smartphone seraient alors déportées d'un dispositif clavier physique vers d'autres modalités de saisie combinant commande vocale et gestuelle.

2.1.6 TYPOLOGIE DES COMPOSANTES ET DES PARTIES PRENANTES D'UN MÉTAVERS

Le fonctionnement des métavers repose sur l'implication de plusieurs entités qu'il convient de distinguer pour mieux comprendre la grande complexité des interactions et les responsabilités (cf. *Section 3.2.3 Responsabilités*). Un métavers est un système numérique bâti sur des **logiciels** développés par des **fabricants**, opérés par des **exploitants**, qui s'exécutent sur des **matériels** et qui traitent des **données** en fonction notamment des interactions avec des **utilisateurs** connectés *via* un **réseau**. On peut lister les différents composants d'un métavers et leurs tâches principales :

● Les matériels

- pour l'utilisateur : un ordinateur (unité centrale, clavier, écran), éventuellement des périphériques spécifiques (casque, manettes, caméras) ;
- pour le réseau : équipements de calcul et de transmission ;
- pour l'hébergeur du système : des moyens de calcul et de stockage.

● Les logiciels

- gestion des utilisateurs : inscription, configuration (profil, avatar), connexion ;
- gestion des interactions utilisateurs, calcul des modifications apportées au monde numérique, calcul (local et à distance) des images résultant de ces actions ; transmission des informations *via* le réseau.

● Les réseaux

- pour connecter les utilisateurs au système, soit « directement » sur Internet *via* une url « standard », soit *via* une plateforme de streaming ou de jeux.
- pour relier les différents composants du système.

● Les données

- description (modélisation) du monde numérique dans ses aspects statique (objets, décors) et dynamique (comportements de certaines entités) ;
- produites par les fabricants et les utilisateurs ;
- description des utilisateurs : profil, expériences, avatars ;
- issues de la collecte des actions de l'utilisateur (mouvements, dialogues, achats).

Par ailleurs, on peut distinguer les différentes catégories de parties prenantes :

● Chercheurs et ingénieurs

- travaillant dans un cadre de recherche scientifique ou technologique public ou privé, ce qui inclut aussi les chercheurs en sciences humaines et sociales dont la sociologie, la philosophie, l'économie et le droit ;
- imaginent des concepts, des méthodes, développent des prototypes.

● Fabricants de composants (matériels, logiciels, réseaux)

- emploient des chercheurs et des ingénieurs (concepteurs, développeurs, testeurs).

● Fabricants de [systèmes d'édition de] métavers

- emploient des chercheurs et des ingénieurs (concepteurs, développeurs, testeurs) ;
- développent et maintiennent des systèmes logiciels destinés à héberger des métavers (au sens monde numérique 3D) en intégrant des composants (matériels, logiciels, réseaux) ;
- vendent des licences d'utilisation de leurs logiciels à des exploitants ou bien sont exploitants eux-mêmes.

● Exploitants de métavers

- maîtres d'œuvre d'un métavers ;
- achètent des [systèmes d'édition de] métavers, puis les configurent, modélisent les contenus, surveillent, et enfin proposent l'accès à un métavers ;
- sous deux formes : métavers « spécifique » ou bien plateformes donnant le choix entre plusieurs métavers spécifiques ;
- après avoir défini :
 - les politiques de connexion ;
 - les politiques de gestion des données recueillies (parmi lesquelles des données à caractère personnel) ;
 - les « règles de vie » dans le métavers (commerce, publicité, monétisation, recrutement, violence...)
- supervisent le fonctionnement du métavers en appliquant les conditions générales d'utilisation voire les règles de la communauté qu'ils ont définies ;
- perçoivent les bénéfices (abonnements, publicités, hébergements, commissions sur des ventes).

● Utilisateurs

- toute personne, y compris des personnes « connues », représenté par un avatar et qui interagit avec le système ;
- toute entité (entreprises, organisations [scientifiques, culturelles, politiques...]) qui utilise le métavers pour y développer ses activités.

2.2 LA RÉALITÉ VIRTUELLE

2.2.1 DESCRIPTION

La réalité virtuelle (RV) est basée sur l'impression donnée à l'utilisateur qu'il est transporté dans un monde imaginaire où il évolue, en remplaçant les informations sur son environnement réel qu'il perçoit grâce à ses sens par des données synthétisées par un ordinateur⁷¹. De nature visuelle (toujours), sonore (souvent), tactile⁷² (parfois), ces données sont calculées à partir d'une description en trois dimensions des composants (décors, objets, comportements...) de l'environnement constituant le monde imaginaire mais aussi de la position et de la direction de vue de l'utilisateur dans cet environnement. Les données synthétisées sont délivrées à l'utilisateur par l'intermédiaire de périphériques matériels (casque de visualisation, casque audio, bras à retour d'effort...).

Cette **substitution** d'informations, si elle est bien réalisée, procure un sentiment de **présence** dans le monde imaginaire qui se construit tout d'abord grâce à l'engagement de l'utilisateur qui dépend de sa culture, de son imagination, de ses expériences ainsi que de ses motivations, et ensuite, grâce à l'**immersion** obtenue par l'intermédiaire des moyens technologiques déployés pour l'expérience.

Cette immersion résulte de trois notions principales :

- la capacité d'**isolation** du monde réel : idéalement, la substitution d'informations doit être totale ; avec un casque (visualisation, audio), l'utilisateur ne perçoit que les données synthétisées alors qu'avec un écran classique, il perçoit, même faiblement, le contexte environnant (images, mouvements, sons « autour » de l'écran), ce qui atténue le sentiment de présence ;

- la **richesse sensorielle** des données synthétisées qui se définit par leur qualité (fréquence et résolution des images et des sons, perception de leur profondeur, taille du champ de vision...), leur interactivité (l'utilisateur ne doit pas percevoir leur temps de calcul) et leur étendue (nombre de sens de perception⁷³ sollicités à condition que les données perçues soient toutes cohérentes) ;
- la diversité des **interactions** de l'utilisateur avec l'environnement (navigation, manipulations, préhension, communication avec d'autres utilisateurs...) qui favorise son engagement et donc son adhésion au monde imaginaire suggéré par l'application de réalité virtuelle en le rendant acteur de l'expérience, plutôt que simple spectateur⁷⁴.

2.2.2 TERMINOLOGIE

Il convient de distinguer plusieurs espaces disjoints dans lesquels se développe la réalité virtuelle :

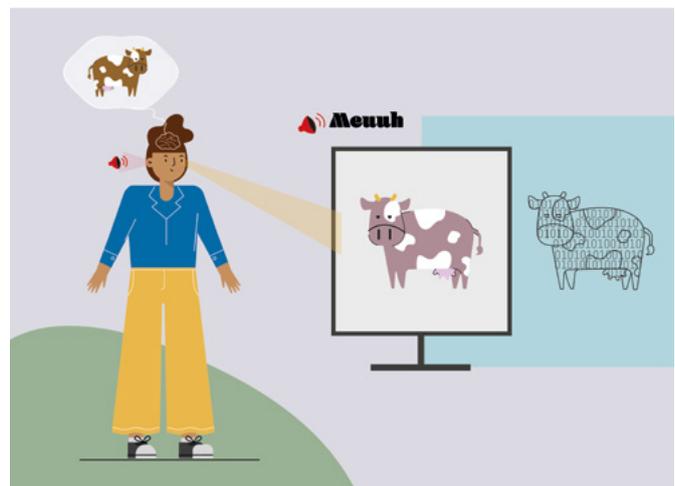
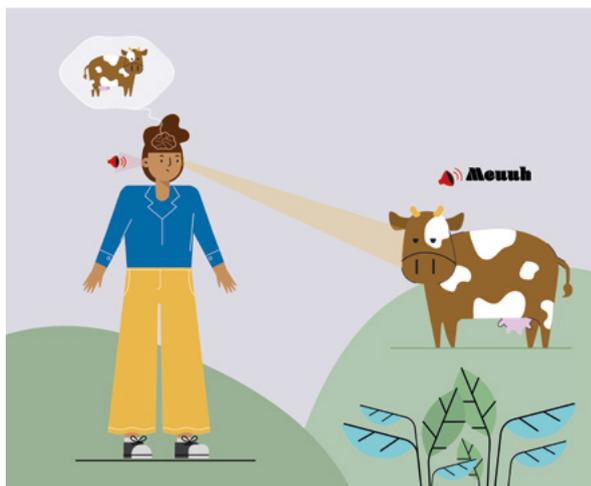
- le **monde numérique** composé de matériels (ordinateurs munis de périphériques de restitution et de recueil de données) interconnectés de plus en plus souvent *via* des réseaux, de logiciels (pour recevoir et exploiter les données recueillies, puis calculer et diffuser les restitutions) et enfin de données (essentiellement les descriptions des environnements 3D) ;
- le **monde dit réel** (parfois aussi appelé monde physique) qu'un être humain perçoit grâce à ses sens, soit directement, soit par l'intermédiaire d'équipements (microscope, télescope, thermomètre, compteur Geiger...) ;
- le **monde imaginaire** que le cerveau humain construit en exploitant des informations qu'il a captées par exemple en écoutant un conteur, en lisant un livre, en regardant un film ou en vivant une expérience de réalité virtuelle. Ce monde est aussi le réceptacle des constructions théoriques ou conceptuelles, ou des inventions de la personne.

71. Le traité de la réalité virtuelle, Sous la direction de P. Fuchs, 2006, Presses des Mines, https://guillaumemoreau.github.io/news/annoucement_6/ Il s'agit d'une encyclopédie du domaine en 5 volumes (2000 pages) qui a été rédigée par plus d'une centaine d'auteurs (chercheurs et ingénieurs).

72. On utilise plutôt le terme haptique dans ce contexte.

73. En plus des sens auxquels nous pensons immédiatement (vision, ouïe, toucher...), n'oublions pas d'autres sensorialités comme la proprioception, c'est-à-dire notre capacité de perception implicite de la position des éléments de notre corps (membres, tête, tronc), souvent exploitée en réalité virtuelle.

74. Il convient de remarquer l'utilisation inadaptée de l'expression « réalité virtuelle » pour décrire des applications immersives sans interaction riche, par exemple des vidéos à 360° où l'utilisateur n'a que le changement de direction de vue comme possibilité ou encore de visualisations 3D où il peut uniquement se déplacer. La réalité virtuelle se définit nécessairement à partir d'une immersion et d'une interaction riche.



Monde numérique
 Monde dit réel
 Monde imaginaire
 Vision
 Audition

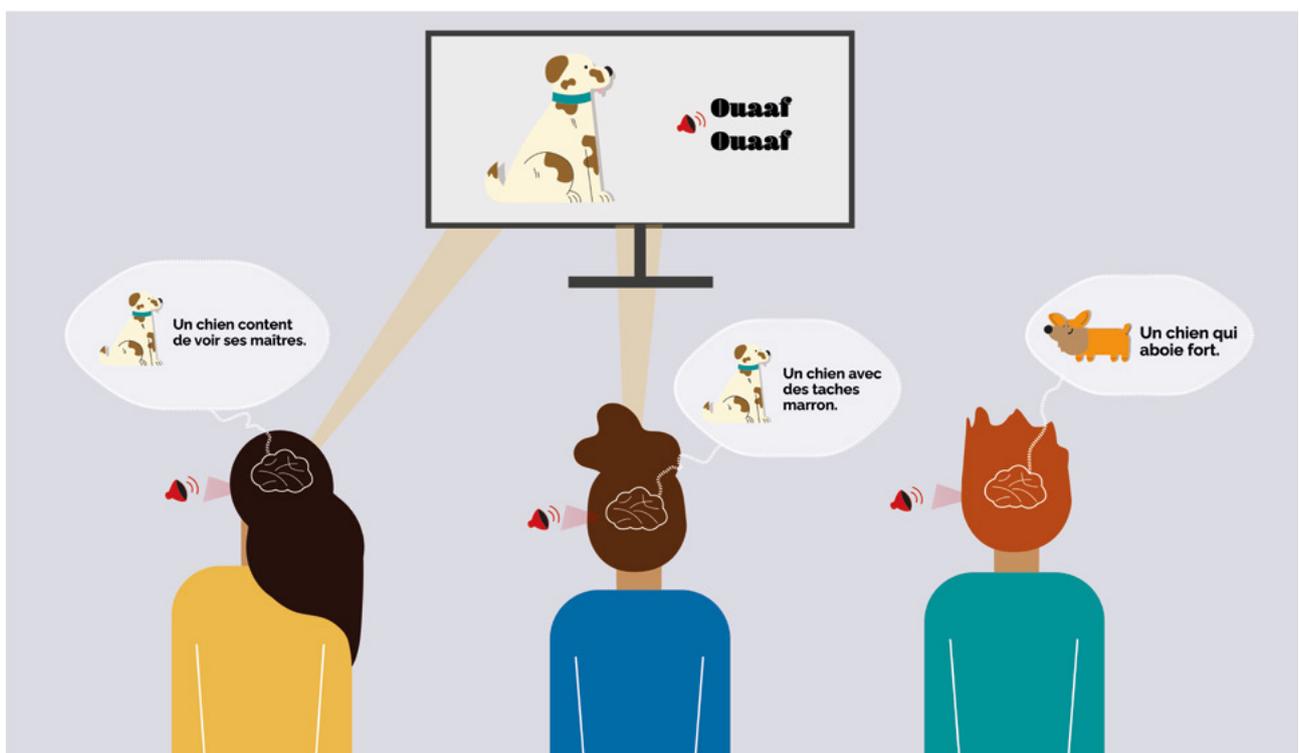
@studioluciole - Hall Lucille.

Les deux illustrations ci-dessus montrent les différences de perception et de représentation ainsi que les trois espaces évoqués :

- à gauche, dans le monde dit réel, une personne perçoit la présence d'une vache « réelle » grâce à ses sens (la vue, l'ouïe...) ;
- à droite, dans le monde dit réel, la même personne peut percevoir, avec exactement les mêmes sens, la représentation *via* un écran et un haut-parleur d'une vache dont l'apparence et les sons ont été modélisés et synthétisés numériquement ;
- quel que soit le type d'existence de la vache (réel ou numérique), la personne construit dans son imaginaire une image mentale de cet animal fondée d'une part sur sa perception et d'autre part sur son expérience passée.

Remarquons que la frontière la plus importante se situe entre le monde imaginaire (construit par notre cerveau) et le monde dit réel, qui inclut le monde numérique, dont on peut percevoir la réalité par exemple en mesurant des potentiels électriques dans un ordinateur ou bien en observant ses impacts environnementaux.

Par ailleurs, il faut souligner le caractère individualisé de la perception d'une même réalité conduisant à la construction de différentes images mentales à partir d'un même monde numérique 3D. Ainsi, dans l'illustration ci-dessous, les perceptions visuelles des deux personnages à gauche et au milieu conduisent à des niveaux de détail différents alors que celle du personnage de droite, déficient visuel, construit une image mentale centrée sur sa perception auditive.



Monde dit réel
 Monde imaginaire
 Vision
 Audition

@studioluciole - Hall Lucille.

2.2.3 APPLICATIONS

Les chercheurs ont développé des méthodes et des algorithmes de **simulation** numérique pour comprendre et/ou prédire de très nombreux mécanismes, phénomènes, objets. Il existe cependant des limites à ces simulations notamment quand il faut prendre en compte les interactions avec des opérateurs humains qui sont aujourd'hui encore trop complexes pour être modélisées. La réalité virtuelle permet l'intégration dans ces simulations de comportements humains captés *via* des périphériques spécifiques.

On peut regrouper les principales applications de la réalité virtuelle autour de quelques objectifs majeurs.

La **conception** de bâtiments fut le premier exemple d'utilisation de la réalité virtuelle il y a plusieurs décennies. Des chercheurs de l'université de Caroline du Nord (USA) traduisirent en descriptions 3D les plans de leur futur laboratoire fournis par un architecte, puis proposèrent un système de déambulation dans le bâtiment. Cette simulation permit de déceler quelques erreurs et d'améliorer le projet. Cet exemple a depuis franchi les limites de l'architecture et de l'urbanisme pour toucher à peu près toutes les industries de fabrication « d'objets complexes » comme les véhicules aériens, spatiaux, maritimes ou terrestres. La réalité virtuelle est aussi utilisée pour concevoir des gestes complexes qu'ils soient industriels, médicaux ou artistiques.

On peut distinguer plusieurs facteurs communs à ces différentes applications :

- cette démarche est très souvent (beaucoup) moins coûteuse que l'approche par essais-erreurs, même à l'aide de maquettes physiques, classiquement utilisée ;
- elle optimise les performances grâce à une exploration à la première personne qui est partageable, favorisant ainsi une meilleure collaboration au sein d'une équipe réunissant des compétences parfois variées ;
- elle permet d'unifier les différents métiers (depuis la conception jusqu'à la commercialisation et la maintenance en passant par la fabrication) par le partage d'un même modèle, parfois appelé jumeau numérique.

L'**apprentissage** est une autre des racines de la réalité virtuelle, avec des simulateurs de pilotage d'avions, aujourd'hui passage obligé de tous les pilotes que ce soit en formation initiale ou continue. Comme pour la conception, tous les véhicules (avion, navire, voiture, F1) ainsi que la réalisation de gestes complexes sont concernés et font aujourd'hui l'objet de simulateurs d'apprentissage et d'entraînement (industriels, médicaux, artistiques, sportifs), voire de réhabilitation après un accident par exemple. Plus globalement, il existe aujourd'hui des outils de formation dans pratiquement tous les domaines, comme par exemple l'immersion au cœur d'une molécule ou d'un système de planètes pour mieux les étudier, ou bien encore la préparation d'entretiens d'embauche *via* des avatars du candidat et du recruteur.



© Inria / Photo Gilles Scagnelli

Simulateur d'apprentissage du pilotage d'un fauteuil roulant électrique. L'apprenant est assis sur un fauteuil et fait face à un grand écran visualisant le contexte urbain (Inria-IRISA Rennes)⁷⁵.

75. G. Vailland, Y. Gaffary, L. Devigne, V. Gouranton, B. Arnaldi, *et al.* (2020). Simulateur de Conduite de Fauteuil Roulant avec Retours Vestibulaires : Une étude pilote. *Handicap 2020 - 11^{ème} Conférence sur les Aides Techniques pour les Personnes en Situation de Handicap*, Paris, France, pp. 1-8. [hal-02735943](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02735943)

Ces applications partagent plusieurs points communs :

- l'apprentissage s'effectue sans risques humains, ni matériels, en conditions écologiques⁷⁶ et avec une maîtrise totale de tous les paramètres (y compris en insérant dans le scénario des éléments perturbateurs comme une tempête dans un simulateur de pilotage) ;
- il est reproductible sans limite ce qui est indispensable pour « automatiser » des compétences acquises ou pour les évaluer de façon longitudinale ;
- il représente un coût inférieur à celui d'un apprentissage en conditions réelles.

L'**analyse** de données très volumineuses (tous les composants d'un lanceur aérospatial), complexes (fonctionnement du cerveau), inaccessibles (fond des océans, cosmos), disparues (vestiges de bâtiments détruits) ou imperceptibles par les sens humains (radioactivité, flux financiers) est aujourd'hui un des moteurs majeurs du développement d'applications de réalité virtuelle avec deux objectifs principaux : la **compréhension**, souvent suivie d'une **prise de décision**. Les industries pétrolières par exemple utilisent depuis longtemps la réalité virtuelle pour étudier les informations fournies par différents types d'explorations souterraines ou sous-marines afin de déterminer avec précision la nature et la localisation de leurs forages. On peut aussi mentionner les chirurgiens qui préparent une intervention complexe (on parle de planification) en la simulant au préalable en réalité virtuelle à partir d'un modèle 3D construit à partir des données anatomiques, voire fonctionnelles, du patient.

Au-delà des secteurs d'activité déjà cités (architecture, urbanisme, industries de fabrication, médecine), on peut ajouter plusieurs autres domaines utilisant de façon croissante la réalité virtuelle.

Commençons par les domaines de la **culture** et du **divertissement**, notamment sous l'impulsion de l'industrie des jeux vidéo qui a investi depuis longtemps la réalité virtuelle, au point de provoquer ces dernières années la mise à disposition pour le grand public de casques de visualisation immersive jusque-là exclusivement réservés aux professionnels. Plus globalement, elle constitue également un élément précurseur dans le développement de systèmes de type métavers. Par ailleurs, le monde artistique a aussi exploré la réalité virtuelle, depuis ses prémices, en développant des expériences innovantes et de nouveaux moyens de diffusion, concernant en particulier le spectacle vivant interactif.

Utilisée depuis longtemps par le **commerce** de produits complexes (avions, navires) destinés aux professionnels, la réalité virtuelle touche désormais des biens de consommation courante pour l'ensemble des consommateurs, par exemple les voitures, les biens immobiliers, ou les aménagements de cuisine. Dans la plupart de ces applications, elle est utilisée par le consommateur pour configurer le bien (choix d'un intérieur de voiture, de décoration dans une maison ou d'équipements dans une cuisine).

2.3 LA RÉALITÉ AUGMENTÉE

2.3.1 DESCRIPTION

La réalité augmentée (RA) a pour objectif d'améliorer la compréhension d'un environnement réel, soit en **enrichissant** à l'aide d'informations qui n'existent pas naturellement, soit en **étendant** les performances du système de perception humain qui sont limitées. On peut penser par exemple à l'impossibilité de voir des objets qui sont trop petits ou trop éloignés, qui émettent une couleur infrarouge ou ultraviolette, d'entendre des sons trop éloignés ou possédant une fréquence trop basse ou trop haute, ou encore de percevoir des signaux imperceptibles par les sens (radioactivité). Pour obtenir malgré tout ce type d'informations, on utilise des équipements qui étendent la perception comme les microscopes ou les télescopes, ou bien qui enrichissent la connaissance de l'environnement comme les systèmes de positionnement par satellites (par exemple le GPS) qui calculent les trajets à suivre ou affichent le nom des rues.

La réalité augmentée est fondée sur la **superposition** de ces informations à notre perception naturelle de l'environnement à l'aide d'images numériques. Ces images sont synthétisées par un ordinateur à partir de mesures de capteurs étendant les performances de notre système perceptif (microscope, télescope), d'informations calculées (comme un trajet entre deux points) ou bien déjà numérisées (comme le plan d'une ville). Ces images doivent être calculées en temps réel, notamment quand l'utilisateur se déplace, pour prendre en compte sa position et sa direction de vue afin de conserver une superposition parfaite entre éléments réels et données synthétisées.

Il existe trois grandes familles d'équipements permettant cette superposition.

Les premiers à avoir été conçus sont des **dispositifs portés** sur la tête de l'utilisateur sous forme de masques (ou casques). Ils autorisent soit une vision directe si les données synthétisées sont projetées sur une surface translucide, soit une vision indirecte si elles sont affichées sur un écran après avoir été mixées avec les images de l'environnement captées à l'aide de caméras. Des chercheurs étudient et développent des dispositifs, encore expérimentaux, à base de lentilles oculaires.

Beaucoup moins connue mais en progression croissante pour des applications industrielles, la deuxième famille est fondée sur l'utilisation de **projecteurs** affichant les images sur un support comme un pare-brise ou un mur.

Enfin, la troisième famille repose sur des **dispositifs mobiles** (téléphones, tablettes) sur lesquels l'utilisateur visualise les données synthétisées mixées avec les images de l'environnement captées par une caméra. Cette visualisation est plus simple à mettre en œuvre mais moins précise que celles des autres solutions car elle n'exploite pas, pour recalculer une nouvelle image, la position du regard de l'utilisateur *via* des capteurs comme dans un casque.

76. similaires à celles de la réalité.



Une application de réalité augmentée sur tablette au Musée de Mataro (Catalogne).

2.3.2 APPLICATIONS

Si l'expression réalité augmentée date de 1990, le principe est beaucoup plus ancien. Il est apparu dans les années 1950 dans les avions de combat avec l'affichage sur la visière des casques d'informations utiles au pilotage. Depuis, beaucoup d'autres contextes, qu'ils soient professionnels ou grand public, ont adopté cette technologie.

Elle a d'abord été étendue à d'autres types de véhicules notamment dans des applications d'**aide à la conduite** pour des pilotes (avions civils, navires) en utilisant des données satellite, radar ou sonar, ou pour des conducteurs (voitures) en exploitant leurs GPS. L'enrichissement est visuel et souvent sonore (consignes, alertes). Le principal objectif est d'augmenter la sécurité en ne perdant pas de vue l'environnement extérieur pour consulter ces informations complémentaires⁷⁷.

Les activités de **conception** utilisent la réalité augmentée pour superposer à un environnement réel des images de synthèse des projets de façon à étudier leur insertion avant la construction (bâtiments, aménagement d'un avion ou d'un jardin).

Dans des applications de **maintenance** industrielle, les informations nécessaires aux techniciens sont affichées directement sur leur environnement de travail. Évoquons par exemple, dans le domaine aéronautique, l'affichage sur l'intérieur d'un avion de plans de câblages ou bien de cibles à percer facilitant les interventions des techniciens ou plus simplement, l'affichage de la documentation pour réparer une photocopieuse.

Fondées sur ce même principe, on rencontre de plus de plus d'applications employées en **médecine** et en chirurgie, pour projeter sur le corps d'un patient des reconstructions de parties de son anatomie, comme par exemple le système veineux de son bras pour un praticien devant poser une perfusion, ou encore ses structures cérébrales pour un neurochirurgien devant intervenir sur son cerveau. Ces reconstructions 3D sont calculées à partir d'examen utilisant des capteurs (scanner, IRM) et doivent être parfaitement alignées avec le corps du patient pour garantir la précision de l'acte médical.

La réalité augmentée se répand de plus en plus également dans le monde du **commerce** pour permettre aux clients de visualiser leurs projets de construction de maison, d'implantation de meubles dans une pièce ou bien d'achats de chaussures. Elle permet également de consulter une notice d'utilisation ou de naviguer sur le site web du fabricant *via* le plus souvent des QR-codes présents sur des emballages.

On retrouve aussi cette technologie pour des **visites** de musées, d'expositions, de sites historiques : elle fournit des informations complémentaires comme par exemple la reconstitution en 3D des bâtiments dont il ne subsiste plus que des ruines ou disparus, ou bien un schéma décrivant le procédé de fabrication d'une partie d'un monument. Ces applications sont disponibles *via* des casques ou bien des téléphones ou des tablettes que les visiteurs peuvent louer à l'entrée et qui commencent à remplacer ou à compléter les audioguides.

La réalité augmentée s'est également frayé un chemin dans le monde de l'**enseignement** pour insérer certains éléments

77. On parle de dispositif de visée tête haute (*head-up display* en anglais).

numériques dans un environnement réel afin de mieux le comprendre. Ainsi d'un TP « virtuel » où l'étudiant peut consulter des ressources sur le web pour arriver à mettre au point son expérience.

Le **jeu** a été un vecteur très important pour diffuser la notion de réalité augmentée, grâce notamment à l'application Pokemon Go qui a connu un très grand succès en permettant aux joueurs d'évoluer dans des environnements réels enrichis par l'affichage de composantes du jeu sur leurs téléphones.

2.3.3 TERMINOLOGIE

L'expression « réalité augmentée » est communément admise par l'ensemble des acteurs de ce domaine. Il convient de ne pas l'employer abusivement, par exemple pour les techniques d'enrichissement de vidéos utilisées pour insérer des effets spéciaux dans un film. En effet, ces ajouts résultent de calculs réalisés une fois pour toutes et sont visualisés de la même façon par tous les spectateurs ; en d'autres termes, il n'y a pas d'interaction avec l'utilisateur⁷⁸.

On rencontre d'autres expressions ayant des points communs avec la réalité augmentée et la réalité virtuelle. Initialement proposée en 1994, le concept de **réalité mixte** décrit le spectre dit « continu » allant (en les excluant) du monde réel à la réalité virtuelle, et qui englobe des technologies combinant des éléments réels à des éléments synthétiques (la réalité augmentée en fait partie). D'autres acceptions de ce concept sont apparues plus récemment prenant en compte notamment, en plus de la perception visuelle, les degrés de réalisme et d'immersion des environnements numériques 3D.

Enfin est apparu le concept de **réalité étendue** (en anglais XR pour *eXtended Reality*), qui tend à se généraliser, et qui englobe l'ensemble des contextes : le réel, la réalité mixte (incluant la réalité augmentée) et la réalité virtuelle.

2.4 LES AVATARS

2.4.1 DESCRIPTION

Dans l'hindouisme, le mot avatar désigne l'incarnation protéiforme d'une divinité sur terre. Ce terme a été utilisé pour la première fois dans les années 1980 pour désigner la **représentation visuelle** associée à un utilisateur afin de mieux l'impliquer dans la narration d'un jeu. Dans le contexte des métavers, l'avatar peut prendre un très grand nombre de formes, depuis les plus simples (quelques pixels colorés) jusqu'aux plus complexes (une forme 3D texturée et animée de l'ensemble d'un corps humain) en passant par des stades intermédiaires (le visage et les mains). On les qualifie de [photo-]réalistes quand ils offrent une apparence visuelle et un comportement (suivi du regard, mouvement des lèvres cohérent avec le son de parole) proches de la perception de la réalité (similaires à ceux d'un flux vidéo). Si la plus-value de ces avatars dits [photo-]réalistes est souvent mise en avant pour obtenir une meilleure appropriation par l'utilisateur, il faut en relativiser la portée. Privilégiant plutôt des mesures subjectives comme la présence, le réalisme perçu ou la crédibilité, des études montrent que c'est moins le seul aspect anthropomorphe réaliste de l'avatar que l'homogénéité en matière de réalisme entre les éléments présents dans une suite d'images de synthèse qui suscite la meilleure évaluation par les utilisateurs.

Initialement pensés pour donner une consistance visuelle à des joueurs à l'aide d'images prédéfinies, souvent de façon anonyme (utilisation de pseudos), ces avatars ont évolué pour aller vers la notion de **personnage**, voire de double ou de **jumeau numérique**, qui regroupe beaucoup plus d'informations qu'une simple apparence visuelle : personnalisation de la représentation (l'utilisateur choisit son genre, sa morphologie, des informations concernant le timbre de sa voix, son accent, ses vêtements, ses accessoires, comme une canne blanche, un fauteuil roulant ou une baguette magique), expériences accumulées (par exemple un pas de danse), biens acquis, historique d'actions, voire identité (parfois certifiée).

Un avatar assure plusieurs rôles. Tout d'abord, il fournit à l'utilisateur un « retour visuel » (*feedback*) de ses actions : s'il commande un déplacement, alors son avatar doit effectuer ce même mouvement, validant ainsi la prise en compte de la commande par le système. Ensuite, il est utile pour les interactions avec les autres utilisateurs, que ce soit pour percevoir leur localisation (à l'image d'un pion qui matérialise l'emplacement d'un joueur sur un plateau de jeu) ou leurs actions (par exemple la manipulation d'un accessoire) ou enfin pour dialoguer (animation labiale).

Il faut distinguer plusieurs catégories d'avatars selon qu'ils sont :

- utilisés dans un contexte **privé** ou **professionnel** : dans le premier cas, l'utilisateur peut choisir un pseudonyme et une représentation visuelle totalement imaginaires (pas nécessairement anthropomorphes), voire plusieurs (par exemple pour évoluer dans des contextes différents :

78. Ainsi, dans le film *Terminator*, la scène de bagarre dans un bar décrit un fonctionnement de type réalité augmentée où le héros visualise en temps réel des informations superposées à sa vision « naturelle », mais n'a pas été calculée par un processus interactif de réalité augmentée (les données ont été superposées pendant la phase de post-production).

famille, jeux, rencontres...); dans le second cas, il sera le plus souvent incité à utiliser sa véritable identité et plutôt à choisir une représentation proche de son aspect réel (par exemple à l'aide de données photographiques), conduisant à utiliser un avatar unique.

- contrôlés par un humain ou un système numérique : dans le premier cas, le comportement (déplacements, actions, paroles) d'un avatar est piloté par l'utilisateur qui en maîtrise la quasi-totalité⁷⁹ des paramètres *via* des interfaces de saisie (caméras, capteurs de mouvement, clavier, micro) ; dans le second cas, l'avatar est dit « autonome » parce qu'il est piloté par un système numérique (souvent impliquant des composantes d'apprentissage machine ou des systèmes d'IA générative⁸⁰) avec des objectifs variant selon le contexte applicatif : des extensions 3D des agents conversationnels apparaissant sur des sites web de façon à « assister » l'utilisateur dans ses démarches administratives ou commerciales (« Puis-je vous aider ? ») ou alors, dans un contexte de jeu vidéo, des personnages non-joueurs destinés à adapter en temps réel la difficulté en ajoutant des adversaires ou bien des partenaires. Notons que ces avatars contrôlés numériquement peuvent être de deux natures selon qu'ils soient conçus et contrôlés par la plateforme ou bien qu'ils soient introduits par des tiers et contrôlés par un système numérique extérieur à la plateforme. Dans le premier cas, ces avatars numériques sont sous la responsabilité de la plateforme et peuvent être utilisés par exemple pour peupler certaines parties de son espace. Dans le second cas, les avatars sont introduits et contrôlés par un tiers extérieur pour attaquer le métavers, par exemple pour le saturer et le rendre inutilisable ou alors pour influencer (massivement ou subtilement) les autres avatars présents en mettant en œuvre une désinformation produite en particulier avec des systèmes d'IA générative).

ENCART

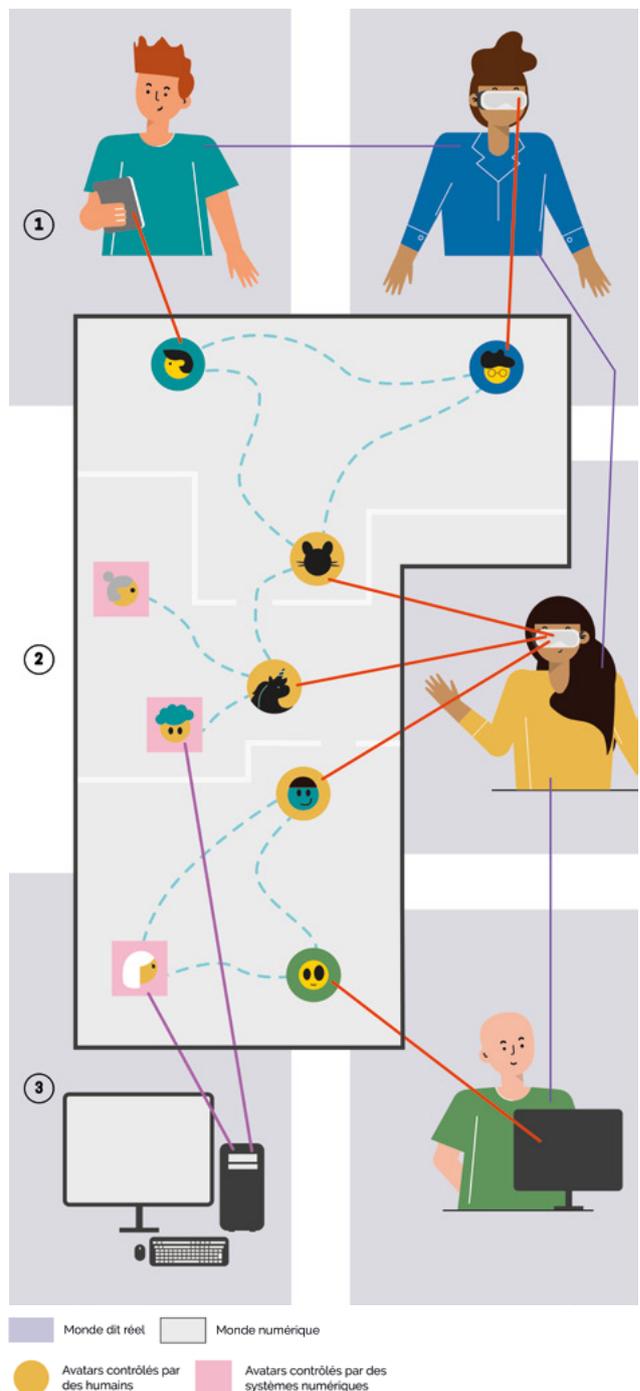
LES INFLUENCEURS DANS LES MÉTAVERS

On assiste depuis peu à l'émergence d'influenceurs numériques dans les réseaux sociaux, comme par exemple Lu do Magalu, porte-parole d'un groupe brésilien de distribution qui possède 24 millions d'abonnés et dont les vidéos cumulent plus de 300 millions de vues réalisées principalement dans son pays⁸¹. Les entreprises qui les utilisent apprécient le contrôle total de leur image et de leur comportement (pas de dérapage), leur capacité à s'adapter à des contextes culturels différents et aussi la connotation disruptive (spontanément associée à une image « jeune et moderne ») qu'ils induisent. Pour l'instant figés dans un comportement prédéterminé et calculé de façon unique, on peut raisonnablement penser qu'ils évolueront vers des entités avec lesquelles il sera possible d'interagir dans des métavers.

Il est, par ailleurs, à craindre que les influences numériques jouent un rôle dans la diffusion de fausses informations (*deepfakes*).

2.4.2 INTERMÉDIATION

Le lien d'**intermédiation** unissant un utilisateur et son avatar revêt une importance particulière, tant en ce qui concerne la nature de ce lien (cf. *Section 3.1.2 Enjeux spécifiques aux avatars*) que le type de contrôle exercé par l'être humain en fonction de l'équipement qu'il utilise (clavier, souris, joystick, capture d'un geste de la personne, etc.). Il faut ajouter que ce contrôle peut être altéré soit accidentellement (bug logiciel, perturbation réseau), soit volontairement (cyberattaque).



@studiolucille - Hall Lucille.

79. Il peut subsister des paramètres non (encore) maîtrisables par l'utilisateur comme par exemple le type de marche d'un avatar (fréquence et ampleur des foulées) ou bien l'intonation ou l'accent qu'il utilise pour s'exprimer.

80. L'évolution des performances des systèmes d'IA dite générative, récemment perçue par le grand public grâce à des logiciels comme ChatGPT, ne doit pas être opposée au développement des métavers (« les acteurs clés financeraient les premiers au détriment des seconds ») mais constitue au contraire un facteur d'amélioration de leurs capacités à générer des avatars encore plus « crédibles ».

81. <https://theconversation.com/les-influenceurs-virtuels-sont-ils-plus-puissants-que-les-influenceurs-humains-178056>

Cette illustration montre différents types de relations entre humains et avatars. Tout d'abord, dans la partie haute (1), chacun des deux avatars est contrôlé par un humain qui, bien que situés en deux endroits différents peuvent communiquer (liens violets) *via* leur avatars respectifs (liens pointillés verts). Les liens rouges sont de nature bidirectionnelle : de l'humain vers l'avatar pour le contrôler et dans le sens inverse, pour faire percevoir à l'humain ce que perçoit et fait son avatar.

Dans la partie centrale (2), une personne (vêtue de jaune) contrôle trois avatars pour lesquels elle a choisi trois représentations différentes, certaines anthropomorphes, d'autres non (une licorne par exemple). Par leur intermédiaire, elle peut interagir avec les autres personnes présentes dans le métavers.

Dans les parties 2 et 3, on distingue trois avatars, représentés par des carrés, qui sont contrôlés par des systèmes numériques. Leur apparence est similaire à celles des autres avatars et ils peuvent entretenir des interactions avec les avatars contrôlés par des utilisateurs. La plupart de ces systèmes sont internes au métavers et ont pour principale fonction de les peupler d'avatars « artificiels ». Certains autres peuvent résulter de cyberattaques et être utilisés de façon malveillante.

Ces différentes possibilités conduisent à une appropriation de l'avatar par son créateur qui peut aller jusqu'à une forme d'identification très forte, parfois issue d'un besoin de reconnaissance et d'une recherche d'estime de soi ; on parle alors d'**incarnation** (*embodiment*). Elle peut être définie *via* trois composantes relatives à l'expérience subjective de l'utilisateur : 1. le sentiment de localisation de soi (*self-location*), c'est-à-dire l'expérience spatiale d'être dans un corps ; 2. le sentiment d'agentivité (*agency*), autrement dit la sensation de contrôler ses actions ; 3. le sentiment d'appropriation de tout ou partie d'un corps (*body ownership*), c'est-à-dire le sentiment que le corps imaginaire est la source des sensations. Illustrons ce sentiment à l'aide de deux exemples d'expérience immersive : dans le premier, un avatar déambule dans une rue piétonne et croise des avatars qui se déplacent en sens inverse. La majorité des utilisateurs modifient la trajectoire de leur propre avatar pour éviter d'être « traversé » par une entité pourtant purement imaginaire. Dans le second, l'utilisateur doit évoluer sur un chemin très étroit (par exemple sur une planche) placé au-dessus d'un vide important. Là encore, la majorité des utilisateurs éprouve un sentiment de danger, voire est dans l'impossibilité d'avancer, alors qu'il n'existe aucun risque réel.

Il a été mentionné précédemment le mécanisme de retour visuel permettant à l'utilisateur de savoir où il est localisé et ce qu'il fait. Les scientifiques ont mis en évidence un autre type de réaction : l'**effet Protéus**⁸² qui désigne l'influence de l'apparence et du comportement d'un avatar sur le comportement d'un utilisateur tant dans l'espace numérique qu'ensuite dans la vie réelle⁸³. Des travaux ont ainsi mesuré l'influence du choix de représentation (genre, taille, corpulence, couleur de la peau) et de l'attitude (amicale, neutre, agressive) sur des interactions sociales pendant et

après l'expérience immersive⁸⁴. Un espoir est de contribuer à lutter contre des discriminations (sexisme, racisme, dénigrement corporel, harcèlement...) en se mettant « dans la peau de l'autre ». Un exemple d'effet Protéus est démontré dans l'expérience « Vis ma vie » où un changement de perspective plaçant l'utilisateur dans la peau imaginaire d'un autre être humain peut déclencher une empathie et modifier son comportement. Cette expérience a mis des hommes condamnés pour des actes de violence sur des femmes dans la peau de ces femmes agressées, incarnées dans un avatar féminin. À l'issue de cette expérience, les participants ont montré une meilleure capacité à détecter la peur sur un visage⁸⁵. Ces résultats ne constituent pas une réponse totale au problème des violences sexistes mais représentent une voie intéressante à approfondir.

Des recherches⁸⁶ ont montré que les avatars peuvent permettre de simuler de manière convaincante des scénarios sociaux et orienter les conversations de manière adaptative, tout en suscitant de forts niveaux d'influence sociale. Les avatars peuvent également permettre de susciter des réactions émotionnelles similaires chez un partenaire de conversation par rapport à une interaction avec un être humain dans la vie réelle. Plus récemment, l'utilisation d'avatars 3D personnalisés dans un contexte de vidéoconférence 2D a suscité un niveau plus élevé de présence sociale perçue par les participants par rapport à la vidéo traditionnelle. Tous ces éléments jouent un rôle clé dans la compréhension de la manière dont les émotions sont modélisées, exprimées et utilisées dans ces mondes virtuels pour susciter des réponses empathiques de la part de l'utilisateur (sur les enjeux éthiques liés à ces mécanismes *cf. Section 3.1.2 Enjeux spécifiques aux avatars*).

82. Dieu grec doué du pouvoir de métamorphose.

83. R. Ratan, D. Beyea, B. J. Li, et L. Graciano (2020), « Avatar Characteristics Induce Users' Behavioral Conformity with Small-to-Medium Effect Sizes: A Meta-Analysis of the Proteus Effect ». *Media Psychology* 23 (5): 651-75. <https://doi.org/10.1080/15213269.2019.1623698>.

84. <https://www.cairn.info/revue-bulletin-de-psychologie-2017-1-page-3.htm>

85. S. Seinflef & al. (2028), Offenders become the victim *in* virtual reality: impact of changing perspective *in* domestic violence, *Sci Rep* 8, 2692, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-19987-7>

86. A. Lécuyer (2023), Comprendre le métavers, les effets des technologies immersives sur votre cerveau, *Edition Alfa Humensis*, p. 166 &s.

2.5 PROFILAGE PROFOND DES UTILISATEURS

Cette section décrit la nature des données collectées lors d'une utilisation d'un métavers puis celles des informations qu'elles permettent de calculer. Le volume et la précision de ces informations, qui dépassent très largement celles collectées par des applications comme le web ou les réseaux sociaux, amènent à qualifier de profond le profilage qui en résulte.

2.5.1 NOUVELLES DONNÉES COLLECTÉES

Une spécificité des métavers tient à la forte augmentation du volume des données collectées en temps réel pour assurer le fonctionnement même des interfaces. Ainsi, pour calculer les images de synthèse représentant l'environnement numérique, le système doit capter l'emplacement et la direction du regard d'un utilisateur. Pour assurer une fluidité minimale à la visualisation, il est nécessaire de calculer plus d'une vingtaine d'images par seconde et par conséquent de capter autant de fois localisation et direction de vue. Par ailleurs, le côté engageant d'une expérience 3D immersive pourrait déboucher sur un allongement de la durée de connexion par rapport à une session de navigation sur le web et conduire ainsi à un facteur d'augmentation supplémentaire du volume des données collectées.

Outre les données personnelles habituellement collectées dans le cadre des services numériques (identité, localisation), l'utilisation de métavers suppose la collecte de données physiologiques pour que l'utilisateur évolue dans des mondes numériques 3D. Dans certains contextes, on peut par exemple recueillir la direction du regard de l'utilisateur *via* des capteurs observant les pupilles (eye tracking en anglais). Il est également possible de collecter des données comme la fréquence cardiaque ou la réponse électrodermale de l'utilisateur *via* des périphériques spécifiques (comme une montre connectée).

En combinant l'historique de son évolution dans le monde numérique 3D (lieux visités, nature et durée des déplacements, avatars avec lesquels l'utilisateur a interagi) avec sa fréquence cardiaque et le focus attentionnel déduit du mouvement de ses pupilles, il est par exemple possible d'estimer certains centres d'intérêt de l'utilisateur et de construire un profilage beaucoup plus précis que celui réalisé à partir de ses navigations sur le web.

Encore en développement dans des laboratoires de recherche, la captation et l'analyse des électro-encéphalogrammes *via* des interfaces cerveau-ordinateur⁸⁷ permet de déterminer certains éléments du fonctionnement cérébral d'une personne pour ensuite contrôler un système numérique (un fauteuil roulant, une interface de navigation) ; il reste encore beaucoup de travail⁸⁸ pour fiabiliser et étendre la portée de ces travaux mais il est envisageable que dans un futur plus ou moins proche, cette technologie

soit véritablement accessible au grand public. Il sera alors possible de prendre en compte des informations plus précises sur l'utilisateur comme son degré d'attention, sa fatigue ou sa motivation par rapport à une tâche.

Cette liste n'est ni monolithique, ni exhaustive : d'une part, parce que les utilisateurs ne seront pas nécessairement équipés de tous les périphériques de collecte disponibles (du smartphone au casque de réalité virtuelle et des capteurs associés) ; d'autre part, parce qu'un métavers ne captera pas nécessairement l'ensemble de ces données.

2.5.2 NOUVELLES INFORMATIONS CALCULÉES

À partir des données collectées, il est possible de **calculer des informations comme certains aspects du comportement, voire des émotions**, d'un utilisateur. En outre, le choix même de l'avatar peut révéler certains aspects de nos imaginaires⁸⁹. Il convient cependant de souligner l'obligation de prendre du recul sur la réalité et la précision de ces informations calculées à partir de modèles computationnels qui ne sont pas parfaits. Il est donc plus correct de parler d'**estimations** de comportements ou d'émotions. Il convient néanmoins de relever que, même si on ne peut pas reconstruire la « vraie » émotion, il peut résulter de ces calculs des risques de manipulation de l'utilisateur et de violation de son intimité. Ces informations renseignent en effet sur l'état émotionnel interne d'une personne, comme sa réaction subjective à un objet, une personne ou une situation ; elles sont calculées à partir de données quantitatives et qualitatives, telles que des mesures physiologiques (fréquence cardiaque, réponse électrodermale), des expressions faciales, des paroles et des déclarations explicites de sentiments.

87. *Brain Computer Interface* ou BCI en anglais. *Brain-Computer Interfaces 1: Foundations and Methods*, Editors : Maureen Clerc, Laurent Bougrain, Fabien Lotte, 2016. ISTE.

88. Contrairement à ce qu'affirment certains qui parlent de « lecture dans les pensées », ou de « transfert de mémoire d'une personne » qui ne sont aujourd'hui que de la science-fiction.

89. S. Tisseron., F. Tordo (2021), *Comprendre et soigner l'homme connecté*, Dunod, p. 158.

DONNÉES ÉMOTIONNELLES

Plusieurs techniques de collecte et traitement de données émotionnelles ont été proposées dans la littérature ces dernières années⁹⁰. Leurs applications dans la recherche sur le comportement humain et la détection des émotions est très large : par exemple, prise en compte de la variabilité de la fréquence cardiaque corrélée avec les changements d'état d'éveil chez les conducteurs de véhicules lors de la détection de points critiques sur un itinéraire, de l'activité électrodermale pour mesurer le stress causé par la charge cognitive sur le lieu de travail, de l'électroencéphalogramme pour évaluer l'engagement dans un contenu audiovisuel, de l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle pour enregistrer l'activité cérébrale de participants engagés dans des tâches sociales par rapport à des tâches mécaniques ou analytiques. En outre, on utilise la spectroscopie fonctionnelle basée sur les infrarouges comme mesure directe de l'activité cérébrale liée aux processus de prise de décision dans les théories de l'approche et de l'évitement, l'oculométrie (*eye-tracking*) pour mesurer les processus cérébraux subconscients qui montrent des corrélations avec le traitement de l'information dans les décisions risquées, l'analyse de l'expression faciale pour détecter les réponses émotionnelles dans les environnements d'apprentissage en ligne⁹¹ et la reconnaissance des émotions vocales pour détecter le stress et l'anxiété dans les interactions téléphoniques dans des centres d'appels d'urgence ou pour détecter les troubles dépressifs.

Le problème de la reconnaissance des émotions à partir d'images faciales repose actuellement⁹² sur des méthodes dites classiques ou sur des approches basées sur des réseaux neuronaux. Les méthodes classiques (par exemple, le traitement traditionnel des images, la reconnaissance des formes et divers classificateurs) sont basées sur un processus de conception des caractéristiques (*features*). Les approches basées sur les réseaux neuronaux, quant à elles, permettent d'apprendre des caractéristiques à partir des données. En particulier, les réseaux neuronaux convolutifs extraient les caractéristiques

de l'image faciale traitée en entrée qui sont ensuite classifiées par un autre réseau neuronal⁹³. Actuellement, les approches les plus performantes, que ce soit en vision, en parole ou pour des approches multimodales, utilisent des *transformers*⁹⁴ qui sont des réseaux de neurones avec des mécanismes d'attention comme par exemple dans cette approche de détection multimodale des émotions à partir de la voix et de la parole dans des centres d'appels d'urgence⁹⁵.

La combinaison de la RV avec les méthodologies traditionnelles d'autodéclaration a permis d'affiner la compréhension des émotions dans des scénarios simulés du monde réel⁹⁶. L'intégration de données biométriques telles que l'électroencéphalogramme et l'électrocardiogramme dans les cadres de RV offre une vision plus riche et multidimensionnelle des réponses émotionnelles⁹⁷. En outre, les efforts récents visant à fusionner la technologie de suivi oculaire et la RV annoncent de nouvelles voies pour la recherche sur les émotions, bien qu'elles s'accompagnent de nombreux défis⁹⁸.

2.5.3 TRANSFERT ÉMOTIONNEL

Une question importante liée aux données émotionnelles et à leur utilisation dans un métavers porte sur le transfert émotionnel qui a lieu lorsque l'utilisateur associe des émotions à des entités (par exemple des avatars) dans le métavers⁹⁹. Ce transfert émotionnel est une caractéristique particulière des systèmes de réalité virtuelle dans lesquels l'utilisateur est complètement immergé dans une réalité où il est invité à associer des réactions empathiques comme dans la vie réelle. Le transfert émotionnel se manifeste notamment de deux manières : d'une part, dans le but de rendre crédible l'avatar agissant dans la réalité virtuelle et qui interagit avec l'utilisateur dans cette réalité, et d'autre part, dans le but d'influencer le comportement de l'utilisateur dans sa « vraie vie », dans des contextes différents tels que les traitements thérapeutiques des troubles mentaux ou la manipulation visant à influencer ses décisions. Dans ce premier cas, le transfert émotionnel permet de mémoriser et d'exploiter les émotions ressenties dans des applications de thérapie comportementale pour des personnes souffrant d'anxiété

90. J. Marin-Morales, C. Llinares, J. Guixeres, M. Alcañiz (2020), Emotion Recognition in Immersive Virtual Reality: From Statistics to Affective Computing. *Sensors*, 20(18):5163.
91. L. Devillers, L. Vidracsu, L. Lamel (2005), Challenges in real-life emotion annotation and machine learning based detection, *Journal of Neural Networks*, 18 (4), 407-422.
92. F. Z. Canal, T. Rossi Müller, J. C. Matias, G. G. Scotton, A. Reis de Sa Junior, E. Pozzebon, A. C. Sobieranski. (2022), Survey on facial emotion recognition techniques: A state-of-the-art literature review, *Information Sciences*, Volume 582, , pp. 593-617.
93. P. Tzirakis, G. Trigeorgis, M. A. Nicolaou, B. W. Schuller, S. Zafeiriou (2017), End-to-end multimodal emotion recognition using deep neural networks. *IEEE J. Sel. Top. Signal Process.* 11.
94. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, et al. (2017), "Attention is All you Need", *Advances in Neural Inform. Process. Systems*.
95. T. Deschamps-Berger, L. Lamel, L. Devillers (2023), Exploring Attention Mechanisms for Multimodal Emotion Recognition in an Emergency Call Center corpus. ICASSP 2023, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing.
96. Felnhofner, O. D. Kothgassner, M. Schmidt, A. K. Heinzle, L. Beutl, H. Hlavacs, et al. (2015), Is virtual reality emotionally arousing? investigating five emotion inducing virtual park scenarios. *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 82, 4856.
97. K. Ito, S. Usuda, K. Yasunaga, M. Ohkura (2017), Evaluation of « feelings of excitement » caused by a VR interactive system with unknown experience using ECG. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 585, 292302.
- J.P. Tauscher, F. W. Schottky, S. Grogoric, P. M. Bittner, M. Mustafa, M. Magnor (2019), Immersive EEG: Evaluating Electroencephalography in Virtual Reality. Osaka, Japan: IEEE, 17941800.
98. M. Gori, L. Schiatti, M. B. Amadeo (2021), Masking emotions: face masks impair how we read emotions. *Front. Psychol.* 12:669432.
- L. Tabbaa, R. Searle, S. M. Bafti, M. M. Hossain, J. Intarasisrisawat, M. Glancy, et al. (2021), Vreed: Virtual reality emotion recognition dataset using eye tracking & physiological measures. *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.* 5, 2. 10.1145/3495002.
99. A. Grinbaum et L. Adomaitis (2022), « Moral Equivalence in the Metaverse », *Nanoethics* 16, 257-270.

ou de phobies¹⁰⁰ en les exposant de façon progressive et maîtrisée à l'objet de leurs craintes (animaux, vide, altitude, agresseurs potentiels...). Le transfert émotionnel est réalisé d'un point de vue informatique avec l'identification et la classification automatique des émotions ressenties par l'utilisateur. Ces émotions sont ensuite utilisées pour créer une coordination mutuelle des états émotionnels de l'utilisateur et des entités numériques qui peuplent le métavers afin de générer de l'empathie chez l'utilisateur.

ENCART

EXEMPLES DE TRANSFERT ÉMOTIONNEL EN IMMERSION

Les cinéastes Chris Milk et Gabo Arora sont les co-créateurs de *Clouds Over Sidra*, un court-métrage parrainé par les Nations Unies, au format vidéo VR 360°, qui raconte l'histoire de Sidra, une jeune Syrienne de douze ans dans un camp de réfugiés en Jordanie. Il vise à sensibiliser à la crise humanitaire provoquée par la guerre en Syrie. Le Haut Commissariat des Nations Unies pour les Réfugiés a également utilisé la réalité virtuelle dans plusieurs campagnes de financement et de sensibilisation. En outre, d'autres organisations de la société civile ont poursuivi l'idée de la réalité virtuelle en tant que « machine à empathie ». Par exemple, des ONG internationales de défense des droits des animaux comme *Animal Equality* (qui a mis en place le projet iAnimal utilisant la réalité virtuelle pour transporter les gens dans de véritables abattoirs et fermes d'élevage intensif afin de témoigner de la vie de nombreux animaux dans l'industrie de la viande et des produits laitiers d'un point de vue à la première personne) et *People for the Ethical Treatment of Animals* (avec les projets de RV I, Chicken, I, Orca, et Eye to Eye) illustrent le pouvoir de la réalité virtuelle pour favoriser l'empathie (dans ces cas, pour les êtres non-humains).

100. A. Gorini, F. Pallavicini, D. Algeri, C. Repetto, A. Gaggioli, G. Riva (2010), Virtual reality in the treatment of generalized anxiety disorders. *Stud. Health Technol. Inform.* 154, 3943.

3. ENJEUX D'ÉTHIQUE

Certains enjeux d'éthique associés aux jeux vidéo, réseaux sociaux numériques et applications de réalité virtuelle concernent les métavers, possiblement de manière amplifiée, du fait par exemple que d'autres types de données sont collectés. Cependant, les métavers présentent des enjeux d'éthique spécifiques qu'il convient de cerner, en prenant en compte les incertitudes relatives à leur déploiement : il s'agit en effet de technologies émergentes dont l'ampleur du développement, les usages, les modalités d'accès et les différents coûts restent difficiles à évaluer à l'heure actuelle, notamment dans la durée.

Un enjeu fondamental est celui de la modification potentielle de la condition humaine : en quoi une immersion fréquente dans un univers numérique, s'accompagnant d'un isolement sensoriel possiblement total (vision, audition, toucher) vis-à-vis de l'environnement physique, est-elle susceptible de transformer la vie humaine en une forme de « jeu numérique permanent » ? En quoi les relations à autrui (école, travail, services, culture, relations amoureuses et amicales, etc.) peuvent-elles être transformées lorsqu'il existe une incitation renforcée à faire ces rencontres par le truchement d'avatars ? Pourrait-on observer une perception de la réalité largement modifiée, voire un refus de la réalité ? En effet, dans un métavers, on pourrait satisfaire ses pulsions et désirs sans souci des conséquences pour les autres, ni de ses propres responsabilités, notamment juridiques ; ne pas connaître la frustration ni l'échec ; avoir une personnalité et une apparence conformes à ses envies ; côtoyer des avatars particulièrement réalistes de personnes décédées. De plus, on peut déjà anticiper une nouvelle source de différences entre les personnes qui peuvent (financièrement, physiquement, cognitivement) utiliser les métavers et ceux qui ne peuvent ou ne veulent pas le faire, qui seront *de facto* exclues de ces mondes et de tout ce qui s'y passe¹⁰¹. Cet aspect illustre le fait que les métavers auront des effets non seulement sur leurs utilisateurs mais aussi sur les personnes qui ne les utilisent pas (on les appelle parfois non-utilisateurs).

Un autre enjeu fondamental est encore la condition de la « Polis », au sens de la Cité, de l'État et plus largement du monde, qui est susceptible d'être changée par ces univers immersifs pour lesquels certains concepteurs nourrissent des ambitions quasi-politiques. Il est permis d'imaginer que certains métavers seront présentés comme des substituts partiels aux organisations politico-juridiques telles que nous les connaissons aujourd'hui. De nouvelles communautés pourraient apparaître avec des règles de vie et de fonctionnement potentiellement autarciques ainsi que

de nouveaux codes culturels, à l'image des sectes (dont certaines seront présentes dans des métavers). De façon plus spéculative, on pourrait craindre que, par sa force intégrative et la séduction qu'il exerce, l'univers immersif soit en mesure de concurrencer les États dans leurs fonctions régaliennes (institution d'une monnaie propre, d'un système réglementaire, d'une police et de tribunaux, d'impôts)¹⁰². Il convient dès lors de réfléchir à l'impact potentiel de ces univers sur le plan collectif et sociétal en interrogeant, le cas échéant, leur compatibilité avec le modèle des démocraties libérales en France et en Europe, notamment sous l'angle des principes et des valeurs. De plus, il convient de veiller à ce que les valeurs démocratiques telles qu'elles sont promues par l'Union Européenne (libéralisme, protection des droits fondamentaux, respect des minorités) ne soient pas remises en cause par ces nouvelles formes de communautés¹⁰³.

Un troisième enjeu majeur pour les métavers est leur impact environnemental, aujourd'hui insoutenable en cas de massification de la fréquentation de métavers ouverts à tous (*cf. section 3.3 Enjeux concernant l'environnement*). Ceci pose clairement la question des limites, que l'on peut rapprocher, dans le langage de l'éthique des vertus, de la tempérance ou la sobriété, et de l'équité en matière d'accès au métavers. Cet aspect revêt une dimension éthique éminemment collective en articulant acceptation sociale, solidarité à l'échelle planétaire et responsabilité pour l'avenir de l'humanité et de la biosphère.

En outre, il existe des tensions entre les principes — et les exigences qui en découlent — en particulier :

- la soutenabilité environnementale peut s'opposer à la liberté d'innover : la course à l'innovation à laquelle sont susceptibles de se livrer les exploitants et fabricants des métavers, parfois avec les incitations de l'action publique, pourrait avoir une incidence majeure sur l'environnement¹⁰⁴ ;
- la soutenabilité environnementale peut s'opposer au principe de justice, qui se traduit par la possibilité de favoriser l'accès aux métavers pour le plus grand nombre de personnes¹⁰⁵ ;
- la liberté d'innover, conduisant à développer tout type de dispositifs et d'expériences immersives, peut s'opposer à la protection de l'intégrité physique et psychique des personnes ;
- le respect de l'autonomie humaine¹⁰⁶, qui se traduit par la liberté offerte à une personne d'utiliser l'ensemble des fonctionnalités à sa disposition comme elle l'entend, peut s'opposer au principe de non malveillance, dans le cas, par exemple, où le fabricant ou l'exploitant d'un métavers ne met pas à disposition certaines fonctionnalités pour

101. On peut par exemple penser à des parents qui seraient démunis face aux comportements des utilisateurs d'un métavers et des effets sur leurs enfants parce que ne possédant pas les codes culturels et/ou l'expérience nécessaires pour les comprendre.

102. D. Boulier & G. Guinard (2022), Métavers, vers l'exploitation virtuelle, <https://aoc.media/analyse/2022/10/18/metavers-vers-l'exploitation-virtuelle/>

103. Des métavers sectaires, communautaristes, complotistes pourraient faire l'apologie de certaines pratiques légalement interdites (incitation à la haine, au terrorisme) ou diffuser de fausses informations destinées à déstabiliser les démocraties (la désinformation massive, de mouvance conspirationniste, qui existe sur internet et certaines plateformes, pourrait être amplifiée dans le cadre d'un univers immersif). Ou encore des métavers « sécessionnistes » ne reconnaissant aucune forme d'autorité étatique.

104. Le Groupe d'experts de haut niveau en IA nommé par la Commission européenne en 2019 a expressément identifié dans ses lignes directrices le « bien-être sociétal et environnemental » comme une exigence.

105. Ce principe a été retenu dans le rapport du Conseil d'État au Premier ministre sur l'intelligence artificielle et l'action publique. <https://www.conseil-etat.fr/publications-colloques/etudes/intelligence-artificielle-et-action-publique-construire-la-confiance-servir-la-performance>

106. Appelé encore principe d'autonomie : capacité de l'être humain à agir sur les outils et les données. Voir les lignes directrices du groupe d'experts de haut niveau mis en place par l'Union européenne <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>

éviter des comportements malveillants ou bien où il met en œuvre des interfaces manipulatoires :

- la volonté de l'utilisateur de protéger ses données personnelles, notamment ses données sensibles (données physiologiques), tout en ayant accès à l'ensemble des fonctionnalités d'un métavers, peut s'opposer à la politique d'accès aux fonctionnalités du métavers en échange du consentement à l'exploitation des données personnelles de l'utilisateur.
- une exigence de distinction claire entre avatar contrôlé par un utilisateur humain et avatar contrôlé par un système numérique peut s'opposer à la liberté d'entreprendre d'un exploitant de métavers lui permettant, dans son intérêt, de peupler son monde 3D d'entités dont on ne sache pas identifier le contrôleur.

L'AUTONOMIE

Ainsi que le révèle son étymologie (du grec *autos* « soi-même », et *nomos*, « loi »), le mot *autonomie* implique la capacité d'une entité à se donner ses propres lois. Appliquée aux personnes physiques, l'autonomie désigne la capacité d'un être humain à décider lui-même des règles de comportement qu'il adopte. Elle présente alors des liens étroits avec l'exercice des droits fondamentaux, ainsi que certaines valeurs et principes (comme la souveraineté individuelle à l'ère du numérique), que l'éthique tout autant que le droit s'efforcent de sauvegarder.

L'autonomie est toutefois un terme ambivalent en ce qu'il est utilisé dans des contextes philosophique, éthique, juridique et technologique, et qualifie aussi bien les machines (par exemple, les robots dits autonomes ou les véhicules dits autonomes) que les personnes, qu'elles soient physiques ou morales. Précisons que l'« autonomie » des machines — avec tout ce que ce terme recouvre de critiquable — est souvent perçue comme un risque, tandis que l'autonomie des personnes est envisagée, en particulier dans le cadre de l'éthique du numérique, dans un sens évidemment positif. Dans le cas des machines, parler d'autonomie est un abus de langage car les dispositifs technologiques qualifiés d'autonomes correspondent plutôt à de l'automatisation¹⁰⁷.

Il convient de préciser par ailleurs, comme le suggèrent certains philosophes, que l'autonomie de la volonté ne saurait être érigée à titre de norme car il s'agit d'un idéal régulateur jamais atteint, quoique désirable. En d'autres termes, c'est un « horizon vers lequel il faut tendre et non une possession de la personne »¹⁰⁸.

Enfin, relevons que l'autonomie, dans le contexte du numérique en général et des métavers en particulier, ne saurait conférer à la personne une totale liberté d'action dès lors que la personne ne saurait être considérée comme un sujet moral isolé, seul face à sa conscience, coupé du monde et des autres. Il en découle des limitations à l'autonomie commandées par le respect de la liberté des autres.

107. CNPEN (2021), Avis n°2, Véhicules autonomes : enjeux d'éthique. <https://www.ccne-ethique.fr/fr/publications/cnpn-le-vehicule-autonome-enjeux-dethique>

108. J-G. Ganasia (2022), *Servitudes virtuelles*, *Seuil*.

3.1 ENJEUX CONCERNANT LA PERSONNE

Réaliser une expérience immersive dans un métavers n'est absolument pas neutre pour la personne qui la réalise¹⁰⁹ ; il convient donc de s'intéresser aux conséquences tant physiologiques que psychologiques qu'elle peut engendrer chez certains utilisateurs. Les métavers étant en cours de déploiement, il n'existe pas encore d'études couvrant la totalité de ces effets et surtout leur impact dans la durée. Il est toutefois déjà possible d'identifier certains risques à partir des travaux existants sur les technologies et applications préexistantes, principalement la réalité virtuelle. Ces effets sont susceptibles d'être amplifiés dans les cas où l'utilisateur réalise une expérience immersive en étant **isolé** (par exemple seul à son domicile), ce qui ne lui permet pas de bénéficier de l'aide d'un tiers comme dans un contexte professionnel d'utilisation de la réalité virtuelle. Même si les preuves scientifiques sont encore incomplètes, les enjeux physiologiques et psychologiques sont tels qu'il revient d'ores et déjà aux pouvoirs publics de suivre un **principe de précaution** pour imposer des mesures de protection adaptées dans le déploiement des métavers.

3.1.1 ENJEUX PHYSIOLOGIQUES ET PSYCHOLOGIQUES

3.1.1.1 ENJEUX PHYSIOLOGIQUES

Il faut commencer par les enjeux physiologiques en consultant les études existantes consacrées à l'utilisation de la réalité virtuelle, et de façon plus éloignée, des outils numériques, notamment des smartphones. Les valeurs qu'il convient d'identifier en matière d'enjeux physiologiques sont la transparence, le bien-être physique, la santé et le respect de l'intégrité de la personne. Les recommandations qui suivent visent à les préserver.

On peut commencer par évoquer les conséquences d'une exposition importante aux outils numériques, qui a connu une très forte augmentation avec l'adoption massive des téléphones portables, en particulier chez les plus jeunes. D'autres facteurs comme la lumière bleue¹¹⁰, le manque d'exposition à la lumière naturelle, l'augmentation de la sollicitation de la vision de près et la sédentarité ont conduit à une forte augmentation de la myopie dans le monde¹¹¹.

Il faut considérer les enjeux en particulier pour les enfants et adolescents, dont le système psycho-visuel est encore en développement. Dans un rapport publié en 2021¹¹², l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a pointé des risques de

perturbation de ce développement causés par l'exposition aux technologies de réalité virtuelle et de réalité augmentée.

Plus généralement, la vision humaine peut être perturbée par l'utilisation d'un casque de visualisation du fait d'un conflit entre convergence et accommodation. Pour bien percevoir un objet, notre système visuel repose sur deux mécanismes qui sont naturellement reliés :

- la convergence : les yeux tournent vers le nez (resp. les oreilles) si l'objet est proche (resp. loin) ;
- l'accommodation : le cristallin de notre œil se déforme pour ajuster la mise au point en fonction de l'éloignement de l'objet.

Avec un casque de visualisation stéréoscopique, l'utilisateur converge sur l'objet qui l'intéresse mais accommode à la distance focale des écrans pour obtenir une image nette. En effet, pour donner l'impression à l'utilisateur que les écrans sont loin de ses yeux (alors qu'ils ne sont qu'à quelques centimètres), les systèmes optiques utilisés font une mise au point à une distance constante (souvent quelques mètres). La différence entre ces deux distances rompt la coordination entre les deux mécanismes, ce qui peut provoquer de la gêne, de la fatigue, voire des maux de tête dans certains cas.

Par ailleurs, un mauvais réglage ou une mauvaise fixation du casque peut amplifier ces problèmes en causant des décalages de perception supplémentaires :

- horizontalement, si la distance entre les deux écrans n'est pas proche de la distance entre les yeux (distance interpupillaire),
- verticalement, si le casque n'est pas bien horizontal.

Ces effets, et plus globalement, ceux de la vision stéréoscopique, sont étudiés dans un rapport ANSES publié en 2014¹¹³. Il faut également mentionner une mauvaise perception des distances dans le monde numérique 3D qui peut altérer la perception du relief.

Par ailleurs, la **cybercinétose**¹¹⁴ provoque chez certains utilisateurs une gêne allant de l'inconfort jusqu'au malaise dans les cas les plus importants, parfois associés à de la fatigue, après une expérience en réalité virtuelle. Notre équilibre et notre orientation spatiale sont gérés par notre système vestibulaire composé d'un ensemble d'organes de perception situés dans l'oreille interne. Les incohérences entre les systèmes visuel et vestibulaire sont la principale cause de la cybercinétose, notamment lorsque le cerveau de l'utilisateur perçoit des mouvements en réalité virtuelle alors qu'il est immobile.

Ces dissonances peuvent être amplifiées en fonction des systèmes de réalité virtuelle. Par exemple, si l'utilisateur tourne la tête d'un quart de tour et qu'il voit une image décalée d'un angle significativement différent de 90° ou qui est affichée avec un retard perceptible, le conflit sensoriel

109. C'est une des raisons principales pour lesquelles le terme « virtuel » n'est pratiquement jamais utilisé dans cet avis : les impacts sur l'environnement et sur les personnes sont bien réels et pas imaginaires (cf. *encart Terminologie Section 1.1.4 Approche retenue*).

110. ANSES (2019), Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED). <https://www.anses.fr/fr/content/led-les-recommandations-de-l-e2%80%99anses-pour-limiter-l-e2%80%99exposition-%C3%A0-la-lumi%C3%A8re-bleue>.

111. E. Dolgin (2015), The myopia boom, *Nature*, 519, 276-278, <https://www.nature.com/articles/519276a>.

112. ANSES (2021), Réalité virtuelle, réalité augmentée : quels risques, quelles bonnes pratiques adopter ?, <https://www.anses.fr/fr/content/r%C3%A9alit%C3%A9-virtuelle-r%C3%A9alit%C3%A9-augment%C3%A9e-quels-risques-que-les-bonnes-pratiques-adopter>.

113. ANSES (2014), Effets sanitaires potentiels de technologies audiovisuelles en vision 3D stéréoscopique, <https://www.anses.fr/fr/content/avis-et-rapport-de-l-e2%80%99anses-relatif-aux-%C2%AB-effets-sanitaires-potentiels-des-technologies>.

114. Parfois qualifiée de « mal de l'espace 3D » par analogie avec le mal des transports. En anglais, on parle de *cybersickness*.

sera amplifié. Cette même observation peut être faite si l'utilisateur subit des déplacements importants dans la scène imaginaire (par exemple sur un parcours de montagnes russes). Une trop faible fréquence d'affichage des images est une des principales sources d'apparition de la cybercinétose. Des chercheurs ont ainsi montré qu'une fréquence minimale d'une centaine d'images par seconde minimise fortement les risques de cybercinétose¹¹⁵. Notons néanmoins qu'une telle fréquence n'est actuellement possible que dans la configuration où un ordinateur est directement relié à un casque. Dans le cadre des métavers, la configuration est différente puisque les images transitent à travers un réseau comme Internet entre le site du métavers et le casque, ce qui limite la fréquence disponible. Par ailleurs, il faut remarquer que l'augmentation de cette fréquence conduit aussi à amplifier les consommations induites par le transfert de ces images (cf. 3.3 Enjeux concernant l'environnement).

Les professionnels qui utilisent la réalité virtuelle connaissent depuis longtemps ces symptômes et surveillent leur éventuelle apparition pour immédiatement arrêter l'expérience et proposer du repos à l'utilisateur. Même en l'absence de ces manifestations, il est recommandé de ne pas entreprendre certaines activités comme la conduite d'un véhicule juste après une séance immersive (ces recommandations sont d'ailleurs très souvent inscrites par les fabricants de casques dans leur notice d'utilisation).

Enfin, il faut mentionner le risque de chute en cas de port d'un casque de réalité virtuelle. D'abord, parce que si l'utilisateur se déplace pendant l'expérience, sa vision est occultée et il ne voit pas les éventuels obstacles dans son environnement. Ensuite, parce que certaines conditions (par exemple un parcours sur des montagnes russes)¹¹⁶ peuvent provoquer une perte d'équilibre entraînant une chute, même à partir d'une position assise.

Il n'est pas inutile de préciser que si la plupart de ces symptômes peuvent augmenter avec le temps d'exposition, les mêmes effets pourront avoir tendance à diminuer avec la répétition des expériences immersives¹¹⁷. C'est le phénomène qualifié d'habituation qui désigne un processus, mal connu, d'apprentissage.

L'utilisation de la réalité virtuelle comporte d'autres risques sanitaires dont les effets sont avérés, et qui peuvent persister après l'exposition. Comme le relève l'ANSES dans son rapport de 2021¹¹⁸, au niveau sensori-moteur, il est possible de constater une altération de l'habileté manuelle ou de la capacité à orienter son corps (perte de la motricité) ainsi qu'une perturbation des rythmes circadiens (difficultés

d'endormissement). Il existe potentiellement d'autres effets sanitaires insuffisamment documentés, et sur lesquels il serait souhaitable de conduire des études, comme les troubles musculo-squelettiques (TMS), des effets neurologiques et un risque accru de subir des accidents¹¹⁹.

Sans attendre le résultat de ces études, il convient de prendre en compte dès à présent l'expérience acquise par les professionnels (chercheurs, ingénieurs) qui travaillent sur la réalité virtuelle depuis des décennies. À cet égard, et compte tenu de la potentielle utilisation massive des métavers, les bonnes pratiques qui existent dans les milieux professionnels devraient être largement diffusées auprès du grand public.

3.1.1.2 ENJEUX PSYCHOLOGIQUES

Dépendance

Le premier enjeu souvent cité dans le cadre des métavers est le risque « d'addiction » de certains utilisateurs qui ne pourraient plus se déconnecter de ces mondes numériques et perdraient ainsi le sens des réalités. Comme il n'existe pas encore d'étude spécifique à ce sujet, il est utile de se référer au domaine des jeux vidéo en ligne qui partagent un certain nombre de similarités avec les métavers (cf. Section 2.1.3.1 *Similarités*) tout en étant différents, notamment par la diversité des applications et la nature du public concerné. Est par exemple souvent évoqué le cas de d'un joueur compulsif qui aurait laissé mourir de faim son enfant de peur de « perdre » des moments importants du jeu¹²⁰. Sans nier ces cas extrêmes fort rares, il convient d'aborder ce sujet avec prudence. En effet, le phénomène d'addiction est décrit de façon très précise par la communauté psychiatrique dans un document de référence, le DSM¹²¹, qui, à l'heure actuelle, ne mentionne pas le numérique en général comme une source d'addiction, à défaut d'études épidémiologiques le démontrant clairement. Cependant, les experts évaluent entre 1 et 5 % les utilisateurs atteints de troubles graves, dont près de la moitié souffrant de conséquences délétères sur la santé et les relations sociales. Selon certaines études, une utilisation intensive des jeux ou des réseaux sociaux numériques¹²² est susceptible d'entraîner perte de contrôle, perte d'intérêt pour d'autres activités, mensonge (y compris à soi-même), dissimulation de la durée de sa pratique, pertes de relations ou d'opportunités importantes, dégradation de la qualité du sommeil, etc.¹²³. En 2019¹²⁴, l'OMS a ajouté le « trouble du jeu vidéo » à la classification statistique internationale des maladies et des problèmes connexes (CIM 11) qui tient lieu de document de référence internationale¹²⁵.

115. J. Wang, R. Shi, W. Zheng, W. Xie, D. Kao and H. -N. Liang (2023), "Effect of Frame Rate on User Experience, Performance, and Simulator Sickness in Virtual Reality," in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 29, no. 5, pp. 2478-2488, doi: 10.1109/TVCG.2023.3247057.

116. <https://www.youtube.com/watch?v=r7-hmtO1Moo> et <http://www.youtube.com/watch?v=Olgnn19Ajvs#t=79>

117. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2017SAO076Ra.pdf>

118. ANSES (2021), Avis relatif aux « effets sanitaires liés à une exposition aux technologies de réalité virtuelle et/ou de réalité augmentée ». Rapport d'expertise collective.

119. *Ibid.*

120. https://www.liberation.fr/planete/2014/04/15/un-sud-coreen-accro-aux-jeux-video-laisse-son-fils-mourir-de-faim_997828/

121. Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux et des troubles psychiatriques, <https://fr.wikipedia.org/wiki/DSM-5>

122. Un rapport sénatorial sur l'utilisation de TikTok décrit « un enjeu de santé publique au regard des inquiétudes sur les effets psychologiques de TikTok ». <https://www.senat.fr/notice-rapport/2022/r22-831-1-notice.html>

123. Addiction aux écrans, mythe ou réalité ? <https://www.u-bordeaux.fr/actualites/Addiction-aux-%C3%A9crans-mythe-ou-%C3%A9alit%C3%A9> - Adde, M. Boudard, Item Response Theory Analyses of Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5) Criteria Adapted to Screen Use Disorder: *Exploratory Survey*, 27.7.2022 in *Vol 24*, No 7 (2022) : July

124. <https://www.drogues.gouv.fr/loms-reconnait-officiellement-le-trouble-du-jeu-video-gaming-disorder>

125. <https://www.who.int/fr/news-room/questions-and-answers/item/gaming-disorder>

Il apparaît donc que la question de la dépendance aux mondes numériques immersifs doit être étudiée de façon rigoureuse et en dehors de toute actualité médiatique pour en comprendre les causes profondes¹²⁶ pour ensuite en déduire des politiques de prévention et de traitement en cas de risque avéré de dépendance.

En parallèle, il incombe aux fabricants de métavers d'adopter des principes de conception pour éviter d'encourager, voire de renforcer cette dépendance. En effet, si l'on observe des systèmes proches comme les jeux vidéo en ligne, on trouve souvent des mécanismes (*dark patterns*) — récompenses, concours de « fidélité », publicités ciblées, relances en cas d'inactivité... — incitant les joueurs à rester connectés sur de longues durées. En mars 2023, la société Epic Games éditrice du jeu FortNite a été condamnée aux États-Unis par la Commission Fédérale du Commerce à une forte amende pour avoir utilisé des *dark patterns* afin d'influencer des décisions d'achat et laisser des enfants faire des dépenses sans aucune autorisation parentale¹²⁷. La captologie est également envisagée dans le cadre du design des services numériques¹²⁸. Il convient en outre de mentionner une initiative du Parlement européen relative à la conception d'interfaces addictives par les services en ligne. Il part du constat selon lequel dans l'économie de l'attention qui prévaut aujourd'hui, certaines entreprises technologiques se servent de la conception et des fonctionnalités des systèmes afin de capter l'attention de leurs utilisateurs et d'augmenter le temps qu'ils passent sur leurs services. Il est notamment fait référence aux notifications, au défilement infini, aux mécanismes de personnalisation et suscitant l'interaction ou encore au recours au test A/B (*A/B testing*)¹²⁹. Le Parlement européen relève ensuite qu'il peut en résulter un « risque de dépendance aux médias sociaux » préjudiciable pour toutes les personnes, ce qu'il convient de mieux analyser en conduisant des recherches « pour mieux comprendre les questions sous-jacentes et l'incidence des services en ligne, et identifier les solutions envisageables ». Il encourage ainsi la Commission européenne à compléter la législation afin de mieux saisir les cas d'exploitation de vulnérabilité psychologique dans la conception d'interfaces numériques. À cet égard, il pourrait être envisagé d'interdire les pratiques les plus préjudiciables, de réduire l'asymétrie d'information dans laquelle se situent les utilisateurs ou encore d'imposer aux services numériques une conception respectant certaines exigences éthiques de leurs interfaces et fonctionnalités en établissant une liste de bonnes pratiques¹³⁰. Plusieurs collectifs formulent d'ores et déjà des propositions en ce sens¹³¹. Compte tenu des risques qu'ils présentent, il est important d'inclure les métavers dans le champ de ces études, ce qui pourrait conduire à une évolution du droit de

l'Union européenne afin de mieux protéger les utilisateurs de ces services.

N'oublions pas non plus la responsabilité des communautés de joueurs qui peuvent parfois exercer une pression psychologique sur les membres d'un groupe pour qu'ils restent actifs, notamment dans des phases de combat qui peuvent être très longues, allant dans certains cas jusqu'à leur bannissement en cas de refus.

Ces phénomènes peuvent conduire une personne à modifier l'ordre de ses priorités intrinsèques sous l'influence d'un acteur extérieur, ce qui contredit les principes fondamentaux d'autonomie.

Expériences désagréables ou traumatisantes

Abordons dans un premier temps les situations désagréables, voire douloureuses, comme par exemple des conflits ou des séparations, amicales ou amoureuses, en n'oubliant pas de rappeler que des relations à distance (sans proximité physique) entre deux personnes peuvent également déboucher sur des sentiments forts comme le bonheur ou la tristesse¹³². Favorisées par l'émergence d'outils comme les réseaux sociaux, les systèmes de messagerie et de visioconférence, l'impact émotionnel de conflits ou séparations lié à des relations sans proximité physique pourrait être amplifié dans les métavers pour des raisons déjà évoquées, principalement l'immersion qui favorise l'incarnation d'un utilisateur dans son avatar et son attachement à un autre avatar.

Ce constat peut également s'appliquer aux relations entre une personne physique et un avatar non contrôlé par un être humain. Les systèmes conversationnels (*chatbots*) qui ont connu une forte progression grâce aux progrès de l'IA générative, ont engendré des situations analogues (cf. *Encart L'histoire de Samantha*). La combinaison de cette capacité de dialogue « crédible » avec la puissance d'évocation d'un avatar dans un métavers — son apparence visuelle, son comportement, son langage corporel, sa façon de se déplacer, le son de sa voix — renforcent le phénomène de projection, par rapport à la simple lecture de propos échangés avec un chatbot, et peuvent conduire à un phénomène d'anthropomorphisation.

126. L'addiction n'est pas gravée dans nos cerveaux, L. Ganolopoulo & S. Ahmed (2023), *Journal du CNRS*, <https://lejournalcnrs.fr/articles/laddiction-nest-pas-gravee-dans-notre-cerveau>

127. <https://www.ftc.gov/news-events/news/press-releases/2023/03/ftc-finalizes-order-requiring-fortnite-maker-epic-games-pay-245-million-tricking-users-making> - également S. Tisseron, F. Tordo (2021), Comprendre et soigner l'homme connecté, *Dunod*, p. 89.

128. Le terme « captologie », ou science des technologies persuasives, désigne « l'étude de l'informatique et des technologies numériques comme outil d'influence ou de persuasion des individus » (CNNum, Votre attention s'il vous plaît ! Quels leviers face à l'économie de l'attention?, 2022, p.53) - Adde, *CNIL, Cahiers IP n°6*, La forme des choix, Données personnelles, design et frictions désirables, 2019.

129. Technique consistant à proposer plusieurs variantes d'un même produit ou services qui diffèrent selon un seul critère à un panel de consommateurs afin de déterminer celle qui produit les meilleurs résultats.

130. Parlement européen, Résolution du Parlement européen du 12 décembre 2023 sur la conception addictive des services en ligne et la protection des consommateurs sur le marché unique de l'UE (2023/2043(INI)).

131. V. en particulier Panoptykon Fondation: <https://twitter.com/PeopleVsBigTech/status/1733954797991031250>
Designers Éthiques : <https://beta.designerethiques.org/thematique-design-persuasif/concevoir-sans-dark-patterns>

132. Les métavers en particulier et le numérique en général n'ont pas inventé ce type de relations qui existent depuis fort longtemps, par exemple sous forme épistolaire.

L'HISTOIRE DE SAMANTHA

Durant la pandémie de COVID, un auteur de jeux américain, Jason Roher, développa Samantha, un système conversationnel (*chatbot*¹³³) fondé sur ce qui allait devenir ChatGPT. Puis, afin de donner une suite à cet outil, il mit en ligne en septembre 2020 Project December, un site web permettant à un utilisateur de créer son propre chatbot personnalisé. Ce site attira plusieurs milliers de personnes à la suite d'un article publié en juillet 2023 et qui décrivait le cas d'un homme ayant perdu sa fiancée décédée et qui avait alimenté le site avec des extraits de leurs conversations sur Facebook afin de pouvoir « entretenir des conversations » avec elle qui soient le plus crédible possible.

À la suite de cet afflux d'utilisateurs, J. Roher contacta OpenAI, la société qui développe ChatGPT, afin d'adapter les ressources nécessaires à ces nouveaux traitements. Après plusieurs échanges de courriels, la réponse fut négative et la société décida en septembre 2023 de couper l'accès à ces ressources en invoquant notamment des questions de sécurité et de comportements à connotation sexuelle.

Son auteur décida donc de fermer le site web, ce qui déclencha une vague de réactions négatives sur les réseaux, notamment d'utilisateurs déplorant la perte de leur relation avec leur chatbot.

Il convient ensuite d'évoquer des situations dont les conséquences peuvent être ressenties de façon plus intense par certains utilisateurs d'un métavers comme le « **vol** », qui peut concerner son avatar et ses attributs (vêtements, expériences...) ainsi que les objets, lieux ou services acquis par celui-ci. Même si aucun phénomène de ce type n'a encore été documenté dans le contexte des métavers, il est possible d'envisager des ressentis « d'**enlèvements** » où un malfaiteur prendrait le contrôle d'un avatar, soit pour lui faire réaliser des actions malveillantes en usurpant son apparence, soit pour le restituer à son propriétaire contre le versement d'une rançon. Il faut aussi considérer la possibilité de ressentir de « **meurtre** » en cas d'élimination volontaire d'un avatar par un tiers mal intentionné, fait relaté par certains joueurs dans un contexte de jeu vidéo (on ne parle pas de la disparition d'un personnage suite à un combat mais bien de la prise de contrôle malveillante qui a pour conséquence la destruction d'un avatar et de tous ses attributs (apparence, expériences, achats...)).

Peuvent aussi être envisagés des mécanismes de **bannissement** d'un avatar par l'exploitant de métavers qui peut décider, si un utilisateur enfreint de façon délibérée des règles de vie qu'il a édictées, de supprimer temporairement ou définitivement tout ou partie des capacités de l'avatar. On peut faire une analogie avec l'emprisonnement, où une personne est privée de certains de ses droits, à commencer par la liberté de déplacement, voire avec une exécution capitale en cas de suppression définitive de l'avatar. Encore une fois, ces sentiments ne seront pas ressentis par la totalité des utilisateurs mais il n'est pas possible de les ignorer pour ceux d'entre eux qui en seraient victimes.

Le **harcèlement** ou l'**agression** prennent des formes différentes selon qu'on se situe dans le cadre, bien connu, des réseaux sociaux (lecture de messages, visionnage d'images ou de vidéos) ou des métavers (expériences parfois ressenties comme réelles). Ensuite, et ces modalités sont spécifiques aux métavers, l'utilisateur peut vivre des situations où son avatar est la cible de paroles ou de gestes déplacés, voire agressifs. Par exemple, l'avatar de l'utilisateur peut être brutalement encerclé par plusieurs avatars qui l'insultent avec une voix forte et un discours contenant des composantes corporelles, racistes, religieuses, sexistes, sexuelles¹³⁴. Dans l'hypothèse de gestes « touchant » son avatar, il conviendrait alors de parler de ressenti d'agression sexuelle, comme l'ont déjà relaté des utilisatrices des premiers métavers¹³⁵. À cet égard, on soulignera que, l'incrimination de viol ne saurait être retenue en l'état actuel du droit positif français. En effet, selon l'article 222-23 du Code pénal, elle suppose « un acte de pénétration sexuelle, de quelque nature qu'il soit, ou tout acte bucco-génital commis sur la personne d'autrui ou sur la personne de l'auteur par violence, contrainte, menace ou surprise est un viol ». L'agression sexuelle suscite plus de débat : si elle est définie par l'article 222-22-2 du Code pénal comme « le fait d'imposer à une personne, par violence, contrainte, menace ou surprise, le fait de subir une atteinte sexuelle de la part d'un tiers ou de procéder sur elle-même à une telle atteinte », des discussions portent aujourd'hui sur l'exigence d'un contact physique pour la caractériser¹³⁶.

Par ailleurs, il se développe de nouveaux équipements, tant de captation des mouvements, potentiellement de tout le corps humain, que de synthèse de retours haptiques (force, vibration, chaleur), qui peuvent déboucher sur des agressions physiques « réelles »¹³⁷ s'ils sont détournés par des personnes malveillantes qui ne sont pas munis de dispositifs de protection performants. Ces équipements sont utilisés notamment dans des contextes ludiques, éducatifs, artistiques ou sexuels (sex toys connectés). Dans ce dernier contexte, le détournement peut conduire à des situations se rapprochant de la définition du viol dans le droit français.

133. CNPEN (2021), Avis n°3, Agents conversationnels : enjeux conversationnels-enjeux-d'éthique?taxo=56 d'éthique. <https://www.ccne-ethique.fr/publications/cnpen-agents-conversationnels-enjeux-dethique?taxo=56>

134. Societies 2023, 13(2), 36; <https://doi.org/10.3390/soc13020036>

135. <https://www.sudouest.fr/sciences-et-technologie/metavers-un-avatar-peut-il-etre-agresse-sexuellement-dans-un-univers-virtuel-10411336.php>, <https://mailchi.mp/numerama/peur-de-marcher-seule-dans-le-metaverse?e=693cd93859>, <https://medium.com/athena-talks/my-first-virtual-reality-sexual-assault-2330410b62ee#8lcy2o2bh> <https://www.theguardian.com/technology/2016/oct/26/virtual-reality-sexual-harassment-online-groping-quivr>

136. v. notamment J. Rochfeld, « Le corps de l'avatar. Brèves réflexions sur le traitement juridique de l'incorporation et de la proprioception », Mélanges Dany Cohen, *Dalloz*, 2023.

137. Le New York Times mentionne le cas de la joueuse Mari DeGrazia qui a déclaré avoir subi une agression sexuelle de ce type lorsqu'elle jouait à Population : One (Meta Quest). Elle portait une veste haptique lorsque, sans son consentement, la poitrine de son avatar a été touchée par un autre avatar dans le jeu. https://www.eko.org/images/Metaverse_report_May_2022.pdf; S. Frenkel and K. Browning (2021), The Metaverse's Dark Side: Here Come Harassment and Assaults. *New York Times*, <https://www.nytimes.com/2021/12/30/technology/metaverse-harassment-assaults.html>

Si ces phénomènes d'agression sont bien connus dans un contexte de réseaux sociaux, il faut souligner un **facteur d'aggravation** spécifique aux métavers qui résulte de la perception à la première personne, de l'interaction en temps réel avec l'agresseur et du sentiment d'incarnation dans son avatar (effet Proteus décrit dans la section 2.4 Les avatars) qui accentuent le ressenti négatif. Par ailleurs, il est vraisemblable que, plus un utilisateur investira du temps et de l'argent dans l'entretien de son avatar, plus grande sera la détresse ressentie du fait de certains actes malveillants commis dans le métavers.

Ces actions malveillantes sont le plus souvent rendues possibles en utilisant les fonctions élémentaires du système de métavers (par exemple dans le cas d'agressions verbales ou de gestes déplacés) ou bien dans les espaces dits bacs à sable, où les utilisateurs sont invités à développer leurs propres fonctionnalités. Elles peuvent résulter également de cyberattaques qui exploitent une faille du système, et débouchent sur des actions que le fabricant du métavers n'a pas prévues, comme la prise de contrôle d'un avatar par un tiers. Cela montre la nécessité de mettre en place sans attendre des approches performantes de **cybersécurité** pour les métavers sans oublier leur mise à jour régulière.

Enfin, certains auteurs évoquent les questions de la **déréalisation** (sentiment de détachement de la vie réelle) et de la **dépersonnalisation** (sentiment d'aliénation vis-à-vis de sa propre personne) qui conduisent certains utilisateurs à ne plus distinguer la vie imaginaire dans les métavers de la vie réelle. Sans nier l'importance de ces questions, il faut noter qu'elles ne sont pas, aujourd'hui, suffisamment documentées scientifiquement, principalement par manque d'études sur ces sujets.¹³⁸ ; dans la mesure où on ne connaît pas bien leur taux de prévalence, ni l'ampleur ou la durée de leur apparition, il convient de combler ce manque en développant de nouveaux programmes de recherche.

Pour conclure, rappelons qu'une action, souvent qualifiée de virtuelle parce que réalisée dans un monde numérique, entraîne des conséquences physiologiques ou psychologiques tout à fait réelles. Il ne faudrait donc pas négliger, ou minimiser, les impacts plus ou moins profonds et durables sur certains utilisateurs, pouvant aller jusqu'à la survenance de **traumatismes**¹³⁹ qu'il est nécessaire de considérer comme tels, tant d'un point de vue médical pour les traiter, que juridique pour en sanctionner les auteurs, après avoir consacré de nouveaux types d'incrimination.

RECOMMANDATIONS

Compte tenu des risques d'atteinte à la santé tant physique que mentale des personnes, il convient de recommander la mise en place d'un certain nombre de mécanismes :

Préalablement au développement et à la mise en œuvre

P1 (Aux chercheurs) Développer, aux niveaux français, européen et international, des programmes de recherche multidisciplinaire étudiant les impacts des métavers, tant physiologiques que psychologiques à court, moyen et long terme et visant à formuler des recommandations. Ces recherches devront nécessairement prendre en compte les situations où l'utilisateur est isolé lors de son expérience immersive dans la mesure où l'absence d'accompagnement par un tiers peut amplifier certains de ces effets et en créer de nouveaux. Intégrer des questionnements éthiques dans tous ces programmes, en relation avec les comités d'éthique des institutions de recherche.

Ces projets devraient en particulier porter sur les effets touchant à l'intégrité psychique de la personne tels que la dépendance, le harcèlement, les agressions et les extorsions vécus dans un contexte immersif ou encore la manipulation fondée sur le transfert émotionnel et le recours aux techniques de captologie dans la conception des univers virtuels ;

P2 (Aux pouvoirs publics) Saisir les autorités compétentes, en particulier l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) pour réaliser un suivi de son avis publié en 2021 sur la réalité virtuelle et la réalité augmentée en l'étendant au contexte spécifique des métavers et à l'aune de nouveaux dispositifs.

P3 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux fabricants de métavers de ne pas développer des interfaces contraignant l'utilisateur à rester connecté et, en particulier, lorsque l'utilisateur s'est déconnecté, de ne pas le priver de certaines fonctionnalités lors d'une connexion ultérieure.

P4 (Aux fabricants et aux exploitants) Afin de prendre en compte la possible survenue de situations inconfortables causées par la cybercinétose alors que l'utilisateur est isolé lors de son expérience immersive, mettre en place une procédure lui permettant d'évaluer les principaux facteurs de risque le concernant, en particulier avant la première expérience immersive complète; par exemple, étudier des procédures sous forme de questionnaires ou d'une immersion par étapes successives avec des points d'arrêt et de questionnements.

P5 (Aux fabricants et aux exploitants) Afin de réduire les cyberattaques et le cas échéant leurs effets, mettre en place en continu les mécanismes de cybersécurité nécessaires.

138. <https://metavers-tribune.com/la-realite-virtuelle-peut-induire-des-symptomes-legers-et-transitoires-de-depersonnalisation-et-de-derealisation/>

139. Ces événements peuvent être amplifiés s'ils réactivent des traumatismes enfouis (vécus précédemment).

Avant et pendant l'expérience immersive

- P6** (Aux pouvoirs publics) Imposer aux exploitants de métavers un devoir de d'information, claire et compréhensible, relativement aux effets physiologiques dus à la cybercinétose pouvant survenir pendant ou après une immersion. Ces avertissements doivent être affichés avant la connexion et être disponibles en dehors de toute connexion. En particulier, avertir sur la nécessité de prendre un temps de repos post-immersion avant de reprendre une activité nécessitant une vigilance particulière comme la conduite d'un véhicule.
- P7** (Aux pouvoirs publics) Imposer des mécanismes visant à faire prendre conscience à un utilisateur de son temps de connexion à un métavers ; par exemple, avec l'affichage de cette durée ou du cumul journalier, hebdomadaire ou mensuel.
- P8** (Aux fabricants) Développer des mécanismes de protection (zone d'exclusion, déconnexion immédiate, etc.) clairement identifiés, toujours accessibles et bien décrits dans la documentation.

Aspects réglementaires et juridiques

- P9** (Aux pouvoirs publics) Élaborer la législation permettant de nouvelles incriminations en cas d'expérience traumatisante dans un métavers qu'elle soit psychologique (même en l'absence d'agression physique de l'utilisateur), ou bien physique.

3.1.1.3 SITUATIONS DE VULNÉRABILITÉS ACCRUES

Comme cela a déjà été mentionné, les expériences réalisées dans les métavers seront très variables en fonction du type d'équipement utilisé, des modes d'adhésion et de consentement choisis, ce qui conduira à des conséquences elles aussi variables.

Il est important de décrire une autre forme de variabilité : celle qui concerne les personnes. En effet, chaque utilisateur est différent et une même situation immersive pourra être vécue de façon très diverse par plusieurs personnes. La même remarque s'applique aussi pour une personne unique qui, en fonction de son état (fatigue, intérêt) et du contexte (existence d'une pression extérieure), peut ressentir des effets variables.

Il convient de souligner que le risque de vulnérabilité individuelle est amplifié par le caractère isolé de certains utilisateurs qui, le plus souvent, ne sont pas informés, ni formés, pour faire un usage éclairé des métavers. En outre, certains utilisateurs pourraient ne pas connaître leurs propres vulnérabilités, par exemple en ce qui concerne des troubles non diagnostiqués ou encore d'anciens traumatismes qui seraient enfouis et qui pourraient être réactivés par une expérience immersive¹⁴⁰. Anticiper l'intégralité des effets des environnements immersifs, quel que soit leur degré de gravité ou de probabilité, pour l'ensemble de la population, est une tâche difficile, si ce n'est impossible.

On doit cependant insister sur les situations connues de vulnérabilité potentielle : personnes mineures, âgées ou en situation de handicap, notamment d'origine cognitive. Des risques sanitaires particulièrement graves, tels que des crises d'épilepsie, pèsent sur les utilisateurs qui présentent un terrain favorable à ces crises. Il convient de préciser que, pour les personnes qui ne souffrent pas d'épilepsie, l'exposition à ces environnements n'est, pas plus que les jeux vidéo, de nature à déclencher des crises. Bien que les recherches soient, comme le relève l'ANSES, « insuffisantes pour conclure » à des risques de paranoïa ou de troubles de dissociation induits par la réalité virtuelle, il est recommandé aux personnes souffrant de troubles psychiatriques de type psychotique d'éviter de s'exposer à ces technologies. Enfin, certaines études tendent à montrer que les environnements immersifs peuvent se révéler, à l'inverse, bénéfiques pour certaines personnes avec trouble du spectre autistique (TSA)¹⁴¹. Il convient toutefois de distinguer les expériences menées dans un cadre thérapeutique de l'usage d'un métavers sans le contrôle et la supervision d'un professionnel. Dans ce dernier cas de figure, il existe des risques très élevés d'inconfort dans la mesure où certaines personnes avec TSA peuvent être très sensibles à la lumière et au bruit, et stressées par un environnement inhabituel.

Dans tous ces cas, ces vulnérabilités ne sont que potentielles et ne concernent pas l'ensemble de ces populations.

RECOMMANDATIONS

- P10** (Aux chercheurs) Conformément au préambule de la recommandation P1, développer des programmes de recherche visant à comprendre les effets physiologiques et psychologiques de l'utilisation des métavers spécifiques aux personnes vulnérables ;
- P11** (Aux pouvoirs publics) Imposer aux exploitants de métavers un devoir d'information, claire et compréhensible, relativement aux risques potentiels notamment pour des personnes atteintes de certaines pathologies ou de certains troubles du comportement.
- P12** (Aux pouvoirs publics, aux fabricants et aux exploitants, aux utilisateurs) Recommander aux personnes atteintes de certaines pathologies ou de certains troubles du comportement soit d'éviter l'usage de métavers, soit d'être accompagnées avant, pendant et après l'utilisation d'un métavers à ces différents stades ; formuler des conseils aux aidants sur les risques potentiels des métavers.

140. S. Tisseron, intervention lors de la conférence « Un an après la publication du rapport de la mission exploratoire sur les métavers, 7 novembre 2023, Ministère des Finances (INRIA, CNUM, Direction générale des entreprises).

141. A. Dechsling, S. Orm, T. Kalandadze *et al.* (2022), Virtual and Augmented Reality in Social Skills Interventions for Individuals with Autism Spectrum Disorder: A Scoping Review. *J Autism Dev Disord* 52, 4692–4707. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05338-5>

3.1.1.4 LES ENFANTS ET LES ADOLESCENTS

L'interaction sociale est déterminante dans le développement cognitif et émotionnel de l'enfant et de l'adolescent. Il paraît essentiel de prendre en compte la situation particulière des mineurs, qui sont un public particulièrement vulnérable, quant à l'exposition aux technologies immersives, tant d'un point de vue physiologique que psychologique¹⁴².

Il convient donc de s'interroger sur l'encadrement parental, voire l'interdiction pour les plus jeunes, de ces expériences, de la même façon qu'il existe des limitations pour les jeux vidéo ou les films. Rappelons par exemple que l'usage de dispositifs immersifs comme les casques de visualisation présente des risques sur le **développement du système psycho-visuel** des plus jeunes (cf. *Section 3.1.1.1 Enjeux physiologiques*). Ensuite, dans la mesure où les métavers sont utilisés comme des espaces de rencontres sociales, ces nouveaux types d'interactions immersives ont des effets sur le comportement des personnes physiques, que ce soit au sein d'environnements immersifs *via* leurs avatars ou dans le monde dit réel.

Comme le relève le Comité éthique des données d'éducation (cf. *Annexe 1 - Avis du Comité d'éthique des données de l'éducation*), « Les incidences du recours aux avatars dans les univers virtuels sur la construction et la représentation de soi sont à prendre en compte, particulièrement s'agissant des enfants et adolescents en pleine phase de construction de leur identité. » Certains discours incitent les acteurs de l'Éducation Nationale à se saisir des métavers, et plus généralement des dispositifs de réalité virtuelle, pour « enrichir » la formation scolaire des élèves. Les vertus pédagogiques et culturelles espérées de ces univers immersifs ne sauraient cependant occulter l'importance des interactions physiques dans la construction psychologique et cognitive des enfants et des adolescents, notamment chez les plus jeunes. L'expérience de la crise sanitaire, et la période du confinement, a montré les limites et l'insuffisance des outils numériques pour assurer le bien-être psychologique des écoliers et des étudiants.

Par ailleurs, il faut également prendre en compte les cas de viols, de chantage, de harcèlements, d'agressions **de nature sexuelle**¹⁴³ qui sont décrits par exemple dans le rapport¹⁴⁴ émanant d'une organisation caritative britannique de protection de l'enfance. Rédigé à partir d'un état de l'art scientifique, d'entretiens avec des acteurs (développeurs, victimes, associations d'aide...) et d'observations du fonctionnement des plateformes numériques, il a été présenté et discuté au sein des parlements britannique et européen. Les auteurs expliquent qu'ils pensaient travailler « en avance de phase » pour tenter d'anticiper et laisser le temps aux politiciens, juristes, régulateurs, développeurs de mettre en œuvre des actions de prévention, mais qu'en menant leurs travaux, ils ont réalisé que les risques étaient déjà existants¹⁴⁵. Ils rapportent que la moitié des enfants

abusés dans un monde numérique ne parlent pas de leur expérience, soit par crainte de bannissement de la part de leur communauté ou d'interdiction de la part de leurs parents, soit du fait d'un sentiment de sidération ; il faut souligner qu'une partie de ces enfants en arrivent au suicide. Ils évoquent aussi le phénomène de déréalisation (dissociation entre vie imaginaire et réelle cf. *section 3.1.1.2 Enjeux psychologiques*) observé tant chez des victimes que des agresseurs qui, désinhibés, pensent atténuer leur culpabilité.

On observe deux principaux types de scénarios ; le premier — similaire à ce que l'on observe sur les réseaux sociaux — débute par une rencontre, *via* leurs avatars, entre un mineur et un individu mal intentionné ; ce dernier choisira généralement une apparence et un comportement (notamment langagier) de nature à mettre en confiance son jeune interlocuteur. Les échanges peuvent déboucher sur des rencontres, soit à distance (téléphone, visioconférence), soit dans le monde réel. Si les rencontres restent dans un contexte numérique, l'objectif est d'obtenir des dialogues, des photos, des vidéos de certaines situations (dénudement, « danses explicites », etc.) ; si elles se réalisent dans le monde réel, elles peuvent déboucher sur des actes (paroles, gestes) déplacés, des agressions, des viols.

Le second type de scénario démarre aussi par de premiers échanges *via* des avatars mais peut déboucher — et c'est une spécificité des expériences immersives — sur des actes réalisés dans le métavers. D'abord, en exposant un enfant au travers de son propre avatar à des paroles et/ou des pratiques à caractère sexuel (attouchements, simulations d'actes sexuels, parfois collectifs). Ensuite, en permettant ou en incitant un enfant à visualiser des pratiques sexuelles qui peuvent être non consenties, dégradantes ou violentes, impliquant des avatars tiers dont certains peuvent avoir l'apparence d'enfants ou de connaissances¹⁴⁶. Une fois encore, la vision immersive à la première personne renforce le sentiment de présence, par rapport, par exemple au visionnage d'une vidéo à caractère pornographique dont on connaît les effets néfastes, notamment sur le développement de la sexualité, en « normalisant » des pratiques dégradantes, violentes ou réalisées sans consentement.

Ces pratiques peuvent conduire à de nouvelles formes de prostitution de mineurs qui, par l'intermédiaire de leur avatar, réaliseront des pratiques sollicitées et payées par un client.

Dans les deux types de scénarios, il existe plusieurs façons d'exploiter des enregistrements de ces comportements (numériques ou réels) réalisés par les auteurs de ces actes et ce, au-delà de leur usage personnel. Tout d'abord, les services spécialisés dans la lutte contre la pédo-criminalité observent une recrudescence des tentatives de chantage à la diffusion de ces enregistrements auprès de la famille et des connaissances de la victime pour lui extorquer, soit une somme d'argent, soit un nouvel enregistrement autoproduit par l'enfant où il s'adonne, soit directement, soit *via* son avatar,

142. UNICEF (2023), *The Metaverse, Extended Reality and Children*

143. Les scénarios décrits dans la suite de cette section ne concernent pas uniquement les mineurs ; les adultes, en particulier des personnages publics (politiques par exemple), sont également des cibles potentielles de ces agissements. Cependant, la vulnérabilité potentielle due à leur âge, à une possible forme de naïveté causée par leur manque d'expérience ou à un possible isolement social font des enfants et des adolescents des proies privilégiées.

144. C. Allen and V. McIntosh (2023), *Child safeguarding and immersive technologies: an outline of the risks*. National Society for the Prevention of Cruelty to Children, London.

145. On estime qu'environ un quart de la population des 8-18 ans aux États-Unis a déjà pratiqué des expériences immersives.

146. Pouvant inclure des personnes qui ne se sont jamais connectées à un métavers.

à des activités sexuelles explicites réelles ou simulées¹⁴⁷. Ces enregistrements peuvent ensuite faire l'objet de ventes ou de trocs, tant sur le clearnet en utilisant des réseaux d'échange pair à pair ou des applications génériques (réseaux sociaux, sites) que sur le darkvers (cf. *Encart*) entre membres de réseaux pédo-criminels.

LE DARKVERS

À l'image d'Internet et du darknet (ou darkweb), les métavers recèlent des « zones », baptisées darkvers (*darkverse* en anglais), où prolifèrent des activités illégales, voire criminelles. Naturellement, ce type d'activités peut se dérouler dans n'importe quelle autre partie d'un métavers mais un darkvers offre des moyens d'anonymisation propres à attirer des acteurs du crime organisé aussi bien que des individus comme des pédo-criminels. On pourra y trouver des « offres de service » comme par exemple la vente de moyens de désinformation (armée d'avatars pilotés par des systèmes d'IA, prestations de manipulation de séquences 3D animées) ou bien l'organisation de « réunions ouvertes » ou de « salons privés » attirant des « amateurs » de pratiques criminelles spécifiques.

Le rapport précité¹⁴⁸ met en avant le manque de priorité accordée par les fabricants de métavers à ces questions ; on cherche, en vain, une limite d'âge, une information préventive ou encore une nécessité de contrôle parental. Il faut souligner une circonstance aggravante spécifique aux expériences immersives, qui ne permettent pas à un « observateur extérieur » de contrôler une séquence traumatisante passée ou en cours, contrairement à une navigation sur un site web ou une session de jeu où la visualisation sur un écran est accessible à plusieurs personnes. Cette situation peut être amplifiée par la différence de connaissance et de compréhension de ces technologies entre générations, notamment à travers la culture des jeux vidéo.

RECOMMANDATIONS

P13 (Aux chercheurs) Conformément au préambule de la recommandation P1, développer des projets de recherche qui visent à comprendre les effets physiologiques et psychologiques de l'utilisation des métavers spécifiques aux enfants et aux adolescents. Comme le recommande le Comité d'éthique pour les données d'éducation, étudier les effets possiblement induits sur les enfants ou les adolescents concernant la construction de leur identité avant d'envisager tout déploiement plus important de ces usages, en particulier dans le domaine scolaire et périscolaire.

P14 (Aux pouvoirs publics) Sans attendre les résultats d'études scientifiques en cours, mener des réflexions

sur les mesures à prendre pour protéger les utilisateurs les plus jeunes, en vue d'une part d'imposer des limites d'âge à l'utilisation de certains périphériques comme les casques de visualisation et d'autre part d'interdire l'accès aux métavers, en étudiant notamment la possibilité de mettre en place des contrôles parentaux ou des limitations d'accès efficaces.

P15 (Aux pouvoirs publics) Élaborer la législation permettant de nouvelles incriminations en cas d'exploitations dont seraient victimes les enfants ou les adolescents dans les métavers.

P16 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux exploitants de métavers un devoir d'information claire et compréhensible, relativement aux exploitations des enfants ou des adolescents.

3.1.2 ENJEUX RELATIFS AUX AVATARS

L'avatar est constitué d'un ensemble de représentations visuelle, sonore, possiblement comportementale, associé à l'utilisateur d'un environnement immersif et qui peut prendre une forme allant de quelques pixels colorés à une apparence plus élaborée (cf. *Section 2.4.1 Description*). Ces dernières années, les avatars ont considérablement évolué, à mesure que les utilisateurs s'en sont saisis pour les personnaliser et leur conférer une certaine épaisseur, au point d'y attacher des expériences, des biens, leur image, voire des facettes de leur propre identité ou représentation. Dans la mesure où les avatars peuvent véhiculer des émotions, des données à caractère personnel, possiblement sensibles, il importe de s'arrêter sur cet objet. L'avatar peut être envisagé en lui-même ou appréhendé à travers ses interactions.

Il existe, au sein des métavers, deux catégories d'avatars : ceux qui sont contrôlés par les utilisateurs personnes physiques et ceux qui sont uniquement contrôlés par un système numérique (cf. *Section 2.4.1 Description*). À ces deux catégories d'avatars s'attachent des questions d'éthique spécifiques qui seront examinées successivement.

Choix de l'avatar

Une première série d'interrogations porte sur le **choix de l'avatar**. Si l'on excepte le cas particulier des avatars utilisés dans un cadre professionnel où un employeur peut imposer des contraintes (cf. *Section 2.4 Les avatars*), il faut insister sur la très grande liberté offerte à l'utilisateur dans le choix de l'apparence et du comportement de son avatar, tout en restant dans la limite des possibilités techniques offertes par un métavers. Une telle liberté devrait bénéficier à l'utilisateur en ce qu'elle favorise l'exercice de libertés fondamentales (d'expression, de réunion, d'association, d'opinion), et rejoint les enjeux de la préservation de l'anonymat, par exemple lors des conversations en ligne.

Selon les modalités offertes par le système, l'utilisateur a le choix de se représenter sous forme anthropomorphique

147. Selon l'article 227-22-2 du Code pénal, « Hors les cas de viol ou d'agression sexuelle, le fait pour un majeur d'inciter un mineur, par un moyen de communication électronique, à commettre tout acte de nature sexuelle, soit sur lui-même, soit sur un tiers, y compris si cette incitation n'est pas suivie d'effet, est puni de sept ans d'emprisonnement et de 100 000 euros d'amende.

Les peines sont portées à dix ans d'emprisonnement et à 150 000 euros d'amende lorsque les faits ont été commis à l'encontre d'un mineur de moins de quinze ans. Elles sont portées à dix ans d'emprisonnement et à un million d'euros d'amende si les faits ont été commis en bande organisée ».

148. *The Metaverse, Extended Reality and Children*, préc.



Différentes formes d'avatars dans 2nd life.

ou bien de toutes sortes d'animaux et de créatures imaginaires. La démarche de l'utilisateur lors du choix de sa représentation dans un métavers peut avoir différentes motivations : se divertir, faire preuve de créativité, différencier ses apparences réelle et numérique pour des raisons esthétiques, pour conserver l'anonymat ou pour tromper les autres utilisateurs à des fins malveillantes ou criminelles et ne pas être identifiable en cas de comportement illicite. Dans ce dernier cas de figure, il apparaît une tension entre la liberté d'expression et la préservation de l'anonymat, d'une part, et la nécessité d'assurer la capacité d'attribution d'actes malveillants ou répréhensibles d'autre part. En effet, certains utilisateurs pourraient être tentés de circuler « incognito » afin de se livrer, sous-couvert d'anonymat (ou plutôt d'apparence d'anonymat), à des actions immorales ou condamnables, tant du point de vue de l'éthique que du droit.

ENCART

L'ANNEAU DE GYGÈS

La présence d'un avatar est toujours « révélée » aux autres utilisateurs puisqu'il n'existe pas, sauf exception, d'avatar « invisible ». Ces considérations ne sont pas sans évoquer l'allégorie platonicienne de l'« anneau de Gygès » et les questions d'éthique soulevées par l'expérience de pensée suivante : le porteur d'un tel anneau, rendu invisible aux yeux des autres, pourrait être tenté de commettre des actes illégaux, immoraux ou injustes, si un tel comportement pouvait lui sembler profitable. De façon similaire, l'utilisateur d'un métavers dont l'avatar serait invisible pourrait être plus facilement tenté d'adopter des actes malveillants à l'encontre d'autres utilisateurs.

Il convient ensuite d'envisager la possibilité offerte à chaque utilisateur de choisir une **pluralité d'avatars**. La question des identités multiples et les enjeux de représentation dans la relation à autrui renvoie plus généralement aux enjeux de

l'identité numérique. Ces enjeux sont centraux pour les métavers¹⁴⁹. S'agissant de comportements malveillants, ces questions se posent déjà avec la création de faux profils sur les réseaux sociaux, par exemple à des fins de chantage à l'exploitation d'images intimes. Elles risquent d'être amplifiées dans le cadre des métavers dès lors que, au-delà des photos, des scènes 3D dynamiques « compromettantes » peuvent s'y dérouler et faire l'objet de captations (cf. *Section 3.1.1.4 Les enfants et les adolescents*).

Dans tous ces cas de figure, la question de la **confiance** se pose. L'une des pistes envisageables serait de proposer un mécanisme d'**authentification** pour permettre aux utilisateurs de connaître la personne contrôlant l'avatar avec laquelle ils interagissent, tout en s'assurant de son caractère optionnel. Cependant, il est d'ores et déjà indispensable de mettre en œuvre des actions de sensibilisation auprès du grand public et notamment des plus jeunes, pour informer des risques de malversations et diffuser des consignes de prudence. À titre d'exemple, on pourrait mettre en action dans un métavers des avatars spécifiques pour montrer, au moyen de scénarios concrets, comment des personnes malintentionnées peuvent exploiter leurs interactions et leurs comportements dans le métavers.

Risques d'anthropomorphisation

En ce qui concerne les avatars contrôlés par des systèmes numériques, il convient de souligner les risques liés à l'**illusion anthropomorphique**, qui se renforce à mesure que les avatars gagnent en réalisme. Si les systèmes d'IA en tant que tels font déjà l'objet de biais anthropomorphes comme l'attestent les débats relatifs aux agents conversationnels¹⁵⁰, le fait que les avatars offrent des apparences et des comportements de plus en plus proches de la réalité accentue la tendance des êtres humains à y projeter des caractéristiques humaines et par conséquent à modifier leur propre comportement (cf. *Section 2.4.2 Intermédiation - Effet Proteus*). L'émergence des systèmes d'intelligence artificielle générative renforce

149. C. François, R. Ronfard, A. Basdevant (2021), Mission exploratoire interministérielle sur les métavers, p. 61 et p. 94-96.

150. CNPEN (2021), Avis n°3, Agents conversationnels : enjeux d'éthique, p. 7 & s. <https://www.ccne-ethique.fr/publications/cnpn-agents-conversationnels-enjeux-dethique?taxo=56>

cette capacité d'illusion en offrant des dialogues tout à fait crédibles entre un utilisateur humain et un avatar¹⁵¹, créant ainsi des risques de manipulation accrues de l'utilisateur. Pour limiter cette illusion, il convient de réfléchir aux mécanismes à mettre en place afin que l'utilisateur, s'il le souhaite, n'oublie pas, au cours de l'expérience immersive, qu'il interagit avec un système numérique.

Enfants et personnes décédées

Une autre question porte sur l'utilisation de **représentations d'enfants, de personnes vivantes ou décédées** (sous forme visuelle, auditive et/ou écrite) et des moyens de s'y opposer. Cette problématique n'est pas inhérente aux univers immersifs mais se pose dans des termes renouvelés étant donné les caractéristiques des métavers, notamment les capacités de création d'avatars contrôlés soit par des utilisateurs, soit par des systèmes numériques. Un utilisateur peut ainsi revêtir l'apparence et le comportement (notamment les dialogues) d'un enfant, d'une personne vivante autre que lui-même ou bien décédée. Le choix d'une telle représentation trouverait alors sa limite dans le respect du principe éthique de non malveillance, à savoir qu'il ne doit pas porter atteinte aux droits des tiers. Sur le plan juridique, si l'image ou les comportements de l'avatar emporte un risque de confusion pour les autres utilisateurs, il pourrait en résulter une atteinte aux droits de la personnalité (droit à l'image, droit à la protection de vie privée) ou une usurpation d'identité numérique (sanctionnée sur le fondement de l'article L. 226-4-1 du Code pénal). En outre, il est permis de s'interroger sur les enjeux d'éthique relatifs à une société dans laquelle des personnes décédées pourraient être « avatarisées », sans y avoir consenti de leur vivant, en distinguant le cas des personnes publiques. La problématique des agents conversationnels associés à des personnes décédées (*deadbots*) peut ainsi être transposée au cas spécifique du métavers¹⁵².

Une autre question se pose sur le choix d'une **représentation visuelle par un adulte pour se représenter sous la forme d'un jeune enfant**. Cela invite en effet à interroger la possibilité de faire accomplir à son avatar des comportements pouvant être considérés comme criminels (actes sexuels réalisés par un « enfant virtuel »). À cet égard, l'exemple bien documenté de Second Life est révélateur de ces tensions. En effet, bien que Linden Lab, le concepteur de la plateforme, interdise l'accès de Second Life aux mineurs, les utilisateurs adultes peuvent choisir des avatars ayant l'apparence d'un enfant. De nombreux cas de pédopornographie ont ainsi été rapportés¹⁵³, au cours desquels les avatars étaient utilisés pour simuler des abus sexuels sur mineurs¹⁵⁴. D'autres cas problématiques

concernent la création par les utilisateurs de Second Life d'avatars-enfants portant des « tenues provocantes »¹⁵⁵. Linden Lab a réagi en prenant un certain nombre de mesures pour interdire les consommateurs de pornographie infantile sur sa plateforme¹⁵⁶. En novembre 2007, l'entreprise a publié sur son blog¹⁵⁷ sa politique en matière de représentations d'avatars impliquant (ou semblant impliquer) des mineurs : de tels comportements sont explicitement interdits dans Second Life. De plus, lorsqu'ils sont détectés, les individus concernés font l'objet de sanctions pouvant aller jusqu'à la résiliation de comptes, la fermeture de groupes, la suppression de contenus et la perte de terrains ou d'accès à des terrains.

Droits et nature juridique

Outre le choix de la représentation visuelle, une autre question porte sur **la nature de l'avatar** quand il est contrôlé par l'utilisateur dans les limites imposées par le système. Dans l'hypothèse où l'avatar incarne très fortement la personne en reproduisant très fidèlement son image, cela conduit à se demander si le fabricant du métavers peut, en vertu des conditions générales d'utilisation, s'octroyer « tous les droits » sur l'avatar, comme celui de le supprimer ou d'empêcher son utilisateur d'en disposer comme il l'entend¹⁵⁸. Au-delà, on peut s'interroger sur la possibilité pour l'utilisateur de céder à un tiers à sa représentation visuelle.

151. CNPEN (2023), Avis n°7, Systèmes d'intelligence artificielle générative : enjeux d'éthique. <https://www.ccne-ethique.fr/fr/publications/avis-7-du-cnpn-systemes-dintelligence-artificielle-generative-enjeux-dethique>

152. CNPEN (2021), Avis n°3, Agents conversationnels : enjeux d'éthique, pp. 14-16. <https://www.ccne-ethique.fr/publications/cnpn-agents-conversationnels-enjeux-dethique?taxo=56>

153. M. Johnson, K.M. Rogers (2009), "Too far down the yellow brick road – cyber- hysteria and virtual Porn", *Journal of International Commercial Law and Technology*, 4(1).

154. Combating Child Exploitation in Second Life. DOI: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5444398>

155. K. Connolly (2007), Second Life in virtual child sex scandal. The Guardian, UK. <http://www.guardian.co.uk/technology/2007/may/09/secondlife.web20>

156. T. Guest (2008), Second lives: A journey through virtual worlds, New York, NY: Random House.

157. K. Linden (2007), Clarification of Policy Disallowing 'Ageplay'. <https://blogs.secondlife.com/community/features/blog/2007/11/14/clarification-of-policy-disallowing-ageplay>

158. J. Rochfeld, (2023) « Le corps de l'avatar. Brèves réflexions sur le traitement juridique de l'incorporation et de la proprioception », Mélanges Dany Cohen, *Dalloz*.

STATUT JURIDIQUE DE L'AVATAR

La question du statut des avatars contrôlés par des utilisateurs se révèle délicate car l'avatar se situe entre deux catégories juridiques, à savoir l'objet¹⁵⁹ et le sujet. Il existe, parmi la doctrine juridique, des débats quant à savoir si l'avatar peut être qualifié d'œuvre de l'esprit eu égard aux méthodes modernes de création des personnages de synthèse qui permettent aux utilisateurs de faire preuve d'une grande créativité dans la confection de leur(s) avatar(s) (« crafting »)¹⁶⁰. Ces aspects peuvent revêtir une forte dimension économique lorsque la question de la cession de ces avatars est abordée. Par ailleurs, dans la mesure où les avatars sont susceptibles de permettre d'identifier les utilisateurs qu'ils représentent, le droit en vigueur invite à s'interroger sur l'applicabilité du RGPD dès lors qu'aux termes de son article 4, une donnée à caractère personnel est une information permettant d'identifier une personne physique, directement (nom et prénom) ou indirectement (données biométriques, identifiants, etc.). Envisager l'avatar comme une donnée à caractère personnel laisse, par ailleurs, entrevoir la notion d'identité numérique. Du fait de l'empreinte très forte de l'utilisateur sur son avatar, qu'il s'agisse de sa personnalité ou de son identité, l'avatar pourrait en outre être appréhendé juridiquement à la lumière des droits de la personnalité. Si l'utilisateur d'un métavers choisit de s'y représenter avec une certaine fidélité, des questions tenant au respect de la vie privée et de la protection de l'image ne manqueront pas de se poser.

RECOMMANDATIONS

- P17** (Aux chercheurs) Conformément au préambule de la recommandation P1, développer des projets de recherche visant à identifier et à analyser les risques d'anthropomorphisation pouvant résulter du choix d'un avatar reprenant des caractéristiques humaines dans son comportement.
- P18** (Aux pouvoirs publics) Imposer aux exploitants de métavers un devoir d'information, claire et compréhensible, relativement aux risques d'anthropomorphisation.
- P19** (Aux pouvoirs publics) Imposer aux exploitants de métavers un devoir d'information, claire et compréhensible, relativement à l'introduction par l'exploitant d'avatars contrôlés par un système numérique et de mécanismes visant à ce que l'utilisateur n'oublie pas, au cours de l'expérience immersive, qu'il peut interagir avec ces avatars et donc, s'il le souhaite, à pouvoir les identifier en tant que tels.
- P20** (Aux pouvoirs publics et aux exploitants de métavers) Mener des actions de sensibilisation, en particulier à

destination des personnes vulnérables, sur les risques de manipulation ou d'attachement à des entités fictives.

P21 (Aux pouvoirs publics, aux fabricants et exploitants et aux chercheurs) Mener des réflexions éthiques sur le recours à des avatars revêtant l'apparence et le comportement (notamment les dialogues) d'un enfant, d'une personne vivante ou décédée en vue de mettre en œuvre un encadrement de ces pratiques.

P22 (Aux pouvoirs publics, aux fabricants et exploitants et aux chercheurs) Mener des réflexions éthiques sur l'articulation entre la préservation de l'anonymat et l'obligation pour la personne de s'authentifier lors de ses usages de services numériques.

3.1.3 ENJEUX RELATIFS AUX DONNÉES

Les questions relatives à la protection des données à caractère personnel, notamment physiologiques, ne sont pas nées avec les métavers. Elles existent depuis longtemps dans beaucoup d'autres contextes applicatifs (commerce en ligne, vote électronique, réseaux sociaux...). Comme pour tout système numérique, il convient de s'interroger sur la façon dont ces données seront recueillies et exploitées par l'exploitant du métavers, puis comment l'utilisateur en sera informé et pourra y consentir ou s'y opposer. Par ailleurs, selon la nature du métavers et la finalité de son promoteur, on peut envisager un profilage très détaillé dans des contextes commerciaux. L'augmentation de la durée de connexion et de la richesse des données collectées (par rapport à une navigation web d'aujourd'hui) ainsi que la prise en compte de nouveaux types de données soulèvent **des questionnements éthiques spécifiques**.

LOCALISATION DANS UN MÉTAVERS

Dans un métavers, un fabricant doit disposer à tout moment de la position et de la direction de vue précises d'un utilisateur afin de pouvoir calculer les images de synthèse correspondantes. Il est donc simple d'offrir cette capacité de localisation aux autres usagers selon des modalités à préciser (systématique ou à la demande, soumis au consentement, précision de la localisation...). Cette localisation pose des questionnements d'éthique importants qui se rapprochent de contextes existants comme par exemple la géolocalisation d'un smartphone ou bien celle d'un usager repéré sur la carte fournie par l'application SnapChat¹⁶¹. Il existe aujourd'hui une forte pression sociale sur la décision d'autoriser ou de refuser cette fonctionnalité au sein d'un groupe d'amis ou d'un couple, un refus pouvant être interprété comme une volonté de dissimulation de comportements. On observe donc une tension entre des principes de transparence et de confiance entre personnes et un principe de liberté de ne pas divulguer ses déplacements ou révéler l'identité de personnes rencontrées dans un métavers.

159. Auquel cas s'appliqueraient les règles classiques du droit des biens. L'avatar serait alors considéré comme une chose immatérielle dotée d'un caractère économique.

160. V.-L. Benabou (2023), « Les enjeux de propriété intellectuelle des représentations numériques de la personne dans le monde virtuel: quel droit pour son double numérique ? », *Dalloz IP/IT*, p. 220.

161. <https://map.snapchat.com/>

3.1.3.1 PROTECTION DES DONNÉES

Plusieurs questions résultent de la collecte, du traitement et du croisement des données physiologiques qui permettront d'obtenir des informations relatives aux comportements et interactions des utilisateurs, voire à leur état physiologique et psychologique. Ces informations potentiellement très précises pourront révéler des éléments de leur personnalité, voire de leur intimité.

La première question porte sur le contrôle de l'utilisateur sur des données résultant de ses expériences immersives successives — son historique — depuis les données collectées (localisation, regard, actions...) jusqu'aux informations calculées comme des comportements ou des estimations d'émotions. Certains soutiennent que l'avatar peut être considéré comme l'« émanation virtuelle de la personne » dès lors qu'il permet de la singulariser, par exemple par une proximité de représentation visuelle ou de comportement. En raison du lien très étroit entre la personne et son avatar, il faudrait alors admettre que, par principe, l'avatar ne peut faire l'objet d'une cession, ie que s'appliquerait alors un principe d'incessibilité. Si on considère que l'avatar n'est que la représentation visuelle de l'utilisateur, il faut alors distinguer l'incessibilité de cette représentation visuelle (v. supra Section 3.1.2.) de celle des données collectées.

Au-delà, il est nécessaire de déterminer le statut des données physiologiques ou comportementales ainsi collectées. La définition du RGPD est suffisamment large pour admettre que ces données soient qualifiées de données à caractère personnel. Cela peut s'avérer en revanche plus délicat pour qualifier ces données physiologiques ou comportementales de données sensibles, dont le traitement est interdit¹⁶². Cette qualification ne posera pas de difficultés si les données révèlent l'état de santé de la personne, ce qui peut être le cas en cas de révélation par exemple d'un état dépressif, ou son orientation sexuelle, ou encore en cas de traitement de données biométriques permettant d'identifier la personne. Toutefois, parmi les données physiologiques ou comportementales, toutes ne permettent pas, prises individuellement et en l'état actuel des connaissances, d'identifier une personne. Cela peut devenir néanmoins possible par leur croisement avec d'autres jeux de données ou à l'issue d'avancées scientifiques débouchant sur de nouvelles méthodes d'identification¹⁶³. On pourrait alors envisager d'étendre la liste des données sensibles pour y inclure ces données comportementales ou physiologiques.

Compte tenu des enjeux de l'exploitation de ces données dans le contexte des métavers, la qualification de données sensibles peut toutefois sembler insuffisante puisque l'interdiction de leur traitement par le RGPD est soumise à un certain nombre d'exceptions, en particulier celle du consentement de la personne concernée, qui paraît peu protectrice. Pour cette raison, certains¹⁶⁴ proposent de reconnaître une interdiction de principe des traitements sensibles des données physiologiques et comportementales,

c'est-à-dire de tout traitement présentant des risques importants en termes d'atteinte à ses droits et libertés fondamentaux. Dans le contexte des univers immersifs, la limitation de ces traitements pourrait être justifiée en cas de risques substantiels d'intrusion dans l'intimité de la personne ou encore de limitation de son autonomie, de son processus décisionnel et de sa liberté de choix.

3.1.3.2 INFORMATION ET CONSENTEMENT

Un autre enjeu est relatif à l'information de l'utilisateur et aux conditions dans lesquelles son **consentement** doit être obtenu lorsque celui-ci est légalement requis comme condition au traitement des données, ce qui suppose que les interfaces de choix soient sincères et facilement utilisables. On peut alors envisager que des métavers proposent plusieurs niveaux de consentement (total, limité) qui débouchent sur des accès complets ou restreints à leurs fonctionnalités, ce qui constitue une forme d'incitation forcée à un consentement total. Il peut en résulter une tension entre le désir de l'utilisateur de jouir d'une expérience immersive la plus aboutie possible et sa volonté de protéger ses données personnelles. À cette tension s'ajoutera l'intérêt du gestionnaire du métavers ou des interfaces matérielles de disposer d'un ensemble de données plus volumineuses et/ou précises, éventuellement en proposant, au cours de l'immersion, une amélioration de l'expérience en contrepartie d'une collecte plus étendue de données à caractère personnel.

Cela peut conduire à s'interroger sur l'existence même d'un consentement libre de l'utilisateur dans l'hypothèse où l'expérience immersive de qualité — en particulier si elle a déjà démarré — est conditionnée au traitement de données particulièrement fines et en temps réel, ce qui rejoint les discussions déjà existantes s'agissant du « *privacy paradox* » — à savoir la discordance entre l'affirmation de principes de protection et les pratiques réelles de divulgation. Au-delà, on peut s'interroger sur la possibilité même que l'utilisateur puisse exprimer un tel consentement dans le contexte des univers immersifs dès lors que leurs propriétés peuvent limiter sa pleine conscience. Une réflexion approfondie doit ainsi être menée sur l'effectivité d'un recueil de consentement dans ce contexte. Ces limites pourraient justifier d'imposer au fournisseur et exploitant de métavers de prendre toute mesure visant à prévenir les atteintes substantielles à l'autonomie de l'utilisateur. Cela est d'autant plus nécessaire que les utilisateurs devraient être en mesure de favoriser l'utilisation de systèmes vertueux, et par conséquent d'exercer une pression sur les métavers moins respectueux de leur vie privée et de leur autonomie.

Il convient de mentionner également les données collectées par les caméras équipant les dispositifs de réalité augmentée afin de pouvoir restituer l'environnement réel dans lequel évolue l'utilisateur. Ces données pourraient permettre d'identifier des personnes et leur comportement sans

162. Les données dites sensibles sont les informations qui révèlent la prétendue origine raciale ou ethnique, les opinions politiques, les convictions religieuses ou philosophiques ou l'appartenance syndicale, ainsi que le traitement des données génétiques, des données biométriques aux fins d'identifier une personne physique de manière unique, des données concernant la santé ou des données concernant la vie sexuelle ou l'orientation sexuelle d'une personne physique.

163. À l'image des empreintes digitales qui n'ont permis d'identifier de façon fiable une personne qu'à partir du début du XX^e siècle. <https://www.gendarmerie.interieur.gouv.fr/pjgn/institut-de-recherche-criminelle-de-la-gendarmerie-nationale/l-expertise-decodee/identification/les-empreintes-digitales-la-doyenne-des-preuves-scientifiques>

164. J. Rochfeld, C. Zolynski (2021), « La valeur des émotions : quel régime pour le capitalisme mental? », Entre art et technique: les dynamiques du droit. Mélanges en l'honneur de P. Sirinelli, Dalloz, pp. 749-770, spéc. 762&s.

jamais avoir recueilli leur consentement. Il est possible de faire l'analogie avec la captation par des assistants vocaux de paroles prononcées par des non-utilisateurs qui sont analysées par des processus de reconnaissance vocale afin d'identifier l'utilisateur enregistré. Même si la plupart de ces données restent cantonnées aux dispositifs, il existe un risque qu'il convient de prendre en compte.

RECOMMANDATIONS

P23 (Aux pouvoirs publics) Mener une réflexion sur la nécessité de renforcer la protection des données physiologiques et comportementales pour leur étendre la qualification de données sensibles au sens du RGPD jusqu'à envisager l'interdiction de traitements sensibles de ces données dès lors qu'il en résulte des risques substantiels d'intrusion dans l'intimité de la personne ou encore de limitation de son autonomie, de son processus décisionnel et de sa liberté de choix

P24 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux gestionnaires de métavers de mettre en place un mécanisme respectueux du principe de protection des données personnelles dès la conception au sens du RGPD qui mentionne précisément les risques et les types d'exploitation des données à caractère personnel et par ailleurs de prendre toute mesure visant à prévenir les atteintes substantielles à l'autonomie de l'utilisateur.

3.2 ENJEUX CONCERNANT LA SOCIÉTÉ

3.2.1 ACCÈS ET ÉQUITÉ

Les métavers devraient encourager le respect de la pluralité des valeurs, de l'égalité en droit, ainsi que des choix de vie des personnes. Leurs fabricants et exploitants devraient également veiller à ce qu'ils ne soient pas utilisés pour saper les principes et valeurs consacrés par le droit européen. Le respect de l'équité dans les environnements immersifs revêt, par conséquent, une importance cruciale du point de vue des enjeux d'éthique, au-delà des aspects juridiques formels. Cela devrait se traduire à trois différents niveaux : accès à tous les métavers, accès pour tous les utilisateurs et possibilité de ne pas se voir imposer l'accès aux métavers.

L'accès à tous les métavers

Afin d'éviter des situations d'enfermement dans un écosystème imposé par un fabricant de métavers reposant sur des technologies propriétaires, il est important de préserver une offre la plus diversifiée possible pour garantir une réelle possibilité de choix à l'utilisateur. Cette capacité

repose avant tout sur l'interopérabilité entre systèmes différents qui autorisent le partage de certaines données (avatars, expériences, biens numériques) (cf. [Section 2.1.5.1 Interopérabilité](#)). Cette interopérabilité repose principalement sur l'adoption de standards, puis de normes, par les fabricants de métavers (cf. [Section 2.1.5.2 Normalisation](#)).

Il est donc nécessaire que « toutes » les parties prenantes – des concepteurs et des exploitants jusqu'aux utilisateurs – s'impliquent, quand cela est possible, dans les différents travaux de discussion et de normalisation afin de ne pas subir des normes édictées dans des contextes fondés sur des valeurs différentes, et parfois éloignées, de nos valeurs nationales et européennes. Tant les entreprises, les acteurs académiques que les États devraient s'emparer de ces questions pour être acteurs, même très partiellement, de la normalisation de produits conçus et élaborés par des entreprises extra-européennes.

L'accès pour tous les utilisateurs

La justice distributive apparaît comme un principe fondamental de l'éthique du numérique dans la mesure où elle vise à lutter contre une répartition inégale des avantages procurés par les nouvelles technologies dont font partie les métavers et les environnements immersifs.

Transposée aux métavers, la justice distributive implique tout d'abord de favoriser, le plus largement possible, l'accès du public à ces environnements, indépendamment des moyens financiers et technologiques des personnes qui souhaitent y accéder, comme le souligne le Parlement européen notamment dans son rapport sur les mondes virtuels¹⁶⁵. La réduction de la fracture numérique présente, en termes d'équité et de justice sociale, un intérêt double : la démocratisation de l'accès au métavers en tant que tels ; la démocratisation de l'accès à la culture facilitée par les métavers du fait de la dimension pédagogique et éducative de certains d'entre eux¹⁶⁶.

Pour garantir que les métavers forment un écosystème ouvert et accessible à tous, il est nécessaire de penser comment garantir effectivement cet accès en prenant en compte le coût financier ainsi que les enjeux tenant à la maîtrise des techniques par le plus grand nombre. Un autre aspect de l'équité concerne le refus des biais et des discriminations. À cet égard, il importe de prendre en compte les populations particulièrement exposées aux vulnérabilités, comme les personnes en situation de handicap. Si certains discours visant à promouvoir les métavers mettent l'accent sur la possibilité théorique de faire de ces univers des mondes ouverts, inclusifs et accessibles à tous, il convient d'aller au bout de la logique en faisant en sorte que le matériel et les logiciels appropriés puissent effectivement être développés¹⁶⁷. En l'absence de recherches dans ce sens, les promesses de métavers inclusifs et ouverts sont vouées à rester des effets d'annonce.

165. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/IMCO-PR-751902_FR.pdf

166. L'accès aux métavers peut permettre l'accès à des activités culturelles, comme la visite virtuelle de musées, ou à des activités coûteuses ou difficilement accessibles autrement que par le numérique (visite de sites éloignés, fermés ou détruits).

167. C. Parker et al. (2023), Towards an Inclusive and Accessible Metaverse, CHI EA '23: Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Article N°370, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1145/3544549.3573811>

L'ACCESSIBILITÉ NUMÉRIQUE AUX PERSONNES EN SITUATION DE HANDICAP

Les outils numériques sont devenus indispensables pour s'informer, se cultiver, communiquer, apprendre, participer à la vie publique... Et pourtant environ 15% de la population¹⁶⁸ en sont potentiellement exclus, que ce soit en partie ou en totalité. Ainsi de personnes souffrant de tremblements qui les empêchent de réaliser une saisie de texte confortable et précise, atteintes de déficiences visuelles ou auditives qui les privent d'une perception de l'ensemble des contenus (textes, images, sons) diffusés sur un écran ou encore porteuses de troubles d'origine cognitive qui altèrent leur compréhension des informations. Ces restrictions conduisent à des **discriminations** résultant de l'exclusion du monde numérique.

Il existe des solutions techniques à la plupart de ces problèmes, qu'il s'agisse de la mise à disposition de matériel spécifique (claviers adaptés, lecteurs d'écran basés sur une synthèse vocale), de l'intégration dans le développement des logiciels applicatifs de mécanismes élémentaires que l'on retrouve dans tous les systèmes d'exploitation (raccourcis clavier, saisie prédictive, reconnaissance et synthèse vocale, loupes...) ou encore de l'application des recommandations émanant du W3C (WCAG), notamment la structuration et la description des éléments non textuels (images, graphiques, url...), pour construire des documents bureautiques ou des sites web.

La plupart de ces solutions sont éprouvées depuis des décennies mais malheureusement trop peu mises en œuvre parce que souvent méconnues. Il existe par exemple des travaux fondés sur la substitution sensorielle permettant à des personnes avec déficience visuelle de percevoir, au moins partiellement, une image et donc une scène animée. Il est donc indispensable d'appliquer les solutions existantes tout en continuant à développer des projets de recherche pour offrir des métavers minimisant les exclusions résultant des situations de handicap si l'on prétend respecter des valeurs de justice.

En outre, d'autres enjeux doivent être envisagés, qui peuvent paraître antagonistes. Le premier est le risque de voir certains métavers confisqués, pour des raisons financières, par une petite partie de la population, du fait des équipements ou des abonnements coûteux qui permettraient d'y accéder. Le second enjeu réside dans l'hypothèse inverse selon laquelle la supposée « démocratisation » de l'accès à la culture (*via* l'Éducation nationale par exemple) facilitée par des expériences immersives¹⁶⁹ conduirait à une situation dans laquelle seule une « élite » continuerait de fréquenter

les musées physiques et de voyager, tandis que le reste de la population se contenterait des simulacres offerts par les métavers. Il résulte, en termes de justice sociale, une tension entre d'une part, la volonté de promouvoir les métavers dans l'accès à la culture, jugée trop élitiste, notamment auprès de la jeunesse et d'autre part, la nécessité de préserver pour le grand public un rapport direct aux œuvres. Ce n'est qu'en prenant en compte ces questions, qu'une démocratisation effective, portée au crédit des environnements immersifs, peut voir le jour. Il reste que ces questions, qui impliquent des choix de société et de politique publique, ne doivent pas être laissées aux seuls exploitants : c'est au citoyen et au législateur — national et supra-national — de s'en saisir.

Cependant, l'accès à tous les métavers par tous les utilisateurs soulève une difficulté fondamentale qui réside dans les enjeux environnementaux qui peuvent profondément remettre en cause le recours massif aux métavers (*cf. Section 3.4 Enjeux concernant l'environnement*).

Possibilité de ne pas se voir imposer l'accès aux métavers

En outre, il s'agit de ne pas contraindre, par quelque moyen que ce soit, les personnes qui ne souhaiteraient pas utiliser les métavers par choix personnel, ou celles qui ne pourraient pas les utiliser pour des raisons diverses (situations de handicap, faibles moyens financiers, absence de compétences d'utilisation...) et de penser à d'autres solutions en cas d'actions importantes à réaliser, comme certaines démarches administratives¹⁷⁰.

Recommandations

- S1** (À toutes les parties prenantes) Mener des actions de sensibilisation et d'incitation pour favoriser la participation aux activités de standardisation et de normalisation. Penser une stratégie française et européenne pour conduire cette participation y compris au niveau international.
- S2** (Aux pouvoirs publics) Imposer aux fabricants de métavers de mettre en œuvre les solutions techniques visant à permettre l'accessibilité numérique de leurs produits à des personnes en situation de handicap.
- S3** (Aux pouvoirs publics) Interdire que le recours à un métavers soit l'unique option pour réaliser certaines démarches, notamment administratives ; maintenir de façon impérative la possibilité de recourir à d'autres solutions, impliquant en particulier des agents humains.

168. Pourcentage moyen mesuré par l'OMS, soit au moins un milliard de personnes. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

169. Les visites « virtuelles » de musée, réalisées par le biais de logiciels et de sites Internet, existent déjà. V. C. Maurel (2015). L'usage du web 2.0 par les musées en relation avec leur public et ses enjeux. <http://clairemaurel.com/wp-content/uploads/2015/03/Memoire-Claire-MAUREL.pdf>

170. On peut penser par exemple à la mise en ligne des actions de déclaration des revenus qui a posé beaucoup de problèmes à des personnes ne disposant pas de l'équipement nécessaire ou ne sachant pas l'utiliser et qui a nécessité la réouverture de points d'accueil du public.

3.2.2 INFLUENCE ET MANIPULATION

La question de la manipulation des sentiments et des opinions et, par conséquent, de son influence sur des décisions d'actions (achats, votes, engagements politiques, choix religieux, etc.) est à prendre en considération de façon prioritaire compte tenu des enjeux pour les personnes mais également pour la société, en particulier concernant la préservation d'un débat public éclairé et, plus globalement, de la démocratie.

Alors que des menaces de plus en plus fortes pèsent sur nos démocraties, il est important de prendre en compte les risques supplémentaires que présentent les métavers. Il convient donc, d'une part, de donner aux individus les moyens de développer leur esprit critique afin d'adopter les « bons » réflexes face à des tentatives de manipulation mais aussi, d'autre part, de se prémunir tant des pratiques commerciales agressives pour influencer nos décisions (d'achat, etc.) que des tentatives de déstabilisation des institutions.

3.2.2.1 ENJEUX D'INFLUENCE ET DE MANIPULATION SUR LES PERSONNES

La démarche la plus courante consiste à manipuler les émotions d'un utilisateur de métavers pour orienter et forcer ses décisions (concernant par exemple des achats). Cette manipulation peut se réaliser en **modifiant en temps réel l'environnement numérique 3D** dans lequel l'utilisateur évolue *via* son avatar, pour « l'adapter » à ses intérêts et à ses goûts, par exemple en y ajoutant des objets spécifiques comme des boutiques, en faisant circuler dans les rues une proportion importante de véhicules d'une marque donnée, ou encore en le faisant croiser des avatars lui relatant leurs avis (bien entendu positifs) sur un produit. On peut aisément faire le lien avec les biens ou les promotions semblant apparaître « spontanément » sur un site web alors qu'ils sont calculés à partir de l'historique d'achat et de navigation de l'utilisateur. Le pouvoir de persuasion de cette technique est amplifié par le caractère immersif d'une expérience dans un métavers.

Il est clair que l'ampleur de la collecte des données concernant l'utilisateur, ainsi que leur précision, couplées à une possible expérimentation et une optimisation (test A/B) facilitées par le recours à des algorithmes analysant l'impact de cet environnement à grande échelle à partir de millions de données (*clickstream data*), favorise le développement de ces mécanismes d'adaptation.

Il en résulte une tension entre la volonté de l'utilisateur d'évoluer dans un environnement numérique 3D le plus adapté possible à ses centres d'intérêts et le risque que la personnalisation de cet environnement l'expose à des manipulations conçues pour influencer ses décisions. Il peut en résulter une atteinte à l'autonomie des personnes, a fortiori de celles qui sont en situation de vulnérabilité. En effet, ces adaptations en temps réel peuvent entraver l'utilisateur dans l'exercice de sa liberté de choisir et ainsi réduire son autodétermination.

À cet égard, il convient de relever que plusieurs textes encadrent désormais le recours à ces pratiques trompeuses, en particulier les interfaces de choix manipulatoires, notamment en ce qui concerne leur utilisation par les applications numériques comme les réseaux sociaux et les places de marché en ligne¹⁷¹ ou encore les systèmes d'intelligence artificielle¹⁷². Il convient alors de s'assurer que ces différents dispositifs juridiques s'appliquent de façon efficiente aux mondes numériques 3D et, le cas échéant, de vérifier s'ils suffisent à appréhender leurs spécificités. Un tel encadrement paraît d'autant plus nécessaire dans ce contexte dans la mesure où le traitement algorithmique des données des utilisateurs pourrait conduire à identifier et exploiter leurs vulnérabilités.

Afin de garantir à l'utilisateur une certaine autodétermination et une réelle indépendance de choix, il peut lui être proposé un système de paramétrage afin de déterminer s'il souhaite ou non une personnalisation de l'environnement. Dans ce cas, l'effectivité d'un tel choix, qui devrait être libre et éclairé, serait conditionnée par le fait que ce système de paramétrage soit aisément compréhensible, accessible, et ce à n'importe quel moment.

Outre la modification en temps réel de l'environnement, la manipulation de l'utilisateur pourrait résulter de ses **interactions avec des avatars** contrôlés par des systèmes numériques et visant à exploiter ses ressentis émotionnels (*affective computing*) pour influencer ses décisions et comportements¹⁷³.

ENCART

LES ESCROQUERIES DANS LES MÉTAVERS

Pourront se retrouver dans les métavers des techniques d'escroquerie (souvent qualifiées d'arnaques) existant dans le monde réel mais qui seront amplifiées par le pouvoir de persuasion des avatars. Ainsi des tentatives d'hameçonnage (*phishing*) *via* des échanges directs avec un avatar présentant l'apparence d'un membre de la famille demandant une aide rapide sous forme de versement d'une somme d'argent ou encore d'une représentation « officielle » d'une structure (publique ou privée) et demandant, en le justifiant, l'accès à des informations confidentielles. On peut en particulier penser à la technique consistant pour un escroc à se faire passer pour un employé d'un établissement bancaire qui connaît un grand nombre de détails sur l'identité et les comptes de la victime, et qui, sous couvert de le prémunir d'une attaque en cours, lui soutire des codes d'accès confidentiels. Très « performante » à l'heure actuelle en utilisant une conversation téléphonique ou des SMS émanant d'un numéro associé à sa banque pour mettre en confiance la victime, cette technique sera très certainement encore « améliorée » dans les métavers.

Compte tenu de ces enjeux de manipulation, des réflexions sont menées sur la nécessité d'assurer un droit au respect de l'intégrité psychique de l'utilisateur d'un métavers¹⁷⁴.

171. Règlement (UE) 2022/2065 sur les services numériques, article 25.

172. Proposition de Règlement sur l'intelligence artificielle, article 5.1.a ; v. également le considérant 16.

173. v. CNPEN (2022), Avis n°3, Agents conversationnels : enjeux d'éthique, et CNPEN (2023), Avis n°7, Systèmes d'intelligence artificielle générative : enjeux d'éthique.

174. C. Zolynski, J. Rochfeld (2022), La valeur des émotions : quel régime pour le « capitalisme mental » ?, in *Mélanges en l'honneur de P. Sirinelli*, Dalloz, pp. 749-770 ; C. François, R. Ronfard, A. Basdevant, Mission exploratoire interministérielle sur les métavers, p. 8c.

NEUROTECHNOLOGIES ET NEURODROITS

Même si les métavers ne s'inscrivent pas directement dans le champ des neurotechnologies, il est intéressant de noter qu'au Chili, la Chambre des députés a voté le 29 septembre 2021 une loi sur les droits cognitifs, ou « neurodroits », qui établit que, dans le respect de « l'intégrité physique et psychique » d'une personne, « aucune autorité ou individu » ne pourra, à partir des technologies sur le cerveau humain, « augmenter, diminuer ou perturber cette intégrité individuelle sans le consentement approprié »¹⁷⁵. L'UNESCO a en outre publié un rapport sur les aspects éthiques des neurotechnologies qui met en exergue la nécessité de protéger (1) l'intégrité cérébrale/mentale au titre de la dignité humaine, (2) l'identité personnelle et la continuité psychologique, (3) l'autonomie de la personne humaine, (4) la vie privée mentale. Une Charte des neuro-droits est également actuellement en cours de discussion¹⁷⁶. Des travaux sont aussi engagés dans le cadre de la *Neuro Rights Foundation* au niveau international.

RECOMMANDATIONS

S4 (Aux pouvoirs publics) Analyser le cadre légal existant afin de s'assurer qu'il permet d'interdire et de sanctionner de façon efficiente les pratiques trompeuses ou manipulatoires résultant de la modification de l'environnement immersif en fonction de l'exploitation des données et des interactions de l'utilisateur d'un métavers, en portant une attention particulière à l'utilisation des systèmes d'intelligence artificielle à cette fin.

S5 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux exploitants de métavers un devoir d'information, claire et compréhensible, relativement à la possible modification de l'environnement immersif par l'exploitant en fonction des données physiologiques, comportementales et d'interactions qui sont collectées.

S6 (Aux fabricants et aux exploitants de métavers) Développer un système de paramétrage aisément compréhensible et accessible et ce, à n'importe quel moment, pour que l'utilisateur puisse exprimer son choix parmi différentes options :

- aucune adaptation de l'environnement immersif (tous les utilisateurs qui ont fait ce choix « voient » la même chose) ;
- adaptation de l'environnement immersif avec une prise en compte de ses intérêts déclarés explicitement ;
- adaptation de l'environnement immersif incluant des modifications basées sur l'exploitation des données de l'utilisateur par l'exploitant du métavers ou bien par des entreprises tierces développant une activité dans ce métavers.

3.2.2.2 ENJEUX D'INFLUENCE ET DE MANIPULATION À L'ÉGARD DE LA SOCIÉTÉ

Les enjeux d'influence et de manipulation à l'égard de la société sont relatifs aux contenus qui peuvent être diffusés au sein des métavers tels que les **discours haineux ou discriminatoires** basés en particulier sur l'apparence extérieure (*body shaming*), l'origine ethnique et sociale, la religion ou l'orientation sexuelle de personnes, et les campagnes de **désinformation** ou de **complotisme**. Ces pratiques sont utilisées par des groupes complotistes ou des sectes pour convaincre et attirer de nouveaux adeptes ou adeptes.

Tous ces phénomènes, bien connus sur les réseaux sociaux¹⁷⁷, se retrouvent dans les métavers, ce qui contribue à entretenir des tensions et des affrontements au sein de la société, d'autant que leur impact sera amplifié en raison de l'immersion de l'utilisateur dans un monde imaginaire qui génère un sentiment de présence crédibilisant ce qu'il y vit (*cf. Section 2.2 Réalité virtuelle*).

Rappelons en particulier que la propagande repose sur la diffusion d'informations trompeuses ou préjudiciables qui jouent un rôle central dans les enjeux d'influence et de manipulation à l'égard de la société. Ces informations peuvent prendre des formes variées : textes, paroles, images, vidéos, etc. Si de telles pratiques existent depuis longtemps, le numérique a largement contribué à les amplifier, pour deux raisons principales. Tout d'abord, comme pour le discours de haine, le caractère multiplicateur de la diffusion d'informations sur Internet et les réseaux sociaux a permis de toucher une population de plus en plus importante ; en outre, le numérique permet de cibler des destinataires, contrairement aux médias de masse préexistants, comme la radio ou la télévision, et donc de créer et d'entretenir des bulles de personnes partageant des intérêts et des opinions similaires. Ensuite, l'évolution récente des systèmes d'intelligence artificielle, et plus précisément d'IA générative, a rendu aisé et très performante la manipulation de photos et de vidéos¹⁷⁸ pour diffuser des fausses informations (*deep fake*). Les métavers s'inscrivent dans cette évolution globale et représentent une étape supplémentaire, notamment en termes de pouvoir d'évocation et de persuasion.

Une façon d'y parvenir consiste, à des fins de **désinformation**, en la production et la diffusion de fausses informations dans un monde numérique 3D en construisant une séquence 3D dynamique où des avatars représentant des personnalités publiques tiennent des propos falsifiés, voire totalement inventés, et/ou se livrent à des actions compromettantes ou répréhensibles. Cette possibilité a des effets tant sur la personne (notamment pour le faire chanter et lui extorquer de l'argent) (*cf. Section 3.1.1.4 Enfants et adolescents*) que sur la société par exemple pour tenter d'influencer, y compris depuis des pays étrangers, le résultat d'élections.

175. Loi 21383 SOLE Art. N° 1 et 2 DO 25.10.2021 : « Le développement scientifique et technologique est au service des individus et s'effectue dans le respect de la vie et de l'intégrité physique et mentale. La loi régleme les exigences, les conditions et les restrictions relatives à son utilisation sur les personnes, et protège particulièrement l'activité cérébrale ainsi que les informations qui en découlent ».

176. UNESCO (2021), Rapport du Comité international de bioéthique de l'UNESCO (CIB) sur les aspects éthiques des neurotechnologies (SHS/BIO/IBC-28/2021/3 Rev).

177. <https://www.arcom.fr/nos-ressources/etudes-et-donnees/mediatheque/lutte-contre-la-diffusion-de-contenus-haineux-en-ligne-bilan-des-moyens-mis-en-oeuvre-par-les-plateformes-en-ligne-en-2022-et-perspectives>

178. Illustration, par exemple, avec les images du pape François revêtu d'une doudoune qui ont fait le tour du monde.

RECOMMANDATIONS

S7 (À toutes les parties prenantes) Prendre pleinement conscience des capacités de nuisances sociétales (désinformation, déstabilisation) et de l'impact anthropologique des métavers résultant de la modification des relations interindividuelles et de la mutation de la relation à l'information et au savoir.

S8 (Aux pouvoirs publics) Imposer aux exploitants de métavers un devoir d'information, claire et compréhensible, relativement à la possibilité de désinformation et de manipulation émanant d'avatars dans un métavers.

3.2.3 RESPONSABILITÉ

L'utilisation des environnements immersifs comporte un certain nombre de risques — environnementaux, individuels et collectifs — et, dans un métavers, les actes répréhensibles peuvent avoir des effets importants sur les utilisateurs. Dans la mesure où les métavers peuvent conduire à des situations préjudiciables, notamment lorsqu'ils donnent lieu à des comportements illicites, rappeler à l'ensemble des acteurs qu'il existe une « responsabilité éthique » ou, pour reprendre la formule du philosophe H. Jonas, une « éthique de la responsabilité » face aux « risques technologiques »¹⁷⁹ semble indispensable pour rendre ces nouveaux mondes « habitables »¹⁸⁰.

Les enjeux de responsabilité revêtent toutefois une certaine complexité. Cette complexité tient en particulier au stade de développement précoce des métavers et à l'incertitude du cadre juridique existant en ce qui concerne tant l'applicabilité de textes adoptés récemment par l'Union européenne que les propositions portées par les projets législatifs visant potentiellement à réguler ces nouveaux environnements ou certains de leurs aspects¹⁸¹. Ce à quoi il convient d'ajouter le caractère « déterritorialisé » de ces espaces qui n'est pas sans soulever la question de l'extraterritorialité¹⁸² des règles juridiques. Une autre question est celle de la définition d'un ordre public visant à assurer la préservation de valeurs et leur mise en œuvre.

Cette complexité tient également à la grande diversité de risques résultant de l'usage des métavers, aussi bien individuels que collectifs, d'autant que certains d'entre eux ne sont pas — ou pas encore — suffisamment documentés ou aisément quantifiables. Ainsi, si la nocivité des impacts pour l'environnement est avérée et difficilement contestable dans la mesure où des études documentées existent (cf. *Section 3.3 Enjeux concernant l'environnement*), les risques sur la société — sur le plan sociétal ou anthropologique — peuvent, pour l'instant, paraître plus abstraits.

Une autre difficulté ressort de l'attribution de la responsabilité. Elle résulte notamment de la multiplicité des acteurs susceptibles d'intervenir à un niveau ou un autre de la chaîne de valeurs. En outre, au sein des métavers, la responsabilité peut être difficile à définir et à attribuer en raison de la nature même de ces environnements immersifs. Quoiqu'il en soit, il convient de rappeler que la responsabilité présuppose la capacité de comprendre le sens et les conséquences de ses actes, ce qui écarte d'emblée l'hypothèse d'une responsabilité des avatars contrôlés par des systèmes numériques. S'agissant des exploitants et fabricants des métavers, en revanche, ces derniers pourraient être tenus responsables dans le cas où ils proposeraient un monde numérique où certaines représentations seraient biaisées, par exemple en ce qui concerne le genre ou la couleur de la peau choisie pour ces avatars y compris pour les effets à long terme¹⁸³.

179. H. Jonas (1990), *Le principe responsabilité*, Paris, Le Cerf, p. 30-31. Voir aussi : H. Jonas (1974), *Technologie et responsabilité : pour une nouvelle éthique*, *Esprit*, p. 163-184.

180. Pour paraphraser, une fois encore, H. Jonas, lequel met l'accent sur l'obligation d'assurer « l'existence d'un monde habitable ». Voir : T. Vaissière, (1999), « L'éthique de responsabilité chez Hans Jonas à l'épreuve du droit international de l'environnement », vol. 43, no. 2, pp. 135-199.

181. L'Union européenne a entrepris d'adopter un certain nombre de règlements et de directives dans le domaine du numérique, dont beaucoup ne sont encore qu'au stade de projet ou de négociations. Pour d'autres, récemment adoptés, se pose la question de leur applicabilité aux métavers : Règlement (UE) 2022/2065 sur les services numériques, Règlement (UE) 2022/1925 sur les marchés numériques, Proposition de Règlement sur l'intelligence artificielle, Règlement (UE) 2023/2854 sur les données.

182. Dont le champ d'application excède la compétence territoriale.

183. TechEthos D2.2: Identification and specification of potential ethical issues and impacts and analysis of ethical issues », L. Adomaitis, A. Grinbaum, D. Lenzi (2022), <https://zenodo.org/record/7619852>

L'ABSENCE DE RESPONSABILITÉ DE L'AVATAR

Comme évoqué plus haut, les avatars qui peuplent les métavers peuvent être de deux types : les avatars contrôlés par des utilisateurs, personnes physiques, et les avatars contrôlés par des systèmes numériques. Pour ces derniers, il convient de rappeler qu'un système numérique ne bénéficie pas d'une personnalité juridique, ni de la qualité de personne morale, quelles que soient son apparence et les éventuelles attributions et projections qu'il peut susciter. En conséquence, en cas de préjudice, les avatars contrôlés par des systèmes numériques ne peuvent être, en tant que tels, considérés comme responsables¹⁸⁴. Si certaines voix ont pu un temps plaider pour la création d'une personnalité juridique d'un agent numérique susceptible d'engager sa responsabilité¹⁸⁵, le CNPEN écarte catégoriquement la piste consistant à tenir pour responsables des « personnes électroniques » (sic), lesquelles seraient tenues de « réparer tout dommage causé à un tiers »¹⁸⁶. En effet, comme cela a pu être souligné¹⁸⁷, cette proposition soulève plus de problèmes d'ordre éthique et juridique qu'elle n'apporte de solutions réelles.

3.2.3.1 LES RESPONSABILITÉS ASSOCIÉES À L'ACTIVITÉ DES FABRICANTS ET EXPLOITANTS

Tous à leur échelle, et quel que soit le domaine technique qui les concerne, les fabricants et exploitants impliqués dans la conception et le déploiement des métavers peuvent contribuer aux effets néfastes du développement et de l'utilisation des métavers sur les utilisateurs – individuellement et/ou collectivement – et sur notre environnement (consommation de ressources, d'énergies, production de déchets en fin de vie des matériels).

La responsabilité peut revêtir, en fonction des risques et du contexte, une dimension morale¹⁸⁸, éthique ou juridique, étant entendu que la difficulté tient à déterminer *a priori* des régimes de responsabilité pour chacun des acteurs concernés. Il convient de souligner que la responsabilité juridique et les éventuelles sanctions n'épuisent pas tous les moyens susceptibles de répondre aux risques posés par les métavers, ce qui invite également à envisager des mécanismes plus souples de responsabilisation de ces acteurs.

Concernant des risques individuels ou sociétaux liés à des comportements malveillants d'utilisateurs ou d'organisations,

les fabricants et exploitants des métavers engagent leur responsabilité éthique, et éventuellement juridique, à partir du moment où ils sont alertés des actes dommageables quels qu'il soient (discours discriminatoires ou haineux, manipulation des opinions, agressions, harcèlements) et ne réagissent pas – ou ne réagissent pas de façon suffisamment efficace. À cet égard, ces acteurs devraient prendre des mesures visant à signaler des actes répréhensibles, comme cela est consacré notamment par le Règlement (UE) 2022/2065 sur les services numériques pour les réseaux sociaux, à identifier leurs auteurs et, le cas échéant, à les sanctionner ou à archiver les éléments techniques nécessaires à des fins de poursuites judiciaires.

Cela pose en particulier la question de la **détection** et de la **modération des contenus et comportements** préjudiciables. La question de la modération des contenus illicites est bien connue pour les plateformes numériques, en particulier les réseaux sociaux (contenus contrefaisants, discours haineux, désinformation...). Combinant l'action de modérateurs humains et d'algorithmes, elle consiste, soit à identifier un contenu dommageable et à le supprimer s'il est classifié comme étant illicite, soit à l'associer à une étiquette formalisant une incertitude sur son statut sous la forme d'une alerte. Cette modération peut être à « caractère préventif » – soit *ex ante*, avant la diffusion publique du contenu – ou *ex post*, par le biais de la suppression ou de la baisse de visibilité du contenu.

Dans le cas des métavers, il est très difficile de transposer ces mécanismes pour la modération des dialogues et des comportements préjudiciables. D'une part, le caractère massif et en temps réel des interactions ne permet pas d'envisager une détection ou une modération purement humaines. D'autre part, concernant la modération algorithmique, la difficulté tient à l'absence de d'enregistrement des comportements en raison du caractère synchrone des métavers : les dialogues et les actions n'étant pas enregistrés par défaut et donc n'étant pas consultables après leur réalisation, il est impossible de les supprimer (*cf. Section 2.1.1 Encart La gestion du temps*).

On peut cependant envisager l'introduction de mécanismes d'enregistrement de traces de séquences réalisées dans un métavers (échanges verbaux, voire gestuels) analysables *a posteriori* et pouvant éventuellement servir à la pré-constitution d'une preuve d'un comportement malveillant, voire illicite. Cet enregistrement pourrait se faire soit de façon continue, soit en étant déclenché explicitement, à l'initiative d'un utilisateur ou bien du système gérant le métavers. Dans le premier cas, on peut faire l'analogie avec des automobilistes qui installent dans leur véhicule une caméra filmant l'environnement extérieur pour garder trace du comportement des autres conducteurs en cas de problème

184. G. Loiseau (2023), « Intelligence artificielle et droit des personnes », in *Droit de l'Intelligence artificielle*, dir. Bensamoun, A. et Loiseau G., Lexis Nexis, 2^{ème} édition, p. 39, n°106 & s. et G. Loiseau (2018), « La personnalité juridique des robots : une monstruosité juridique », *JCP G* 597 ; M. Bacache, « Intelligence artificielle et droits de la responsabilité et des assurances », in *Droit de l'intelligence artificielle*, préc., p. 69. Adde, A. Bensamoun et J. Farchy (2020), rapport pour le CSPLA sur les enjeux juridiques et économiques de l'intelligence artificielle dans les secteurs de la création culturelle, p. 36.

185. A. Bensoussan (2015), *Droit des robots*, Larcier, p. 41 s. et « La personne robot », *Recueil Dalloz 2017*, p. 2044 ; M. Willick (1983), « Artificial Intelligence: Some legal approaches and applications », *4 :2 AI Mag 5* ; Résolution du Parlement européen du 16 févr. 2017 contenant des recommandations à la Commission concernant des règles de droit civil sur la robotique, 2015/2103(INL).

186. En ce sens également, CESE (2017), *Les retombées de l'Intelligence artificielle pour le marché unique (numérique), la production, la consommation, l'emploi et la société*, point 112.

187. V. notamment G. Loiseau, articles préc. ; A. Bensamoun et G. Loiseau (2017), « L'intégration de l'intelligence artificielle dans l'ordre juridique en droit commun : questions de temps », *Dalloz IP/IT*, p. 239.

188. Par exemple celle des chercheurs quant à l'utilisation de leurs résultats à ces effets néfastes.

alors que dans le second, on peut penser à des caméras de surveillance de la circulation placées à des points fixes.

Une piste de recherche vise à concevoir des algorithmes de reconnaissance comportementale, qui pourraient déclencher l'enregistrement à partir de la détection d'un comportement supposé à risque pour l'utilisateur. Cette solution technologique crée cependant une tension au regard de la détection de faux positifs (l'algorithme identifierait de façon erronée un comportement nuisible), avec en conséquence des atteintes potentielles aux droits et libertés fondamentaux dans le cas où ces algorithmes seraient utilisés pour une modération automatique ou un signalement auprès d'autorités compétentes. Une autre difficulté concerne la possibilité de constituer des preuves falsifiées en manipulant le contenu de ces enregistrements.

Ces difficultés conduisent à promouvoir la responsabilisation des opérateurs pour anticiper et prévenir de tels risques. Il paraît dès lors souhaitable d'intégrer, dès la conception d'un métavers, des principes éthiques afin de préserver la sécurité, le bien-être, voire la santé de l'utilisateur, comme par exemple le refus de développer des interfaces trompeuses (cf. [Section 3.2.2.1 Enjeux de d'influence et de manipulation sur les personnes](#)) ou d'intégrer des mécanismes visant à prolonger la durée de connexion d'un utilisateur (cf. [Section 3.1.1.2 Enjeux psychologiques](#)).

Il s'agirait notamment de mettre en œuvre des mesures de **protection**, par exemple la création d'un périmètre d'exclusion qui interdit à un avatar non autorisé de pénétrer dans une zone de proximité ou encore l'impossibilité de contact avec certaines parties de son corps. Afin de préserver l'autonomie de l'utilisateur, on pourrait envisager un **paramétrage de ces mécanismes** en fonction des contextes (environnements fréquentés ou avatars avec lesquels il interagit). On peut aussi évoquer un mécanisme de déconnexion immédiate, accessible en permanence, qu'un utilisateur peut actionner en cas de danger, tout en prévoyant une transition douce pour éviter les déconnexions immersives trop brutales qui pourraient provoquer des effets néfastes. Ces mesures sont à ce jour partielles et il convient de les étendre.

Dès lors, pourraient engager leur responsabilité les fabricants et exploitants qui n'auraient pas informé de façon adéquate les utilisateurs ou qui n'auraient pas mis en œuvre des systèmes de modération ou de protection destinés à prévenir les comportements inappropriés. Plus généralement, les exploitants des métavers pourraient engager leur responsabilité s'ils n'ont pas tenu informés les utilisateurs des risques de toute nature que comporte l'accès aux environnements numériques immersifs. En outre, la responsabilité du fabricant de matériel pourrait être engagée s'il distribue des dispositifs haptiques dont le contrôle est inefficace, voire déficient, et qui peuvent causer des préjudices physiques (brûlures, forces...) ou encore dès qu'il néglige les effets néfastes de la lumière bleue (cf. [Section 3.1.1.1 Enjeux physiologiques](#)) soit au moment de la conception soit par l'absence de réglages accessibles à l'utilisateur. Les exploitants des métavers devraient inciter les utilisateurs à adopter eux-mêmes un comportement responsable en les sensibilisant aux questions d'éthique, comme celles relatives aux enjeux environnementaux ou les questions d'équité, d'inclusivité et de non discrimination (voir [les recommandations P7, P20, S7, S12, E4, E7](#)).

Cela nécessite de réfléchir à la méthode à suivre afin d'identifier les divers risques résultant du déploiement et de l'usage des métavers, dont ceux relatifs aux comportements de certains utilisateurs, en tenant compte de l'évolution technologique continue des métavers et des innovations à venir. Dans l'hypothèse où un fabricant ne mettrait pas en œuvre des mécanismes de protection suffisants par rapport à un risque, déterminer son niveau de responsabilité supposerait alors de différencier le degré d'avancement des connaissances en termes de risques identifiés : (1) non encore perçus, (2) perçus ou conjecturés mais non encore démontrés par des études, (3) documentés dans la littérature scientifique mais n'ayant pas encore fait l'objet de cadre normatif, (4) identifiés et encadrés par des normes. Ainsi, il pourrait être envisagé de soumettre à une obligation de vigilance dans la durée tant les fabricants et les exploitants de métavers que les entités développant leur propre environnement à l'intérieur d'un métavers. Il leur reviendrait alors de procéder à une analyse de risques, d'adopter des mesures d'atténuation des risques et d'en rendre compte auprès du régulateur et de la société civile suivant le modèle de régulation systémique imposé aux très grandes plateformes par le Règlement (UE) 2022/2065 sur les services numériques¹⁸⁹. Il est important de souligner la nécessité de soumettre cette analyse de risque à un processus d'audit indépendant ainsi qu'au contrôle du régulateur dès lors qu'il s'agit d'une condition essentielle pour véritablement responsabiliser les opérateurs, dans la mesure où une simple auto-évaluation pourrait s'avérer inefficace.

RECOMMANDATIONS

S9 (Aux fabricants et exploitants) S'agissant des actes répréhensibles commis dans un métavers, prévoir des mesures visant à les détecter, les caractériser et à en identifier les auteurs. Le cas échéant, permettre la constitution de moyens de preuve à des fins de poursuites judiciaires.

S10 (Aux chercheurs) Conformément au préambule de la recommandation P1, mener une réflexion en vue de développer des projets de recherche afin de concevoir des algorithmes de reconnaissance comportementale pouvant déclencher l'enregistrement à partir de la détection d'un comportement supposé à risque pour l'utilisateur.

189. Règlement (UE) 2022/2065 sur les services numériques, articles 35 et 36.

3.2.3.2 LES RESPONSABILITÉS ASSOCIÉES AUX ACTIONS DES UTILISATEURS AU SEIN DES MÉTAVERS

S'ils ne contribuent pas, pour la plupart d'entre eux, à concevoir, développer¹⁹⁰, déployer ou exploiter les métavers, les utilisateurs sont néanmoins des acteurs essentiels qui jouent un rôle clé dans le bon fonctionnement de ces univers immersifs, du fait même de leur présence *via* leur(s) avatar(s). En particulier, l'action des avatars au sein de ces univers immersifs, et plus encore leurs interactions, sont susceptibles de causer des situations inappropriées, dommageables, voire illicites. Aussi est-il impératif de rappeler qu'un métavers ne peut être une zone de non droit, que le comportement d'un utilisateur dans un métavers n'est pas virtuel — au sens, imaginaire — et qu'il peut causer des préjudices réels. Les utilisateurs sont donc susceptibles d'engager leur responsabilité morale, éthique ou juridique s'ils se livrent à des actions répréhensibles ou illégales, les exposant à des sanctions diverses (bannissement de la plateforme ou poursuites judiciaires dans les cas les plus graves). Dans cette dernière hypothèse, il s'agira de s'assurer de l'efficacité du régime de responsabilité, sur le plan juridique, et de la nécessité d'adapter certaines dispositions en cas de besoin. On soulignera qu'il existe actuellement des discussions sur l'opportunité d'étendre la qualification de « viol » en droit pénal à des agressions sexuelles qui seraient commises dans des métavers *via* des avatars (avec ou sans dispositif haptique). Une autre piste consisterait à créer une nouvelle catégorie d'infractions propres aux environnements immersifs (cf. *Section 3.1.1.2 Enjeux psychologiques*).

Cela appelle néanmoins plusieurs remarques concernant l'imputabilité de l'acte répréhensible. D'une part, comme le souligne le rapport TechEthos¹⁹¹, un utilisateur dans un environnement immersif peut commettre un acte répréhensible, mais l'environnement lui-même peut avoir été conçu pour le permettre, voire pour l'encourager. Dans cette hypothèse, on ne saurait pour autant admettre que l'utilisateur échappe à sa responsabilité du fait qu'il ait la capacité technique de réaliser de tels actes. On pourrait toutefois interroger celle du fabricant ou exploitant du métavers pour ne pas avoir conçu l'interface afin de prévenir la commission de tels actes (v. supra). D'autre part, l'imputabilité peut être questionnée en cas de perte ou d'absence de maîtrise de son avatar par l'utilisateur (erreur de fonctionnement (*bug*) ou détournement (*hacking*) du système, etc.) ; la difficulté consistera alors, pour ce dernier, d'en rapporter la preuve afin de s'exonérer de sa responsabilité.

Il convient par ailleurs d'envisager la **responsabilisation des utilisateurs** à travers différentes modalités complémentaires. Avant l'expérience immersive, l'utilisateur potentiel doit être en mesure de s'informer sur le contenu et le fonctionnement d'un métavers *via* une documentation claire et précise (accessible sur un site internet par exemple). Pendant l'expérience, il est possible d'alerter l'utilisateur sur les enjeux d'éthique, par exemple en organisant au sein des métavers des campagnes de sensibilisation « en temps réel » ou encore par l'édition et la diffusion de documents comme

des « chartes éthiques ». À cet égard, on peut souligner que le recours à des images ou des vidéos peut avoir plus d'efficacité qu'un texte (qu'il soit en ligne ou au format papier). D'autres mécanismes de responsabilisation permettant une plus grande information des utilisateurs sur les impacts des comportements des avatars dans le monde dit réel peuvent également être envisagés, comme des formations sur les risques, tout particulièrement en ce qui concerne les mineurs (en milieu scolaire par exemple).

Plus généralement, et comme le souligne le Comité d'éthique des données d'éducation (cf. *Annexe 1*), un enjeu éthique primordial concernant le développement des métavers réside dans la formation des utilisateurs sur les opportunités et les risques de ces nouvelles formes d'interaction afin de développer leur réflexivité, et plus généralement développer leur connaissance du numérique.

RECOMMANDATIONS

S11 (Aux pouvoirs publics) Évaluer la nécessité d'adapter — au niveau national, européen ou international — les régimes de responsabilité pour tenir compte de la spécificité et des problèmes juridiques et enjeux d'éthique posés par les métavers en prenant notamment en compte les règlements européens concernant le numérique.

S12 (Aux pouvoirs publics et aux exploitants) Mener des actions de sensibilisation à destination des utilisateurs sur le fonctionnement des métavers et sur les enjeux d'éthique relevant de leurs comportements dans les métavers et de leurs effets sur les autres utilisateurs dans le monde dit réel. Alerter les utilisateurs sur les risques liés à leurs interactions dans les métavers afin de développer leur sens critique.

190. Il faut tout de même mentionner la capacité offerte par certains métavers de faire modifier des parties d'un monde numérique 3D par des utilisateurs.

191. TechEthos D2.2: Identification and specification of potential ethical issues and impacts and analysis of ethical issues », L.Adomaitis, A. Grinbaum, D. Lenzi (2022), <https://zenodo.org/record/7619852>

3.2.4 SOUVERAINETÉ

La Commission de réflexion sur l'Éthique de la Recherche en sciences et technologies du Numérique d'Allistene (CERNA) soulignait dans son avis d'octobre 2018 *La souveraineté à l'ère du numérique. Rester maîtres de nos choix et de nos valeurs*¹⁹², « les enjeux éthiques [...] sont de deux ordres :

1. en l'absence de souveraineté, les choix résultant d'une réflexion rationnelle et de l'expression d'une volonté libre ne peuvent être mis en œuvre, la souveraineté est donc essentielle à une éthique appliquée ;
2. par ailleurs, le numérique transforme, mais ne supprime pas, l'expression classique de la souveraineté des peuples. L'ère numérique, malgré ses effets de globalisation, ne gomme ni l'expression des diversités culturelles ni le besoin et le droit des communautés humaines de se gouverner et se forger un destin autour de valeurs, d'esthétiques et de choix politiques partagés ».

Dans ce contexte, au-delà de la souveraineté nationale au sens classique et historique du terme, de nouvelles souverainetés peuvent être définies. On parle ainsi de souveraineté européenne, de souveraineté scientifique, de souveraineté technologique, de souveraineté économique, de souveraineté individuelle et, bien sûr, de souveraineté numérique.

Cela conduit donc, comme décrit dans l'avis de la CERNA, à considérer la souveraineté d'une entité en fonction non seulement de certains attributs, mais surtout en évaluant la capacité réelle et non théorique de cette entité à maîtriser les attributs dont elle revendique avoir le contrôle. La mise en œuvre d'une telle approche n'a de sens que si elle est accompagnée du droit approprié permettant d'identifier et de fonder chacun des éléments de cette définition : quelle est la définition précise de l'entité ? Quels sont les attributs dont elle revendique le contrôle ? Cette revendication est-elle légitime et sur quelle législation s'appuie-t-elle ? Comment s'exerce la capacité de l'entité à assumer concrètement cette maîtrise ?

Au terme *souveraineté* qui est souvent entendu par défaut comme étant la souveraineté nationale, on peut préférer le terme *autonomie stratégique*¹⁹³, souvent employé maintenant dans le cadre européen, mais les deux termes décrivent bien la même capacité d'avoir le *pouvoir de pouvoir*. Dans cet avis, sera conservée l'acception la plus courante, souvent complétée par le cadre dans lequel elle doit être comprise, comme par exemple la souveraineté numérique individuelle ou bien la souveraineté technologique européenne.

Dans le cadre de la réalité virtuelle et augmentée et en particulier des métavers, les enjeux de souveraineté sont nombreux.

Une souveraineté individuelle. La collecte de données personnelles est massive et concerne aussi bien les aspects physiologiques (fréquence cardiaque, direction du regard, ...) que cognitifs (délais et types d'actions et réactions, électroencéphalogramme, ...) ou encore d'intérêts (types de sites abordés...). La maîtrise de ce qui est fait de ces données est essentielle et constitue un enjeu majeur de souveraineté

individuelle qui recouvre une réalité plus complexe que ce qui était jusqu'alors pris en compte dans la notion d'autonomie individuelle ; ceci dans un contexte où il est à la fois techniquement complexe pour un utilisateur de déterminer et comprendre les traitements primaires et secondaires qui sont faits de ses données (d'une manière instantanée ou différée) et où l'intrication de nombreux systèmes ne permet pas facilement, voire gêne ou empêche, une telle compréhension. Un enjeu d'éthique majeur est de veiller à la confidentialité de ces données individuelles à la fois en responsabilisant autant que faire se peut les utilisateurs et en mettant en œuvre, en particulier au niveau européen, les règlements donnant aux utilisateurs la maîtrise des informations générées et inférées à partir des données collectées.

Une souveraineté culturelle. À l'heure actuelle, les acteurs majeurs du monde numérique sont issus des États-Unis (GAFAM) et de la Chine (BATX). Sans surprise, le même constat s'impose dans le domaine des métavers avec une prépondérance actuellement plutôt américaine pour ce qui concerne la France et l'Europe. Mais il faut compter avec la capacité d'autres acteurs de pouvoir utiliser des briques de base largement disponibles pour développer et mettre en œuvre des systèmes impliquant des valeurs culturelles diverses. Elles peuvent concerner les aspects musicaux, juridiques, littéraires, historiques, de bien-être, médicaux, ludiques, vestimentaires, langagiers, etc. Or les valeurs, les cultures, les visions du monde influent directement sur la façon de développer certaines fonctionnalités des systèmes numériques. Il est important que, par exemple, un utilisateur français ou européen puisse choisir s'il le souhaite des métavers fondés sur ses propres références culturelles et valeurs nationales ou continentales et qu'il puisse faire des choix parmi les systèmes auxquels il aura la capacité d'accéder. Cette capacité de choix éclairé relève donc des souverainetés culturelle et individuelle, et représente un enjeu majeur de la réflexion éthique sur les applications de ces technologies.

C'est sur ce thème de la souveraineté culturelle que le président de la République a insisté dans son discours prononcé à Aubervilliers le 17 mars 2022 : « *Nous nous battons pour bâtir un métavers européen. C'est un sujet clé à la fois pour, évidemment la création, mais pour la capacité à permettre à tous nos créateurs, quel que soit d'ailleurs le champ culturel qui est le leur ou leur champ d'activité, de créer et de ne pas dépendre d'acteurs et d'agréateurs anglo-saxons ou chinois, qui pourront totalement contourner sinon les règles aujourd'hui de respect des droits d'auteurs et du droit voisin.* »

Derrière ce défi culturel, il y a assurément un enjeu politique de premier ordre qui n'est sans doute pas nouveau. Le premier numéro de la Revue d'histoire culturelle lancé en 2020 s'articulait autour de la question « *la culture, ça sert aussi à gouverner ?* » à laquelle les historiens travaillant sur différentes époques ont répondu unanimement par l'affirmative. Ce qui peut être plus nouveau aujourd'hui, à l'ère du numérique, c'est que l'on doit aussi s'interroger pour savoir si « *la culture, ça sert aussi à être gouverné ?* ».

Enfin, la souveraineté culturelle dépend également de la capacité technologique d'une entité donnée (une entreprise, une association, un État...) à pouvoir développer des métavers

192. http://cerna-ethics-allistene.org/digitalAssets/55/55160_AvisSouverainete-CERNA-2018-05-27.pdf

193. L'autonomie stratégique peut être déclinée dans l'espace « politique » (prise de décision), « opérationnel » (aptitude à planifier de manière indépendante) et « industriel » : [https://www.defnat.com/pdf/Dumoulin%20\(T%201211\).pdf](https://www.defnat.com/pdf/Dumoulin%20(T%201211).pdf)

dans un espace culturel donné (spatialement mais aussi temporellement).

Une souveraineté technologique. Les aspects technologiques sous-jacents aux développements des métavers sont cruciaux et constituent un enjeu essentiel de compétitivité et de capacité d'innovation. Cette souveraineté technologique peut être attachée à des entités très différentes : des entreprises, des centres de recherche, des régions, des pays ou des associations régionales. Ces différentes entités peuvent s'affronter sur la maîtrise des éléments technologiques permettant de développer des métavers. Les enjeux d'éthique reposent sur la capacité de ces entités à maîtriser le développement et la mise en œuvre de métavers au niveau de l'état de l'art.

Une souveraineté nationale. L'aspect intégratif des métavers concerne, cela vient d'être souligné, les technologies nécessaires à leurs développements, mais aussi des attributs majeurs des nations qui édictent des lois ou des règles, notamment pour battre monnaie, rendre justice, prélever l'impôt, maintenir l'ordre et assurer la sécurité intérieure et extérieure, maîtriser l'enseignement et l'utilisation de la ou des langues de la nation, pour citer les plus régaliens d'entre eux¹⁹⁴. Or ces attributs entrent aussi dans la sphère de compétence possible des métavers qui vont pour certains mettre en œuvre leur propre monnaie, créer de la valeur sur des actifs immatériels, lever des impôts spécifiques et contrôler des flux commerciaux, mettre en place des cours de justice et d'arbitrage spécifiques, avoir leur propre police, développer leur propre langage, construire des documents éducatifs. Il peut en résulter une tension entre les intérêts de la nation et ceux des métavers, à l'instar des situations qui existent actuellement entre différentes nations de la planète. Les instances de réflexion, de discussion et de négociation existent entre États avec les limitations et les difficultés que l'on connaît, mais rien n'existe pour contribuer à élaborer des outils du même ordre entre les nations et les acteurs privés régissant les métavers. De telles négociations concerneront en général des populations issues de nations différentes et reposeront sur les dispositifs techniques et décisionnels de l'espace physique, répartis sur la planète. Il convient d'insister de nouveau sur le fait que les différentes entités concernées peuvent faire partie de l'espace physique ou de l'espace numérique, mais qu'elles sont bien toutes dans le monde réel.

Les enjeux d'éthique dans ce cadre ne sont pas nouveaux, mais les métavers vont les porter à une dimension telle qu'une vigilance accrue et un suivi constant des recommandations formulées s'imposent.

RECOMMANDATIONS

S13 (Aux parties prenantes) Disposer des technologies logicielles et matérielles nécessaires au développement de métavers souverains, c'est-à-dire permettant une expression démocratique respectueuse des valeurs nationales et européennes, notamment sur les aspects scientifiques, culturels, linguistiques, législatifs, financiers ou sécuritaires.

3.3 ENJEUX CONCERNANT L'ENVIRONNEMENT

L'impact environnemental du développement extrêmement rapide du numérique est une préoccupation majeure¹⁹⁵. Pour le maîtriser, il convient de prendre en compte l'intégralité du cycle de vie de l'ensemble des équipements ainsi que des consommations énergétiques de la fabrication jusqu'à la fin de vie¹⁹⁶. L'enjeu est ainsi de mettre la transition numérique au service de la transition écologique, en réduisant sa propre empreinte environnementale¹⁹⁷. L'impact et le bilan environnemental de différents scénarios de développement des métavers ainsi que leur soutenabilité sont évoqués dans l'encart *Trois méta-mondes*. Le rapport de la Mission exploratoire sur les métavers pointait déjà que « *Le déploiement des métavers pose des questions de dépenses énergétiques, de nouvelles infrastructures qu'il faut quantifier dans l'équation de son développement* »¹⁹⁸.

Les enjeux environnementaux sont tellement fondamentaux qu'il revient tant aux pouvoirs publics, aux fabricants et exploitants qu'aux utilisateurs de suivre un **principe de sobriété** pour limiter l'empreinte des métavers¹⁹⁹.

194. J. Achmirowicz et J. Langlois-Berthelot (2023), 'Jeux vidéo et métaverse : nouveaux terrains de la guerre cognitive des groupes terroristes', in *Revue Défense Nationale*, no. 865, p.52-56.

195. - ADEME & ARCEP (2023). Evaluation de l'impact environnemental du numérique en France - *Analyse prospective à 2030 et 2050* (3/3). https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-prospective-2030-2050_mars2023.pdf

- The Shift Project (2021). Impact environnemental du numérique : tendances à 5 ans et gouvernance de la 5G, Note d'analyse. <https://theshiftproject.org/article/impact-environnemental-du-numerique-5g-nouvelle-etude-du-shift/>

- The Shift Project, Planifier la décarbonation du système numérique en France : cahier des charges. <https://theshiftproject.org/article/planifier-la-decarbonation-du-systeme-numerique-en-france-cahier-des-charges/>

- CNIL-LINC (2023). Données, empreinte et libertés, *Cahiers Innovation et Prospective* IP n°9. https://linc.cnil.fr/sites/linc/files/2023-07/cnil_cahier_ip9_0.pdf

196. INRIA (2023), « Le numérique est-il un progrès durable ? », Pour la Science, supplément réalisé en partenariat avec INRIA n° 546. <https://www.inria.fr/fr/numerique-progres-durable-environnement-pour-la-science> <https://librairie.ademe.fr>

197. J. Perrin (2022), « Écologie intégrale et éthique du numérique », in Comité national pilote d'éthique du numérique - Pour une éthique du numérique. Coordonné par Éric Germain, Claude Kirchner, Catherine Tessier, PUF, ISBN 978-2-13-083348-2, pp. 127-141.

198. C. François, A. Basdevant et R. Ronfard (2022), Mission exploratoire sur les métavers, Ministère de la Culture - Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. <https://www.economie.gouv.fr/files/files/2022/Rapport-interministeriel-metavers.pdf>

199. - The Shift Project, Énergie, climat : quels mondes virtuels pour quels mondes réels : orienter nos choix technologiques vers la sobriété numérique + Énergie, climat : des réseaux sobres pour des usages connectés résilients : des infrastructures numériques adaptées à la double contrainte carbone - rapports intermédiaires décembre 2023 - <https://theshiftproject.org/mondes-virtuels-reseaux/> Rapport final prévu le 28 mars 2024.

- CEPPIR « Cas d'Étude Pour un Immersif Responsable », <https://www.cepir.info/>

- initié en août 2022, CEPPIR 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), opéré par la Caisse des Dépôts. Rapport final prévu en février 2024.

TROIS MÉTA-MONDES

Les trois scénarios suivants sont issus de l'atelier « Méta-vert ? Un débat-fiction autour de la soutenabilité des Métavers/XR/VR », mené à l'École Nationale Supérieure des Arts Décoratifs²⁰⁰. D'autres scénarios ont par ailleurs été développés par le LINC²⁰¹.

Meta-Infinity

Grâce aux progrès très importants de la fusion nucléaire mise sur le marché en 2053, l'électricité est une énergie abondante, propre et renouvelable. Portées par cette technologie, nos sociétés se sont adaptées et ont décidé de tout miser sur l'innovation. Grâce aux subventions de l'État, la quasi-totalité des activités se tournent vers un usage intensif des mondes virtuels. La démocratisation de la réalité étendue a engendré de profondes modifications dans nos modes de vie, poussant les utilisateurs à « vivre » dans les métavers. Pourtant, l'atmosphère continue de se réchauffer et en 2100, nous atteindrons (sans doute) les + 4°C.

Meta-Transition

La technologie XR a changé les mentalités et a permis à ce monde d'atteindre la neutralité carbone. Le quotidien a radicalement changé : les vêtements que nous portons et les meubles qui nous entourent n'acquiescent un caractère unique (et des couleurs) qu'en portant des lunettes/lentilles de réalité augmentée. C'est la transition vers une nouvelle forme de sobriété énergétique où l'économie est régulée en termes de crédit-carbone et où le métavers est devenu un outil au service de ce changement de société.

Meta-Low Tech

Les crises économiques, écologiques et politiques successives ont provoqué un changement radical dans la société. Un modèle sociétal complètement différent de celui que nous connaissons aujourd'hui a pris place, où chacun a appris à réduire son impact environnemental et la société s'est réorganisée localement afin de consommer de manière raisonnable. Les outils informatiques sont réparés, mis en commun, ou fabriqués à l'aide des ressources locales. Les apports et bienfaits des technologies sont orientés vers le bien commun, et leur usage est raisonné. Dans cette dernière hypothèse, les métavers ne sont pas ou peu développés.

3.3.1 CONSOMMATIONS DE RESSOURCES ET D'ÉNERGIE

Pour objectiver le lien entre l'écologie et les métavers, il faudrait mieux quantifier tant les consommations d'énergie et de ressources minérales que les émissions induites par le développement et le fonctionnement d'un métavers.

LA COMPLEXITÉ DES CHIFFRAGES

Avant tout, il est indispensable de rappeler que ces chiffrages sont très complexes à établir selon la nature des impacts pris en compte ; aussi, les experts tendent à s'accorder sur l'importance de réaliser des analyses du cycle de vie (ACV) en adoptant des approches multi-critères (carbone, épuisement des ressources abiotiques), multi-étapes (fabrication, consommation et fin de vie) et multi-composants.

Par ailleurs, même si des études récentes commencent à étayer sérieusement l'impact environnemental du numérique en général et des univers immersifs en particulier, ces chiffres font souvent l'objet de controverses dans leur exploitation entre ceux qui pensent que le numérique est LA solution aux questions environnementales et ceux qui pensent qu'il est LE problème. Les experts du Laboratoire d'Innovation Numérique de la CNIL (LINC) expliquent très clairement²⁰² la différence entre le milieu scientifique qui travaille sur ces chiffrages, plutôt de façon consensuelle, en débattant sur les améliorations successives, et des cercles de pensée qui essaient d'en tirer des éléments, souvent isolés, sur lesquels baser des slogans destinés à convaincre d'une position (quelle qu'elle soit). En résultent parfois des recommandations comme le nettoyage régulier des boîtes mail ou des questionnements de nature morale sur l'importance de visionner des vidéos de chats regardant un feu brûler dans une cheminée. Sans occulter l'intérêt de ces messages, il convient de remarquer qu'ils se traduisent souvent par des recommandations individuelles sur les usages plutôt que d'aborder la fabrication des équipements et les coûts engendrés par les infrastructures (réseau, stockage, traitement).

Le principal impact environnemental pour le numérique en général et a fortiori pour un métavers, réside dans les équipements des utilisateurs²⁰³. Ainsi les terminaux, en particulier les écrans, téléviseurs, ordinateurs et smartphones, sont à l'origine de 65 à plus de 90% de l'impact pour chaque critère d'impact environnemental étudié, devant les centres de données et les réseaux²⁰⁴. Circonstance aggravante, le caractère immersif des métavers incite les utilisateurs à se doter de nouveaux équipements (principalement des visio-casques²⁰⁵ et des capteurs) qui risquent d'augmenter

200. Paris, jeudi 27 octobre 2022 – voir : https://www.youtube.com/watch?v=yuUAgkrnV_8

201. Le Laboratoire d'Innovation numérique de la CNIL a proposé quatre scénarios prospectifs du futur de ces mondes virtuels : <https://linc.cnil.fr/metavers-ce-jeu-dont-qui-sera-le-heros>.

202. CNIL (2023), Données, empreintes et libertés, *Cahier IP Innovation et prospective n°9*.

203. En 2019 le numérique représentait 34 milliards d'équipements dans le monde pour 4,1 milliards d'utilisateurs, hors des petits accessoires, soit 223 millions de tonnes de matériels. Voir : <https://www.greenit.fr/etude-empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>

204. ADEME & ARCEP (2023), *op. cit.*

205. Selon le projet CEPIR, l'empreinte environnementale des casques de VR/AR est similaire à celle d'un smartphone haut de gamme.

LA GOURMANDISE DU JEU VIDÉO EN LIGNE

significativement la consommation de ressources pour les fabriquer et de déchets en fin de vie. De plus, même si la consommation intrinsèque d'un centre de données progresse en termes de PUE (*power usage effectiveness*), la sollicitation croissante du cloud est un facteur inflationniste. Autant que faire se peut, il convient donc de limiter l'inflation des équipements par utilisateur et d'optimiser le partage entre les données stockées localement et celles stockées ailleurs pour le fonctionnement d'un métavers. Selon le rapport de la Mission exploratoire sur les métavers, les principaux moteurs d'augmentation de l'empreinte carbone due au métavers seraient : i) les services de stockage de données dans le cloud, et la croissance de la consommation d'énergie avec le nombre d'utilisateurs connectés, ii) l'entraînement des modèles d'IA nécessaires au fonctionnement du métavers, iii) la production de microprocesseurs puissants, pour les équipements d'accès au métavers ou le pilotage de l'infrastructure, iv) l'impact environnemental des NFT et des cryptomonnaies qu'utilisent certains métavers.

Le corpus normatif et réglementaire existant aux niveaux français²⁰⁶, européen²⁰⁷ et international²⁰⁸ offre déjà une bonne base pour cadrer et orienter le développement des systèmes immersifs, mais des précisions sont nécessaires quant à la conception d'équipements spécifiques comme les casques de réalité virtuelle ou à l'usage en temps réel et à la persistance des univers immersifs.

Le jeu vidéo en ligne *via* le *cloud* (cloud gaming), qui s'apparente le plus au fonctionnement technique d'un métavers, a été déjà bien analysé²⁰⁹. Tout d'abord, on note que les machines consacrées au jeu ont des besoins énergétiques importants de par leur puissance intrinsèque et que leurs gains de performance prennent de vitesse ceux réalisés sur leur efficacité énergétique (effet rebond). Ainsi, selon une étude conduite en 2015 par des chercheurs de Berkeley²¹⁰, les PC de jeu qui ne représentaient alors qu'une petite part de la base installée (2,5%) et du marché (7 %) étaient responsables de 20% de la consommation mondiale annuelle d'énergie des ordinateurs, consoles et tablettes ; cette même étude prévoyait un doublement de la consommation des PC de jeu en 2020. Une étude plus récente de 2020²¹¹ souligne l'amélioration de l'efficacité énergétique des nouvelles consoles de jeu et révisé à la baisse leur consommation spécifique. Quant au mode d'usage du jeu vidéo, le *cloud gaming* est pointé du doigt par rapport au jeu téléchargé, car, s'il permet de potentiellement se passer de console spécifique, il correspond à un transfert de la puissance de calcul vers des datacenters et sa consommation intrinsèque par heure de jeu peut en être plus de 5 fois supérieure²¹². Enfin, et ceci est général pour toute vidéo en flux (*streaming*), il est recommandé de privilégier une connexion Wi-Fi à une connexion directe au réseau mobile qui consomme plus d'électricité que la connexion Wi-Fi pour la même quantité de données transmises ou téléchargées. Or force est de constater que les tendances actuelles de la visualisation de vidéos HD en déplacement sur des smartphones sont dangereusement encouragées par la résolution croissante des écrans et le déploiement de la 5G. On peut donc raisonnablement s'inquiéter d'un déploiement supplémentaire de métavers avec des visio-casques connectés.

206. RGENS : Référentiel général d'écoconception de services numériques. <https://ecoresponsable.numerique.gouv.fr/publications/referentiel-general-ecoconception/>

- Loi AGEC 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire. <https://www.legifrance.gouv.fr/dossierlegislatif/JORFDOLE000038746653/>

- Loi REEN 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000044327272>

207. ESPR : Ecodesign for sustainable products regulation. https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products-regulation_en

208. Normes UIT : L.1410, <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1410/fr> et L.1420, <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1420/fr> Normes ISO : 26000 - <https://www.iso.org/fr/iso-26000-social-responsibility.html> ; 14040 : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:fr> ; 14064 : <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14064-1:ed-2:v1:fr>

209. J. Meyer *et al. op. cit.* pp.90-121.

Von Yaourt (2023), « Ecologie : la pratique du jeu sur PC pollue-t-elle plus que les autres ? », *Canard PC Hardware*, n°56, pp.42-48.

210. N. Mills, E. Mills (2016), « Taming the energy use of gaming computers », *Energy Efficiency* 9, 321-338. <https://doi.org/10.1007/s12053-015-9371-1>

211. J. Aslan (2020), *Climate Change Implications of Gaming Products and Services, PhD dissertation*. <https://openresearch.surrey.ac.uk/esploro/outputs/doctoral/Climate-change-implications-of-gaming-products-and-services/99512335802346>

212. J. Meyer *et al. op. cit.* Fig. 52.

3.3.2 COMMENT CONJUGUER BÉNÉFICE ENVIRONNEMENTAL ET ÉQUITÉ SOCIALE ?

Certains usages de métavers pourraient cependant être potentiellement bénéfiques pour l'environnement avec un objectif d'équité sociale.

Un domaine souvent invoqué est la réduction de l'empreinte environnementale par la substitution — *a minima* partielle — de déplacements individuels à longue distance pour des activités économiques, culturelles ou touristiques, par des conférences numériques ou des visites immersives qui seraient dès lors accessibles au plus grand nombre. Or, pour le moment, le trafic aérien ne fait que croître en dépit du développement des moyens de communication à distance²¹³. Si elle se vérifiait, une vraie substitution d'usages supposerait donc aussi une remise en question de nos modèles de développement économique ou de vie culturelle.

De même, on invoque la possibilité de diminuer la dégradation des sites touristiques du fait de leur fréquentation trop intensive en leur substituant une fréquentation par immersion numérique à distance. Or une telle substitution ne remplace pas la rencontre physique des personnes avec les populations vivant à proximité de ces sites et bénéficiant de retombées économiques du tourisme.

Un autre objectif visé par les métavers consiste à améliorer l'accessibilité des sites (culturels, touristiques) et des services à des personnes en situation de handicap, par exemple un handicap moteur qui limite ou interdit leurs déplacements. (cf. [Section 3.2.1 Accès et équité](#)).

Les enjeux pour conjuguer éthique environnementale et éthique sociale sont donc multiples. D'une part, il faut mettre en œuvre l'indispensable sobriété numérique ainsi que celle des transports de personnes (routier, maritime ou aérien) pour éviter les phénomènes de massification d'usages en flux continu tout en respectant un objectif d'équité sociale et en visant un partage des fruits de l'activité économique du tourisme avec les populations locales.

3.3.3 UN OUTIL DE SENSIBILISATION ET DE FORMATION À LA RESPONSABILITÉ ENVIRONNEMENTALE

Si la responsabilité des fabricants ainsi que des exploitants vis-à-vis des enjeux environnementaux a été évoquée dans [la section 3.2.3.1](#), il importe de considérer aussi celle des utilisateurs de métavers. Il est donc important de les sensibiliser en mettant l'accent sur leur empreinte et sur leurs motivations. Plutôt que d'ériger une liste d'interdictions à l'adresse des utilisateurs, il est préférable de suggérer une éthique de la responsabilité qui les incite à réfléchir et, le cas échéant, à modifier leur comportement de consommateur eu

égard aux effets négatifs d'un consumérisme excessif sur les ressources et l'environnement. La sobriété énergétique, qui fait écho à la tempérance en éthique des vertus, encourage l'auto-limitation volontaire du consommateur, par exemple en s'abstenant de changer de casque à chaque campagne de publicité pour la sortie d'un nouvel équipement ou en restreignant son usage des métavers en mobilité qui amplifie la consommation de ressources nécessaires au déploiement et à l'utilisation des réseaux mobiles. Ce principe de sobriété implique, de la part des acteurs concernés, un travail d'éducation voire un processus d'apprentissage, indispensable pour encourager les bonnes pratiques et les usages responsables du numérique.

En amont de cette responsabilisation, on peut évoquer un domaine encore peu exploité pour la sensibilisation qui s'intéresse la formation à la gestion et à l'adaptation d'écosystèmes complexes par la simulation des impacts locaux ou globaux de telle ou telle activité humaine ou technologique (comme l'introduction de matériaux ou d'espèce exogène, par exemple l'introduction d'un prédateur d'une espèce nuisible qui cause des dégâts sur d'autres espèces) sur le climat, la végétation et la biodiversité et leurs dynamiques évolutives. Ainsi, par exemple, l'accès à un grand nombre d'utilisateurs, parmi lesquels des experts des questions environnementales, de métavers dédiés à la formation à l'éco-conception de bâtiments ou de solutions de mobilité. L'immersion permet d'augmenter l'attention et l'engagement actif de la personne et de multiplier des exercices en donnant des retours immédiats sur les erreurs sans mettre en jeu les écosystèmes réels.²¹⁴

3.3.4 SOUTENABILITÉ

Dans un exercice de prospective à l'horizon de quelques décennies, on peut envisager différents scénarios extrêmes ([Encart Trois méta-monde](#)). Mais les seuls scénarios soutenables supposent de combiner sobriété énergétique et réutilisation, réparabilité, recyclage des équipements dans un contexte d'utilisation raisonnée de métavers sectoriels privilégiant le bien commun. Autrement dit, la perspective d'un métavers universel ou d'une multiplicité de métavers portés principalement par des activités commerciales et ludiques paraît insoutenable. Si, selon Raja Koduri²¹⁵, responsable de l'informatique graphique d'Intel, la démocratisation des métavers à l'échelle de la planète nécessiterait de multiplier par 1000 la puissance de calcul disponible, la question de la viabilité écologique du métavers universel est clairement posée.

Quelles que soient les orientations prises, les impacts environnementaux du développement des métavers, du numérique et de l'IA en général, doivent être suivis de la manière la plus rigoureuse possible par une analyse multi-critères, qui ne se limite pas aux émissions de gaz à effet de serre, et ce, sur l'ensemble des cycles de vie des outils et des opérations élémentaires de requêtes et de calculs²¹⁶. Il est crucial de poursuivre la réduction de la consommation

213. Voir : <https://www.iata.org/contentassets/e00c14fd49db4c058365d9cef531184d/2023-04-04-02-fr.pdf>

214. Voir par exemple : <https://design.numerique.gouv.fr/formations/ecoconception/> et <https://www.polytechnique-insights.com/dossiers/digital/metavers-les-poir-les-promesses-et-les-inconnus/le-metavers-est-un-outil-pour-une-transformation-durable/>

215. Cité dans A. Basdevant *et al*, *op. cit.* p.83

216. Negaocet pour ScoreLCA (2021), Impacts environnementaux des objets connectés et des services basés sur leur utilisation : Ordres de grandeurs et recommandations méthodologiques – voir : ACV France (scorelca.org). accédé le 20/06/2023

énergétique des algorithmes²¹⁷ nécessaires au déploiement des métavers, auquel il faut ajouter l'énergie grise utilisée pour produire les appareils et les infrastructures de calculs, à l'échelle du centre de calcul, ou du composant embarqué. On pourra envisager le déploiement de modèles de comportements sobres dans les usages des métavers, par exemple en proposant aux utilisateurs des performances bridées en termes de résolution graphique, à l'image de la recommandation que l'ARCOM a formulée à destination des plateformes de médias audiovisuels à la demande²¹⁸.

de préserver des échanges humains ou de compenser des pertes de retombées économiques subies par les populations vivant à proximité des sites objets de métavers touristiques.

RECOMMANDATIONS

- E1** (Aux exploitants) Avant de développer un métavers, réfléchir à sa raison d'être ainsi qu'aux conséquences environnementales de sa mise en œuvre et de son utilisation afin de favoriser des usages bénéfiques pour le bien commun.
- E2** (Aux pouvoirs publics) Développer la mutualisation des infrastructures et des équipements utilisés par les institutions publiques pour accéder aux métavers. Par ailleurs, mettre à disposition du grand public des équipements immersifs dans des tiers-lieux permettant de surcroît un accompagnement de l'expérience immersive.
- E3** (Aux chercheurs, aux fabricants et exploitants) Mettre en œuvre des métriques de l'impact environnemental des métavers en tant que systèmes incluant d'une part, la fabrication, la durabilité et le recyclage des équipements et, d'autre part, les consommations énergétiques, et en systématiser l'affichage. Définir une labellisation et une certification appropriées.
- E4** (Aux pouvoirs publics) Imposer l'affichage d'une mesure de l'impact environnemental des équipements mis en œuvre et des consommations induites par leurs usages.
- E5** (Aux fabricants) Proposer aux utilisateurs des configurations de leur environnement favorisant des comportements plus sobres dans leurs usages des métavers, par exemple en proposant des performances bridées en termes de résolution graphique.
- E6** (Aux pouvoirs publics) Imposer aux fabricants de ne pas développer des interfaces manipulatoires favorisant des connexions de longue durée pour ne pas amplifier les consommations énergétiques des univers immersifs.
- E7** (Aux utilisateurs) Adopter une attitude responsable face aux conséquences environnementales de l'utilisation d'un métavers, en particulier lors de l'acquisition de nouveaux équipements ou de leur usage *via* un réseau mobile.
- E8** (À toutes les parties prenantes) Réfléchir à la construction de mécanismes permettant notamment

217. P. Gay, M. Hebiri, S. Lousteau, F. Valade (2023), « De l'utilité de la réduction de la consommation énergétique des algorithmes d'intelligence artificielle », *Bulletin de l'AFIA* 120, p. 47-53.

218. Voir : <https://www.linfordurable.fr/sobriete-energetique-larcom-incite-les-plateformes-de-streaming-passer-en-mode-economie-40974>

4. CONCLUSION

Pour conclure, il est important d'insister sur plusieurs points qui ressortent de l'analyse du CNPEN relative aux enjeux d'éthique des métavers.

Il est tout d'abord essentiel de souligner que vivre une expérience immersive dans un métavers n'est pas neutre que ce soit pour la personne, pour la société ou pour l'environnement. Même s'ils ne sont pas encore tous parfaitement connus, ces effets, quels qu'ils soient, sont indiscutables et perdurent, pour certains d'entre eux, après la fin de l'expérience.

En outre, il est déterminant de ne pas attendre un déploiement généralisé des métavers pour s'interroger sur les enjeux d'éthique associés. D'abord, parce qu'il est déjà possible d'utiliser des métavers. Ensuite, parce qu'il est indispensable d'intégrer des résultats issus de questionnements d'éthique dans le développement des futurs systèmes. Et surtout, parce qu'il est essentiel de disposer d'analyses menées sur un temps long permettant de produire des réflexions étayées et de comprendre les enjeux durables.

Par ailleurs, les métavers ne sauraient être considérés ni comme étant bons, ni comme étant mauvais *per se* mais ils doivent être envisagés comme potentiellement porteurs d'effets tant bénéfiques que néfastes selon leur contexte d'usage.

Enfin, il est important de relever que, si les métavers nécessitent de reconsidérer des enjeux d'éthique relatifs aux technologies et applications préexistantes (réalité virtuelle, réalité augmentée, jeux vidéo en ligne, réseaux sociaux), ils suscitent également des questionnements qui leur sont propres qui doivent être étudiés spécifiquement.

Le CNPEN propose une liste de recommandations afin de les appréhender sans attendre. Il s'agit d'une première réflexion qu'il conviendra de prolonger en fonction du déploiement des métavers.

Au-delà des enjeux d'éthique traités dans le cadre de cet avis, d'autres questions doivent être posées dès à présent afin, en particulier, d'anticiper tout risque de verrouillage du marché par quelques acteurs dominants dont le modèle d'affaires prolongerait un modèle publicitaire susceptible de produire des effets délétères à titre individuel et collectif. Une réflexion devrait ainsi être engagée sur les modèles à promouvoir afin de préserver des valeurs fondamentales telles que la liberté et l'autonomie de l'utilisateur, le partage des ressources et l'équité.

ANNEXE 1 : AVIS DU COMITÉ D'ÉTHIQUE DES DONNÉES D'ÉDUCATION

AVIS n°2023-2

COMITÉ D'ÉTHIQUE POUR LES DONNÉES D'ÉDUCATION

Les questions éthiques posées par le développement du métavers dans le domaine de l'éducation et ses conséquences sur l'utilisation des données d'éducation.

Contribution aux travaux du Comité National Pilote d'Ethique du Numérique (CNPEN)

En réponse à la saisine du Ministre de l'éducation nationale et de la jeunesse, Pap Ndiaye, du 25 novembre 2022.

Présidente : Nathalie Sonnac

Membres : Sylvie Alayrangués, Ignacio Atal, Dominique Cardon, Jean-François Cerisier, Gilles Dowek, Christine Froidevaux, Michelle Laurissergues, Catherine Morin-Desailly, Pierre Schmitt, Bruno Studer, Françoise Tort, Célia Zolynski.

Septembre 2023

Préambule :

Depuis plusieurs années, réalités virtuelle et augmentée font l'objet d'une attente de plus en plus grande dans le domaine de l'éducation où elles sont vues comme des opportunités pour répondre à plusieurs enjeux : proposer des remédiations pour des publics présentant des besoins particuliers, ouvrir l'accès à des contenus culturels et éducatifs enrichis grâce à des versions augmentées, et accompagner des apprentissages professionnels en mode virtuel sur des machines. Elles sont ainsi vues comme un levier pour créer des environnements d'apprentissage plus personnalisés (simulateurs) et parfois plus ludiques, qu'il serait impossible de développer dans un autre contexte, pour des raisons de coûts, de sécurité et d'impact environnemental. De plus, ces dispositifs peuvent s'ouvrir à la diversité des publics et être plus propices à l'inclusion.

Toutefois, différentes questions éthiques sont soulevées par les usages du métavers et de la réalité virtuelle, augmentée et immersive (appelés ici par commodité *univers virtuels*) dans l'éducation et ont des conséquences sur la protection des données d'éducation.

Nous pointons les enjeux d'éthique qui sont spécifiques au domaine de l'éducation ou qui sont accentués dans ce domaine, en distinguant ceux qui sont liés au fait que la pratique serait effectuée dans l'Éducation Nationale et ceux qui sont liés au fait que parmi les utilisateurs de ces univers il y aurait des jeunes (enfants et adolescents). Enfin, nous dégageons les enjeux liés aux données personnelles d'éducation et concluons sur les besoins de formation des utilisateurs potentiels.

A - Contexte éducatif

Valeur ajoutée

Actuellement, il y a très peu d'utilisations de logiciels éducatifs basés sur les technologies de réalité virtuelle en classe, un peu plus dans l'enseignement professionnel ; pour ce qui est du métavers, son recours reste expérimental. Il est donc difficile d'évaluer la valeur ajoutée de l'usage de ces techniques en contexte éducatif. La question se pose alors de savoir s'il est pertinent de créer de nouveaux logiciels et de nouveaux univers virtuels, au nom de l'innovation, pour répondre à des besoins qui n'existent pas encore mais qui pourraient être éventuellement satisfaits par la suite.

Recommandation n°1 : promouvoir des travaux de recherche sur l'intérêt pour les apprenants et les personnels éducatifs de développer des univers virtuels à des fins d'enseignement, ce qu'il conviendra d'évaluer dans le cadre d'expérimentations de terrain.

Équité et égalité d'accès

Comme pour toute nouvelle technologie numérique qui apporte son lot d'opportunités et d'éventuels inconvénients, l'un des risques consiste à ce qu'elle ne soit pas rendue accessible à toutes et tous dans les mêmes conditions. Il convient de veiller à ce que les apports de la technologie des univers virtuels dans l'éducation soient équitablement répartis. La nécessité de proposer une égalité d'accès porte à la fois sur le volet technique (casques, réseau, etc.) et sur le volet informationnel (littératie numérique suffisante pour pouvoir

utiliser la technologie). Le métavers sous des différentes formes nécessite des équipements récents, rapides, voire dans certains cas spécifiques, conduisant à l'obsolescence accélérée

des équipements actuellement utilisés. Ceci est particulièrement problématique dans le cadre d'une démarche de numérique responsable.

Recommandation n°2 : veiller à l'égalité d'accès aux nouvelles technologies des univers virtuels dans le secteur éducatif, si elles devaient s'y développer.

Non-discrimination

Les risques physiques, neurologiques et psychiques qui peuvent survenir à la suite de l'utilisation de ces univers virtuels, et qui ne sont pas marginaux, rendent certaines personnes inaptes à accéder à ces technologies. Il en ressort un risque de discrimination pour des élèves qui seraient écartés d'activités en classe basées sur l'usage de ces technologies.

Souveraineté et biais culturels

Les velléités clairement affichées et les premiers investissements significatifs dans les métavers et la réalité virtuelle émanent des grands acteurs mondiaux des technologies et services numériques (américains et asiatiques), ainsi que des grands acteurs des jeux vidéo. En l'absence d'investissements massifs de l'Union européenne et d'identification d'acteurs européens de taille suffisante, et en l'absence de structuration de cette filière, le risque est important que ces mêmes grands acteurs extra-européens se retrouvent en position de quasi-monopole sur l'offre de ces nouvelles technologies. Au-delà d'un risque pour la souveraineté d'ordre technologique, présent dans tous les domaines d'application, l'utilisation dans le domaine spécifique de l'éducation d'univers virtuels conçus par des acteurs non européens comporte un enjeu de souveraineté culturelle. Le risque de biais culturels va à l'encontre d'une éducation à vocation nationale basée sur des valeurs européennes.

Recommandation n°3 : investir dans les technologies des univers virtuels et structurer une filière de recherche et innovation tant au niveau national qu'europeen, pour éviter les monopoles des grands acteurs mondiaux des services numériques extra-européens, à la fois sur les infrastructures et supports technologiques et, si l'intérêt de l'utilisation des univers virtuels dans le monde éducatif est avéré, favoriser le développement de contenus pédagogiques adaptés.

Captologie et modèle d'affaires

Au regard des modèles économiques développés par certains grands opérateurs mondiaux de services numériques pour le fonctionnement des plateformes actuelles, le risque est grand que ces nouveaux univers virtuels se construisent uniquement sur les modèles assis sur une recherche de profit au détriment des usages collaboratifs, éducatifs et culturels, et de la protection des données des usagers. On peut craindre que ces technologies soient le plus souvent basées sur l'exploitation des biais cognitifs des usagers pour susciter toujours plus leur engagement en soutien du modèle d'affaires de ces opérateurs.

Jeux vidéo et métavers

Le jeu présente un aspect universel, stimule l'attention, la concentration, la logique, la mémoire et une coordination des actions sensori-motrices. Il accompagne le développement social et cognitif de l'enfant qui y trouve motivation. Les métavers se construisent pour

beaucoup sur le modèle des mondes virtuels du jeu vidéo qui recouvre une grande variété de pratiques. Leurs effets positifs ou négatifs dépendent des contenus et des modalités : jeux sérieux/éducatifs ou de divertissement, compétition ou coopération et créativité, présence d'avatars et/ou de personnages d'identification, confrontation à des scènes de violence / comportements antisociaux ou de fairplay, jeux multi-joueurs ou solitaires.

Recommandation n°4 : en cas d'exposition des jeunes aux univers virtuels dans le cadre scolaire et périscolaire, l'accompagner par des échanges avec des référents éducateurs ou parents, sensibilisés eux-mêmes à ces pratiques.

Déréalisation de la science

Dans les disciplines scientifiques, le recours à des systèmes d'expériences virtuelles basés sur la simulation et inspirés des jeux vidéo semble attractif et prometteur notamment lorsqu'il donne accès à des expériences non réalisables autrement. Toutefois, l'éloignement des élèves des salles de travaux pratiques où ils expérimentent eux-mêmes les phénomènes physiques pourraient les conduire à une vision déréalisée de la science, qui ne serait vue alors que comme purement virtuelle. Une conséquence possible serait une méfiance vis-à-vis de théories scientifiques, pour lesquelles on pourrait imaginer des expériences virtuelles les confirmant ou les infirmant, selon le point de vue du concepteur, avec un risque aggravé de complotisme ou de pseudoscience. Il est donc crucial que le recours aux expériences virtuelles ne soit pas systématique mais raisonné.

Recommandation n°5 : veiller à bien équilibrer travaux pratiques et expériences virtuelles dans le monde scolaire afin de garder le lien avec la réalité des phénomènes scientifiques.

B - Usages des univers virtuels par des jeunes

Effets sanitaires liés à une exposition aux technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée

L'ANSES a relevé un nombre important d'effets sanitaires concernant le recours à la réalité virtuelle.

- (a) effets psychologiques et psychosociaux (risques émotionnels, déréalisation) ;
- (b) dépendance à l'égard de l'interface et du contenu ;
- (c) effets liés au contenu (violence, rapport à la sexualité, ...) ;
- (d) isolement social du jeune utilisateur au sein du groupe.

Les membres du Comité d'éthique pour les données d'éducation relèvent par ailleurs que ces effets pourraient être accentués par le caractère persistant des métavers.

Ces effets sont d'autant plus importants que les élèves sont des personnes en plein développement (développement visuel, émotionnel, cognitif, du système auditif). Il convient par conséquent de leur porter une attention spécifique.

L'ANSES relève que les populations davantage sensibles aux rayonnements lumineux émis par les dispositifs, de par leur âge ou leur état de santé sont les enfants, les adolescents et les jeunes adultes dont le cristallin est encore clair. Or, il s'agit de la population qui serait concernée si on utilisait les mondes virtuels dans le milieu scolaire. Il conviendrait alors de ne pas recourir à des dispositifs émettant des rayonnements lumineux.

Avatars et construction de l'identité

Les incidences du recours aux avatars dans les univers virtuels sur la construction et la représentation de soi sont à prendre en compte, particulièrement s'agissant des enfants et adolescents en pleine phase de construction de leur identité. La possibilité de passer d'une identité à l'autre amène, finalement, la question de la continuité de soi à travers des identités multiples et, surtout, de la consistance de ce « soi ». Pour certains usagers de ces mondes virtuels, cela peut entraîner dans des cas relativement rares des troubles dissociatifs de l'identité. Comme le préconise l'ANSES, il conviendrait donc de mener des études longitudinales sur ces risques et d'en rendre publics les résultats, avant d'envisager tout déploiement de ces usages dans le domaine scolaire et périscolaire.

Recommandation n° 6 : recourir aux expériences virtuelles dans le cadre scolaire de façon parcimonieuse et raisonnée au regard des effets possiblement induits sur les enfants et adolescents, en particulier les risques d'ordre sanitaire et ceux relatifs à la construction de leur identité. Réaliser des études longitudinales pour mieux appréhender ces risques avant d'envisager tout déploiement plus important de ces usages dans le domaine scolaire et périscolaire.

Cyber-harcèlement

Les univers virtuels (dont les métavers), par l'anonymat qu'ils procurent à leurs usagers, sont des lieux propices au développement d'actes de cyber-harcèlement. Leur caractère immersif renforce la mainmise sur les victimes. Par ailleurs, il conviendrait d'être particulièrement attentif aux effets induits en cas d'actes de violence survenant lors d'interactions entre avatars, effets possiblement amplifiés en fonction de l'utilisation de techniques haptiques.

Dans la perspective d'un développement de ces usages dans un contexte massif, il est essentiel de penser en amont les mécanismes de protection des mineurs afin de prévenir tout dommage. À cet égard, il paraît particulièrement important de solliciter de la part des concepteurs et exploitants la réalisation d'analyses de risques et l'adoption de mesures d'atténuation de ces risques, comme cela est d'ores et déjà prévu par le Règlement (UE) 2022/2065 sur les services numériques pour les très grandes plateformes. En outre, il conviendrait d'organiser l'intervention des signaleurs de confiance tels que consacrés par ce même règlement, et particulièrement des associations de défense des victimes mineures, dès lors qu'ils seraient à même de signaler tout comportement délétère d'une plateforme ou tout effet collatéral résultant d'interactions dans le cadre de ces univers virtuels.

Recommandation n° 7 : exiger des concepteurs et exploitants de métavers la production d'études d'analyse des risques de cyber-harcèlement et la mise en place des mécanismes de protection des mineurs nécessaires.

C - Protection de la vie privée : recueil et exploitation des données personnelles dans les univers virtuels

Les données personnelles de l'éducation, qui concernent essentiellement des mineurs, doivent bénéficier d'une protection toute particulière. Il convient de rappeler que, si les données personnelles d'éducation ne sont pas des données sensibles au sens du RGPD, elles peuvent le devenir par croisement avec d'autres données.

Les usages immersifs (réalités virtuelle et augmentée) nécessitent des outils de type lunettes ou casques qui pour certains sont dotés de dispositifs de captation et d'enregistrement de données biométriques : (i) caméras pour enregistrer les mouvements des yeux, de la bouche, des expressions du visage ; (ii) microphones pour l'enregistrement de la voix.

Les données recueillies à l'occasion de ces expériences immersives sont notamment des données physiologiques, d'interaction, cognitives, etc. qui peuvent également renseigner sur l'état émotionnel de la personne, être révélatrices de sa personnalité et de ses valeurs. Elles sont très personnelles, touchent à l'intimité et leur connaissance par un tiers peut être perçue comme invasive. Elles doivent donc être hautement protégées.

Ces données peuvent être considérées comme très précieuses dans le monde éducatif car permettant d'affiner le profil des apprenants et ainsi personnaliser les situations d'apprentissage. D'autres usages plus dommageables peuvent être toutefois envisagés. Ces données pourraient être utilisées par exemple pour évaluer le degré de motivation des apprenants et les sanctionner, ou encore à des fins de manipulation. Ce sont des données propres à l'identité physiologique et à l'identité psychologique des personnes, et dans le domaine éducatif, elles concernent des jeunes en plein développement, facilement influençables.

Données de santé

Les données de santé pertinentes pour l'utilisation des univers virtuels, comme celles portant sur la cybercinétose ou sur les troubles neurologiques tels que l'épilepsie sont des données sensibles. Elles devront être connues des enseignants avant toute immersion en classe dans les mondes virtuels. Un enjeu éthique est de concilier la confidentialité des informations de santé et la protection d'un élève d'une expérience qui lui serait dommageable.

Données d'identification et sécurité

Les élèves et les enseignants devront s'identifier pour accéder à ces mondes virtuels. Ces données d'identification devront être hautement sécurisées, en raison, entre autres, du risque d'usurpation d'identité.

Par ailleurs, les techniques d'univers virtuels permettent de modifier des images dans le champ de vision des personnes, avec une forte imprégnation pour les personnes. Cela peut engendrer un risque de désinformation et de manipulation. Afin de prévenir ces risques, il faudrait mettre en place tous les moyens de défense possibles contre les cyberattaques, de réaliser une veille pour les actualiser et de les faire évoluer si nécessaire. Il faudrait également anticiper la manière de gérer et de limiter les impacts des cyberattaques non déjouées.

Conservation des données personnelles

Les données et métadonnées produites dans ces univers virtuels sont des données hautement sensibles du point de vue éthique et vont devenir rapidement très volumineuses. Il faudra veiller aux modalités de leur recueil et, si elles sont stockées, aux modalités de leur conservation (où ? combien de temps ? et par qui ? etc.) et de leur accès (qui a le droit d'accéder à ces données et pour quels usages ?). Conformément au RGPD, il conviendra de minimiser la collecte de telles données. Il faut donc définir précisément la nature des données d'éducation dont on a besoin pour des expériences pédagogiques basées sur des univers virtuels.

Recommandation n°8 : S'agissant de la protection des données :

- *sécuriser au plus haut niveau les données de connexion - tant des élèves que des enseignants - aux métavers et autres univers virtuels ; il conviendra notamment de mettre en place tous les moyens de défense possibles contre les cyber-attaques, de réaliser une veille pour les actualiser en les faisant évoluer si nécessaire ainsi que d'anticiper la manière de gérer et de limiter les impacts des cyber-attaques non déjouées,*
- *encadrer strictement les modalités de recueil et de stockage des données liées à leur usage (minimisation, etc.),*
- *interdire tout traitement sensible des données physiologiques, d'interactions et cognitives, ainsi que le recours à des techniques de reconnaissance émotionnelle dans le domaine scolaire, périscolaire et parascolaire,*
- *plus généralement, s'assurer de l'applicabilité de la législation en vigueur aux métavers afin de garantir la protection des droits des mineurs s'agissant de l'accès à ces univers virtuels et du traitement de leurs données en contexte éducatif et para/périscolaire.*

D - Formation et information des élèves, des enseignants et des parents

Un des enjeux éthiques primordiaux s'agissant du développement des métavers et des autres univers virtuels est d'informer les utilisateurs sur les opportunités et les différents risques encourus, en sensibilisant plus particulièrement les enfants et leurs parents. À cette fin, il conviendra de concevoir et de proposer des démarches et ressources d'information en y associant les jeunes pour profiter de leur expérience et la valoriser.

Recommandation n°9 : en cas d'utilisations jugées pertinentes de ces métavers et autres univers virtuels dans l'Éducation nationale, former les enseignants (en formation initiale et continue) aux bons usages de ces outils et aux démarches de conception d'activités d'apprentissage s'appuyant sur des résultats de travaux scientifiques. Plus largement, former l'ensemble de la communauté éducative aux enjeux de ces technologies.

ANNEXE 2 : LISTE DES AUDITIONS ET VISITES

AUDITIONS DE PERSONNES EN VISIO-CONFÉRENCE

- Philippe Coen, Sandrine Richard (Respect Zone)
- Régis Chatellier (CNIL-LINC)
- Geoffrey Delcroix et Nicolas Pouard (Ubisoft)
- Edouard Geffray,
(Ministère de l'Éducation Nationale
et de l'Enseignement Supérieur)
- Laura Hiel, Blandine Dusser (Ministère de l'Économie, des
Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique-
DGE)
- Stan Larroque (Lynx)
- Anatole Lécuyer (Inria)
- Steve Mann (Université de Toronto)
- Jean Martin (Cabinet d'Avocat Jean Martin)
- Rémi Ronfard (Inria)
- Alexandre Rudoni (Cabinet d'Avocat Allen)
- Camille Salinesi (Université Paris I Panthéon-Sorbonne)
- James Zopissa (Massive Immersive)

VISITES SUR SITE ET DÉMONSTRATIONS

- Inria-Irisa Rennes - Anatole Lécuyer/Équipe Hybrid
- Meta Paris - Martin Signoux

ANNEXE 3 : COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

CO-RAPPORTEURS

- Pascal Guitton (Professeur émérite de l'Université de
Bordeaux, Invité)
- Serena Villata
- Célia Zolynski

RÉDACTRICE

- Anaëlle Martin

MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL

- Raja Chatila
- Laurence Devillers
- Claude Kirchner
- Jérôme Perrin
- Catherine Tessier

ONT ÉGALEMENT CONTRIBUÉ

- Christine Froidevaux
- Eric Germain
- Alexei Grinbaum

INDEX ALPHABÉTIQUE

- Accès à tous les métavers : 50,51
Accès pour tous les utilisateurs : 50
Agression : 7, 8, 9, 13, 41, 42, 43, 44, 45, 55, 57
Anthropomorphisation : 8, 40, 46, 48
Autonomie : 7, 9, 15, 23, 36, 37, 40, 49, 50, 52, 53, 56, 58, 64
Avatar : 8, 17, 18, 19, 21, 24, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 55, 56, 57
Casque : 12, 14, 18, 19, 23, 24, 25, 28, 33, 38, 39, 62
Choix de l'avatar : 45
Consentement : 7, 20, 37, 41, 43, 44, 48, 49, 50, 53
Consommation de ressources : 7, 55, 61, 62
Cybercinétose : 7, 8, 9, 38, 39, 42, 43, 70
Cybersécurité : 9, 42
Darkvers : 45
Dépersonnalisation : 42
Déréalisation : 42, 44, 68
Désinformation : 7, 8, 10, 31, 36, 45, 53, 54, 55, 70
Discriminations : 21, 32, 50, 51
Données comportementales : 49
Données émotionnelles : 34
Données physiologiques : 8, 9, 33, 37, 49, 50, 53, 70, 71
Environnement : 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 25, 28, 29, 30, 33, 36, 38, 39, 42, 43, 45, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 62, 63, 64
Escroquerie : 52
Haptique : 14, 23, 25, 41, 57
Identité numérique : 46, 47, 48
Information : 49
Information et consentement : 49
Intermédiation : 6, 31, 46
Interopérabilité : 15, 21, 50
Jeux vidéo : 7, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 28, 36, 39, 40, 43, 44, 45, 64, 67, 68
Manipulation : 6, 7, 8, 9, 12, 20, 30, 33, 34, 42, 45, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 56, 70
Matériels : 7, 15, 17, 18, 21, 22, 24, 25, 28, 55, 60
Métavers : 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71
Modération : 55, 56
Monde imaginaire : 12, 13, 17, 25, 26, 53
Monde numérique : 12, 13, 14, 16, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 33, 38, 42, 44, 51, 53, 54, 57, 58
Monde réel : 14, 25, 30, 34, 44, 52, 59
Parties prenantes : 5, 7, 9, 10, 11, 24, 50, 51, 54, 59, 63
Personnes vulnérables : 8
 enfants et adolescents : 7, 38, 44, 66, 69
 personnes en situation de handicap : 7, 9, 21, 50, 51, 62
Profilage : 20, 33, 48
Protection des données : 9, 48, 50, 66, 67, 71
Réalité augmentée : 5, 7, 9, 14, 17, 20, 21, 23, 28, 29, 30, 38, 39, 42, 49, 60, 64
Réalité virtuelle : 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 42, 43, 44, 58, 61, 64, 66, 67, 68
Réseaux sociaux : 7, 11, 12, 13, 17, 19, 21, 31, 33, 36, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 48, 52, 53, 55, 64
Responsabilité : 6, 7, 10, 31, 36, 40, 54, 55, 56, 57, 62
Sentiment de présence : 17, 21, 25, 44, 53
Soutenabilité : 7, 36, 59, 60
Souveraineté : 7, 37, 58, 59, 67
Statut juridique : 48
Temps (gestion du) : 14, 15, 55
Transfert émotionnel : 8, 34, 35, 42
Traumatismes : 42, 43

Le Comité national pilote d'éthique du numérique (CNPEN) a été créé en décembre 2019 à l'initiative du Premier ministre et placé sous l'égide du Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE). Il est constitué de personnalités du monde académique, industriel et institutionnel. Experts du numérique, de la technologie, du droit, de l'économie, de la philosophie, du langage, de la logique, de la médecine, tous concourent à une réflexion éthique rendue indispensable par le développement du numérique et participent ainsi à éclairer le débat public. Des avis précédents du CNPEN concernent par exemple l'éthique des véhicules « autonomes » (mai 2021), des agents conversationnels (septembre 2021) ou encore, conjointement avec le CCNE, les enjeux d'éthique de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le champ du diagnostic médical (novembre 2022) et des plateformes de données de santé (février 2023). Plus récemment, il a abordé les enjeux d'éthique de la rétroactivité du changement de nom dans les documents scientifiques numériques (juin 2023), ceux des systèmes d'IA générative (juin 2023) ainsi que des technologies de reconnaissance faciale, posturale et comportementale (novembre 2023).

LES MEMBRES DU COMITÉ NATIONAL PILOTE D'ÉTHIQUE DU NUMÉRIQUE

Gilles Adda

Raja Chatila

Theodore Christakis

Laure Coulombel

Jean-François Delfraissy

Laurence Devillers

Karine Dognin-Sauze

Gilles Dowek

Valeria Faure-Muntian

Christine Froidevaux

Jean-Gabriel Ganascia

Eric Germain

Alexei Grinbaum

David Gruson

Emmanuel Hirsch

Jeany Jean-Baptiste

Claude Kirchner - directeur

Augustin Landier

Gwendal Le Grand

Claire Levallois-Barth

Caroline Martin

Tristan Nitot

Jérôme Perrin

Catherine Tessier

Serena Villata

Célia Zolynski