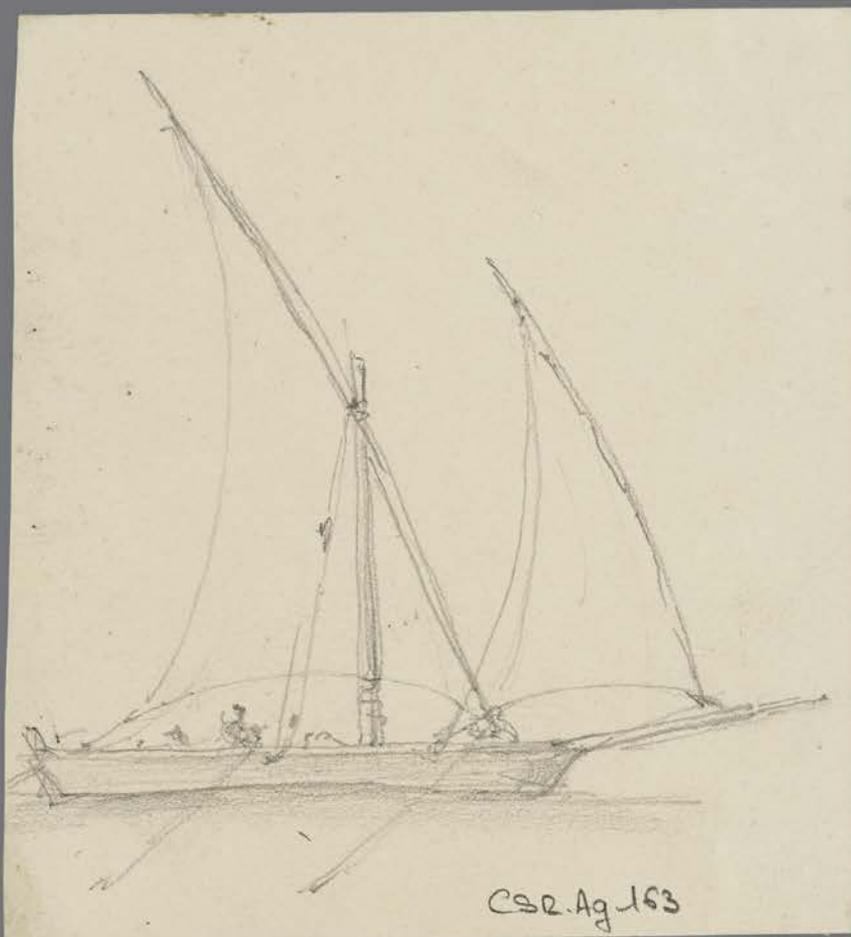


# Enjeux numériques



## Mondes virtuels – Perspectives et enjeux

UNE SÉRIE DES

ANNALES  
DES MINES

FONDÉES EN 1794

N°22 - JUIN 2023

*Publiées avec le soutien  
de l'Institut Mines-Télécom*

UNE SÉRIE DES

# ANNALES DES MINES

FONDÉES EN 1794

## ENJEUX NUMÉRIQUES

ISSN 2781-1263 (en ligne)

ISSN 2607-9984 (imprimé)

Série trimestrielle - N°22 - Juin 2023

### Rédaction

Conseil général de l'Économie  
Ministère de l'Économie,  
des Finances  
et de la Souveraineté  
industrielle et numérique  
120, rue de Bercy  
Télédoc 797  
75572 Paris Cedex 12  
Tél. : 01 53 18 52 68  
<http://www.annales.org>

**Grégoire Postel-Vinay**

Rédacteur en chef

**Gérard Comby**

Secrétaire général

**Alexia Kappelmann**

Secrétaire générale adjointe

**Magali Gimon**

Assistante de rédaction  
et Maquettiste

**Myriam Michaux**

Webmestre et Maquettiste

### Publication

#### Photo de couverture

René Marjolin, dessinateur,  
*Étude de bateau*, dessin,  
19<sup>e</sup> siècle. Paris, Musée de la  
Vie romantique (©Paris Musées /  
Musée de la Vie Romantique)

#### Iconographie

Alexia Kappelmann

#### Mise en page

Magali Gimon

#### Impression

Duplirprint Mayenne

### Membres du Comité de rédaction

**Jean-Pierre Dardayrol**

Président du Comité de rédaction

**Edmond Baranes**

**Godefroy Beauvallet**

**Côme Berbain**

**Pierre Bonis**

**Hélène Brisset**

**Serge Catoire**

**Nicolas Chagny**

**Arnaud de La Fortelle**

**Éric Freyssinet**

**Francis Jutand**

**Caroline Leboucher**

**Bertrand Pailhès**

**Isabelle Piot-Lepetit**

**Grégoire Postel-Vinay**

**Maurice Ronai**

**Anne-Lise Thouroude**

**Laurent Toutain**

**Benjamin Vignard**

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. » correspond à des documents ou photographies pour lesquels nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées infructueuses.

Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

# Mondes virtuels – Perspectives et enjeux

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

- 04 « La France veut un développement des mondes virtuels conforme à ses valeurs »  
Entretien avec Jean-Noël BARROT, ministre délégué chargé de la Transition numérique et des Télécommunications  
Mélanie BÉNARD-CROZAT
- 09 Introduction : Mondes virtuels – Quels horizons ?  
Général Éric FREYSSINET
- 12 « La connexion réseau a été perdue »  
Essai sur la représentation et l’imaginaire des mondes virtuels  
Thierry DUFRÈNE

## LES JEUX ET LES TECHNOLOGIES DE RÉALITÉ VIRTUELLE ET AUGMENTÉE

- 20 Les mondes virtuels dans le monde des jeux vidéo  
Leroy ATHANASSOFF
- 25 Les mondes virtuels, nouvelles perceptions, nouvelles représentations  
Thomas TASSIN
- 32 Quels outils numériques pour les formations de demain ?  
Entretien avec François TADDÉI  
Grégoire POSTEL-VINAY
- 42 Qu’attendre de la réalité virtuelle et augmentée pour les applications médicales  
Jean-Baptiste MASSON
- 51 La formation en réalité augmentée et mondes virtuels  
Jean-Michel LAVALLARD
- 53 Handicap, accessibilité et formation aux mondes virtuels  
Sylvie SANCHEZ

## LES MÉTAVERS

- 57 Qui sont les acteurs du métavers ?  
Paul JOLIE et Emmanuel CAQUOT

- 70 **Témoignage de l'association France Meta**  
Interview de Pierre PAPERON, président de l'association  
Général Éric FREYSSINET
- 75 **Quel est le réel potentiel du métavers ?**  
Frédéric CAVAZZA
- 80 **Le métavers au service de la mode et du luxe ?**  
Pascal MORAND et Marine PEYROL
- 86 **L'adoption du métavers : les mondes virtuels et l'industrie du luxe**  
Nelly MENSAH

### **ENJEUX JURIDIQUES ET ÉTHIQUES**

- 91 **Effet des mondes virtuels sur l'enquête judiciaire**  
Noémie CARON
- 96 **Enjeux juridiques et éthiques posés par les mondes virtuels**  
M<sup>e</sup> Corinne THIERACHE, M<sup>e</sup> Caroline LEROY-BLANVILLAIN  
et Hanna LE DERRIEN
- 103 **L'éthique, frein aux innovations et interfaces numériques ?**  
Dr Laure TABOUY

### **HORS DOSSIER**

- 112 **Le baromètre du numérique - édition 2022**  
Michel SCHMITT et Matthias de JOUVENEL

---

121 **Traductions des résumés**

126 **Biographies des auteurs**

*Ce numéro a été coordonné par  
le Général Éric Freyssinet*

# « La France veut un développement des mondes virtuels conforme à ses valeurs »

## Entretien avec Jean-Noël BARROT, ministre délégué chargé de la Transition numérique et des Télécommunications

Propos recueillis le 11 mai 2023

par Mélanie BÉNARD-CROZAT

Rédactrice en chef de la revue

*Sécurité & Défense Magazine (S&D Magazine)*

L'avenir passe par les nouveaux champs d'innovation du numérique. Les cryptoactifs, par exemple, sont actuellement détenus par 8 % des Français, et notre pays compte déjà des pépites de renommée mondiale. Nous nous sommes dotés d'un cadre réglementaire qui a inspiré l'Europe<sup>1</sup>. Mais ces technologies évoluent très vite et nous avons des places à prendre. Nous allons donc poursuivre nos efforts pour faire de la France le premier *hub* européen pour les innovations reposant sur la *blockchain*. Le métavers est lui aussi un enjeu de souveraineté numérique et culturelle majeur pour la France. Nous devons être en mesure de développer et maîtriser les briques technologiques permettant d'offrir des solutions métavers dans tous les domaines applicatifs, qu'il s'agisse par exemple de l'e-sport ou de la culture. Nous pouvons d'ores et déjà nous appuyer sur un tissu d'acteurs de grande qualité pour répondre à la volonté du président de la République de créer un métavers européen. Je pense notamment à l'Inria, Ubisoft ou à Dassault Systèmes, *leader* mondial sur les jumeaux numériques et dont les applications dans l'industrie peuvent renforcer substantiellement notre compétitivité. Les enjeux du métavers sont vastes et très intriqués. Il s'agit de préparer l'avenir avec ambition et détermination, et les travaux sont en cours pour conduire prochainement à une stratégie dédiée.

### DES MÉTAVERS : UNE DÉFINITION COMMUNE

Si de nombreux projets aussi différents que des plateformes de réalité virtuelle, des jeux vidéo multijoueurs, des plateformes de diffusion de concerts en réalité augmentée ou des

---

<sup>1</sup> Le règlement général sur la protection des données (RGPD) en avril 2016, le règlement (UE) 2018/1807 du 14 novembre 2018 sur les données non personnelles, la directive (UE) 2019/1024 du 20 juin 2019 concernant les données ouvertes et la réutilisation des informations du secteur public, le règlement sur les marchés numériques (DMA) de septembre 2022, le règlement sur les services numériques (DSA) d'octobre 2022, le règlement 2022/868 sur la gouvernance européenne des données, (DGA), dont l'entrée en vigueur est prévue pour le 24 septembre 2023, la proposition de règlement sur l'harmonisation des règles d'accès et d'utilisation équitable des données, dite "Data Act".

sites de vente en ligne fondés sur des *blockchains* s'attribuent l'appellation « métavers », ce dernier est défini par plus de 80 personnalités consultées dans le cadre du rapport parlementaire sur les technologies immersives et les métavers qui nous a été rendu au ministre de la Culture et à moi-même (entrepreneurs de la réalité virtuelle et de la *blockchain*, acteurs culturels, artistes, professionnels du jeu vidéo, chercheurs en sciences sociales, en intelligence artificielle et en informatique) comme « un service en ligne donnant accès à des simulations d'espaces 3D en temps réel, partagées et persistantes, dans lesquelles on peut vivre ensemble des expériences immersives ».

## DES AMBITIONS AFFIRMÉES

Les métavers s'annoncent comme porteurs de débouchés majeurs, de l'industrie à la santé, en passant par la formation et l'économie. Parce qu'ils pourront contribuer à la démocratisation de nouvelles formes d'expression culturelle et d'outils de création en ligne, ils représentent une opportunité indéniable. Pour la France et pour l'Europe, le développement des métavers doit permettre l'émergence de nouveaux *leaders* mondiaux des usages du numérique, et renforcer le rayonnement culturel français. Les métavers seront déterminants pour l'avenir du numérique et du Web3, pour lesquels la France doit jouer un rôle majeur au niveau mondial en s'appuyant sur un savoir-faire, des *leaders* industriels mondiaux et un esprit entrepreneurial exemplaire. Mais si les métavers sont de formidables espaces d'innovation, ils doivent promouvoir la créativité de chacun tout en assurant la protection des utilisateurs, de leur liberté, et de leurs données. Je pense notamment aux mineurs qui font l'objet de notre plus grande vigilance. Ce rapport souligne la nécessité de déployer une stratégie qui réaffirme notre modèle de société en soutenant un développement des métavers aligné avec nos valeurs françaises et européennes, dans le respect à la fois des exigences climatiques, de santé publique, et d'acceptabilité sociale.

Parmi les dix leviers d'actions qui visent à développer l'infrastructure technologique, soutenir l'innovation, miser sur les usages, orchestrer la régulation et prendre en compte les enjeux sociétaux et environnementaux, le rapport invite aussi à se saisir de l'opportunité des Jeux olympiques pour rassembler les acteurs français des métavers autour de projets concrets, au sein d'un consortium public-privé placé sous le pilotage de l'Inria. Objectif : proposer des actions de grande visibilité autour d'expériences immersives pouvant être partagées avant, pendant et après les Jeux olympiques et paralympiques (entraînement / compétitions, transport / tourisme, coulisses / échanges avec les athlètes).

## STANDARDS ET PUISSANCE PUBLIQUE

La France doit réinvestir les instances de négociation des standards techniques, pour participer activement aux discussions sur l'interopérabilité des technologies de l'immersion. La puissance publique aura aussi un rôle à jouer pour faire émerger les services communs et essentiels permettant l'avènement d'une pluralité de métavers interopérables.

La réglementation qui s'intensifie au niveau européen, notamment avec le règlement général sur la protection des données (RGPD), le DSA<sup>2</sup> (législation sur les services numériques) et le DMA<sup>3</sup> (la législation sur les marchés numériques) devront être adaptés aux enjeux des métavers.

---

<sup>2</sup> <https://www.economie.gouv.fr/legislation-services-numeriques-dsa-adoption-definitive-texte>

<sup>3</sup> [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/digital-markets-act-ensuring-fair-and-open-digital-markets\\_fr](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/digital-markets-act-ensuring-fair-and-open-digital-markets_fr)

L'État est également appelé à investir dans des outils et les techniques d'analyse des métavers, et des transactions qui s'y déroulent, afin de permettre aussi bien la détection des infractions pour remonter aux auteurs que de percevoir l'impôt ou encore de réaliser des investissements dans des initiatives de recherche interdisciplinaire (informatique, neurosciences et sciences sociales) de grande ampleur et à long terme, utilisant les dispositifs existants (France 2030, quatrième programme d'investissements d'avenir, programmes et équipements prioritaires de recherche, agence nationale pour la recherche).

## LES PILIERS DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

Soutenir l'innovation sera aussi stratégique. Protéger et encourager les acteurs en pointe sur des briques technologiques sera essentiel à la constitution des métavers de demain. Cette stratégie nationale du métavers viendra consolider et protéger les filières industrielles de la réalité virtuelle, de la modélisation 3D, de l'animation 3D et du jeu vidéo, mais aussi attirer des talents et éviter autant que possible la fuite des cerveaux. La France bénéficie d'ores et déjà de filières d'excellence dans les technologies de l'immersion. Pour aller plus loin, il est appelé à créer un institut de recherche et de coordination qui serait à la fois un laboratoire de recherche en informatique dédié aux arts immersifs, un lieu de coordination entre chercheurs et artistes pour la création d'œuvres immersives innovantes dans les métavers, et un comptoir d'expertise pour toutes les institutions culturelles concernées.

## UNE DÉMARCHE RESPONSABLE

La technologie et le numérique joueront également un rôle clef pour relever le grand défi écologique et atteindre la neutralité carbone. Au gré des évolutions technologiques, la transition est déjà une réalité : la fibre consomme trois fois moins d'énergie que le cuivre. En zone dense, la 5G utilisera dix fois moins d'énergie que la 4G, à usage constant.

Conformément aux objectifs fixés par la Première ministre, et bien que le secteur du numérique ne représente que 2,5 % de l'empreinte carbone du pays, tous les acteurs ont confirmé leur volonté de diminuer de 10 % leur consommation énergétique d'ici deux ans.

Le métavers doit aussi intégrer cette dimension et permettre de développer des solutions au service de la sobriété numérique, ainsi qu'un système de mesure de l'impact environnemental de ses infrastructures. Ainsi, collectivement, nous pouvons franchir la première marche vers une neutralité carbone, souhaitée par le président de la République à horizon 2050.

## APPROCHE COLLABORATIVE ET ÉTHIQUE

Nous souhaitons que cette transition numérique immersive qui se profile s'opère au profit de la population. Elle ne se fera pas au détriment de notre souveraineté technologique, économique et culturelle. L'adoption de ces technologies ne prospérera toutefois qu'à la condition de les mettre au service de nos concitoyens.

Aussi, avons-nous invité ces derniers, les entreprises, les associations et les chercheurs, au travers d'une consultation publique lancée en avril 2023, à exprimer leurs attentes et perspectives en la matière. Cette consultation qui vient en complément de celle lancée au niveau international par la Commission européenne, entend contribuer à définir cette stratégie nationale ambitieuse sur l'univers immersif virtuel et proposer une alternative

aux univers immersifs virtuels proposés aujourd’hui par les géants internationaux. Elle a pris fin début mai.

Les citoyens ont été interrogés sur la réalité mixte, la *blockchain* et les logiciels de création 3D. Nous avons également souhaité les inviter à nous faire part de leurs intentions de mener des activités dans les univers virtuels immersifs. Les chercheurs ont été priés d’identifier les domaines dont le développement devra être financé en priorité. Ils ont par ailleurs partagé une description de leur vision des expériences immersives virtuelles. Les entreprises et associations ont été encouragées à présenter les éléments sur lesquels les futurs mondes immersifs s’appuieront, et à identifier les différents obstacles qui pourraient entraver la progression des entreprises françaises dans le développement des univers virtuels immersifs.

Les sujets éthiques liés au numérique sont majeurs. Aussi j’ai saisi le comité national d’éthique du numérique sur un projet pilote en 2019. Il a été pérennisé cette année par le Président de la République, et le comité rendra cet été un avis sur l’éthique de l’IA et des agents conversationnels comme ChatGPT. De même, nous pourrions envisager de le saisir également sur la notion de mondes virtuels. Les enjeux liés à la protection des données et des mineurs figurent parmi les principaux points de vigilance.

## L’EUROPE ET LES MONDES VIRTUELS OUVERTS, INTEROPÉRABLES ET INNOVANTS

La Commission européenne entend aussi élaborer une vision des mondes virtuels émergents fondée sur le respect des droits numériques et de la législation et des valeurs de l’UE. L’objectif est de créer des mondes virtuels ouverts, interopérables et innovants que les citoyens et les entreprises pourront utiliser en toute sécurité et en toute confiance. La consultation devrait permettre de préciser cette vision, exposer les perspectives et les enjeux sociétaux, et annoncer les mesures de mise en œuvre à venir. La Commission européenne poursuit actuellement son projet de passeport numérique des produits<sup>4</sup>. Un dispositif qui doit théoriquement imposer que chaque produit physique renvoie vers une carte d’identité en ligne intégrant des données sur son origine et son mode de production. Celui-ci, comme les métavers, devrait s’adosser à un système de *blockchain*.

## DES DÉBOUCHÉS MAJEURS

Les métavers s’annoncent comme porteurs de débouchés majeurs, de l’industrie à la santé, en passant par la formation et l’économie, et car ils pourront contribuer à la démocratisation de nouvelles formes d’expression culturelle et d’outils de création en ligne. Nous avons une longue tradition dans ce domaine, avec des acteurs de la 3D pour l’industrie et la santé dont un *leader* mondial qui est Dassault Systèmes, avec des acteurs des univers virtuels pour les jeux vidéos comme Ubisoft ou encore des sociétés comme Ledger. Et des écoles reconnues au plan international comme Les Gobelins. La filière française de la création immersive a également donné naissance à des studios de fabrication reconnus mondialement. D’autres projets innovants – indispensables pour naviguer et réaliser des transactions dans les métavers – sont en cours de développement afin d’offrir des solutions de gestion d’identités, de stockage décentralisé, ou de sécurisation des actifs numériques. Il en ressort ainsi que pionniers et pépites des métavers français se répartissent entre deux écosystèmes, celui de la réalité virtuelle / réalité augmentée / réalité

---

<sup>4</sup> Voir par exemple pour les produits de santé, [https://hadea.ec.europa.eu/calls-proposals/digital-product-passport\\_en](https://hadea.ec.europa.eu/calls-proposals/digital-product-passport_en)

mixte (ou réalité étendue) ; et, de l'autre, l'écosystème *blockchain* / Web3 / NFT. Pour la France et pour l'Europe, le développement des métavers doit permettre le renforcement de ces *leaderships*, mais aussi permettre l'émergence de nouveaux *leaders* mondiaux des usages du numérique et renforcer le rayonnement culturel français.

Le développement de ces nouveaux univers n'en est qu'à ses débuts. Mais il est possible d'en anticiper les formes et modalités d'usages, en s'appuyant sur ce qui existe déjà en termes de technologies immersives (réalité virtuelle, réalité augmentée, *hardware* lunettes / combinaisons haptiques...) et des infrastructures réseaux (moteurs de calcul issus du secteur du jeu vidéo, services *cloud*...), pour offrir des expériences sociales, professionnelles ou culturelles enrichies. À l'échelle de ce match devenu mondial, la France a un rôle majeur à jouer en Europe, et ses succès contribueront à ceux de l'Union. Nous devons rester pionniers pour garantir le respect des droits et des devoirs dans l'espace numérique, et permettre à la démocratie de s'emparer du cyberspace.

Des avatars aux jumeaux numériques, des cryptoactifs aux casques de réalité virtuelle, le développement des métavers est une opportunité majeure que nous devons saisir tout en respectant nos valeurs et nos droits fondamentaux.

# Introduction : Mondes virtuels – Quels horizons ?

Par **Éric FREYSSINET**

Officier général de gendarmerie

Lorsque nous avons commencé à travailler sur ce numéro d'*Enjeux numériques*, l'actualité sur les mondes virtuels était accaparée par les annonces de certains industriels, l'émergence annoncée de technologies Web3 et un engouement particulièrement visible de nombreux acteurs économiques.

Depuis, Facebook a discrètement refermé la porte sur cet épisode, comme un soufflé raté. Ces soubresauts ne doivent pas masquer les réalités de fond, à savoir des technologies utiles qui transforment progressivement les apprentissages, la vie professionnelle ou les divertissements.

L'imaginaire, la création, les religions ont souvent recours à des mondes imaginaires, où l'homme projette sa personne ou des êtres surnaturels, qu'il admire ou qu'il craint. Cette capacité à se projeter est de plus en plus soutenue par des outils numériques qui permettent de jouer, simuler, tester en toute sécurité, faciliter les interactions ou encore se mêler à la réalité en l'augmentant.

En France, l'expérience de Laval, depuis 1996, a su montrer une véritable dynamique d'innovateurs dans les technologies d'immersion, de la réalité virtuelle à la réalité augmentée (regroupées sous la terminologie des solutions XR – ou réalité étendue), au travers du salon qu'organise l'association Laval Virtual chaque année, mais aussi grâce aux travaux du centre de ressources technologiques du laboratoire CLARTE, et des collectivités et entreprises qu'elle accompagne et qu'elle soutient.

Plusieurs témoignages dans ce numéro illustrent cette dynamique, mais aussi les nombreuses questions que posent ces technologies. Très souvent, les auteurs nous appellent à revenir à des réalités beaucoup plus concrètes sur ce qui est possible et pertinent en termes d'usages, chacun dans son domaine. Ainsi, les technologies XR rendent possible l'exploration de musées lointains, de lieux aujourd'hui disparus ou trop fragiles, de la conformation des organes au sein du corps humain.

Plus accessible, l'univers du jeu est peut-être celui qui est le plus dynamique, et où les acteurs français sont très présents. En observant cet univers ludique, on y retrouve toutes les tendances qui s'imposent ailleurs : à chaque type de jeu, des choix de technologies efficaces sans chercher à toujours mettre en avant le réalisme, mais plutôt les qualités que recherchent les joueurs (jouabilité, scénario, complexité, interactions ; dans certains cas, expériences nouvelles à chaque partie, etc.). Certains établissent même des communautés avec leurs joueurs pour leur permettre de participer à la création des nouveaux jeux ou leurs évolutions.

Et c'est sans surprise que l'on retrouve les mêmes tendances dans les métavers, qui sont aujourd'hui majoritairement utilisés à des fins ludiques. Si le lecteur prend le temps de passer quelques heures dans ces différents univers, où le contenu est apporté par les utilisateurs, il découvrira que ce sont des nouveaux espaces de création. On y voit apparaître des marques qui n'existent pas ailleurs, des constructions ou des vêtements – pour

l'instant – impossibles dans le monde traditionnel, et surtout chacun des « joueurs » est en réalité rapidement happé par l'envie de créer lui aussi. Les outils y sont souvent très accessibles, intégrés aux plateformes ou disponibles sous forme de logiciel libre (on pense par exemple à Blender qui rend accessibles la création et l'animation à tous... avec une phase d'apprentissage non négligeable).

C'est donc tout naturellement que le monde du luxe s'intéresse vivement à ces nouveaux usages, pour y faire connaître ses créations sous une nouvelle forme, mais aussi peut-être pour dénicher de nouveaux talents. Parmi ces nouveaux talents, peut-être certains auront-ils été formés par l'association Creative Handicap qui témoigne dans les pages qui suivent.

Tout au long de cette exploration, de nombreuses questions se posent : performances et coûts des technologies – qui sont toutefois de plus en plus accessibles –, lourdeur et acceptabilité des interfaces, adaptation des choix technologiques et des interfaces aux besoins réels des utilisateurs, propriété intellectuelle, éthique et... preuve numérique exploitable par le magistrat en cas d'infraction.

Le point de vue qui semble être le plus partagé est peut-être, comme souvent en matière de technologies, celui de l'adaptation des outils et des interfaces aux réels besoins des utilisateurs finaux.

Et c'est peut-être ce que l'on a observé avec les projets avortés (ou retardés) de métavers universels d'une partie de l'industrie américaine : à vouloir mettre un même outil à toutes les sauces, il devient insipide pour la plupart des personnes ciblées. Ce sont peut-être aussi les questions éthiques sous-jacentes et auxquelles on n'a pas répondu qui ont freiné l'appropriation : celles sur les données collectées par ces nouvelles interfaces et leur impact sur la vie privée.

Parmi les autres questions, l'immixtion des solutions de NFT ou autres contrats reposant sur des chaînes de blocs signées cryptographiquement (*blockchain*) est peut-être celle qui pose le plus de questions au lecteur attentif. En effet, les NFT sont souvent mis en avant dans le concept de Web3, qui nécessiterait de telles technologies pour assurer la traçabilité des transactions et la propriété dans les espaces virtuelles. Force est de constater que cette vision n'est pas partagée par tous, qui soit estiment ne pas en avoir forcément besoin (comme les créateurs de *Second Life*<sup>1</sup>) ou tout simplement les bannissent de leurs plateformes (Valve et Steam) quand d'autres les accepteraient (Epic)<sup>2</sup>. Au final, il semble que les NFT pourraient répondre à certains usages aussi dans les mondes virtuels, mais ils n'en constituent *a priori* pas une pierre angulaire.

Il est donc vraisemblable que l'on continuera de voir se développer massivement ces technologies, mais chacune des briques étant choisie ensuite finement en fonction de l'usage qui en sera fait ensuite, pour créer des expériences sur mesure. Par exemple, la réalité augmentée dans le monde industriel ou médical doit être précise, parfois capable de réagir en temps réel pour garantir la sécurité, mais n'a pas forcément besoin d'un réalisme de niveau cinématographique.

Pour toutes ces raisons, comme le souligne le rapport de la mission sur le développement des métavers rendu public le 24 octobre 2022<sup>3</sup>, il est évidemment indispensable que la

---

<sup>1</sup> <https://www.wired.com/story/metaverse-philip-rosedale-second-life/>

<sup>2</sup> <https://www.theverge.com/2021/10/15/22728425/valve-steam-blockchain-nft-crypto-ban-games-age-of-rust>

<sup>3</sup> <https://www.culture.gouv.fr/Espace-documentation/Rapports/Rapport-de-la-mission-sur-le-developpement-des-metavers>

France, et évidemment l'Europe autour d'elle, continuent d'investir dans ces technologies. Non seulement parce qu'elles en ont la capacité, comme le montre la dynamique des innovateurs et des créateurs – en particulier dans l'industrie du jeu –, mais aussi parce que leur histoire leur permettra peut-être d'aborder les questions éthiques avec d'autant plus d'agilité.

« L'horizon métaversique » sera donc manifestement fait de ce savant mélange d'innovation, de culture et de création, où les usages se croisent et s'alimentent les uns les autres, et où l'éthique et le droit avancent en même temps. Nous espérons que la lecture des articles qui suivent vous en convaincront.

# « La connexion réseau a été perdue » Essai sur la représentation et l’imaginaire des mondes virtuels

Par Thierry DUFRENE

Professeur d’histoire de l’art contemporain à l’Université Paris Nanterre

*« Si tous les êtres devenaient fumée,  
les narines les discerneraient »,  
Héraclite*

En 1940, Adolfo Bioy Casarès concevait dans *L’Invention de Morel* (1940) le plus convaincant des « mondes virtuels » de notre ère contemporaine. Au cours des années 1960-1970, à la rencontre de l’aventure spatiale lunaire, du développement des *mass media*, des utopies de la jeunesse et du psychédélisme, la science-fiction – Wells, Asimov et K. Dick – imagine à son tour des « mondes virtuels ». Dans la décennie suivante, après l’hyperréalisme dans les arts visuels, la simulation et la séduction du faux (*fake*) passionnent les chercheurs et les artistes tout autant que les ingénieurs. Avec Internet, les « mondes virtuels » sont devenus la norme des interfaces homme-machine et des réseaux informatiques. L’interactivité (multi-joueurs) et la simulation offrent à ces mondes ce qu’Étienne Souriau appelait en 1943 une « possibilité absolue » : un imaginaire de la connexion est né. Cet article pose la question d’un nouveau pacte d’extension anthropologique où l’humain s’émule à son double et à ceux du monde. Mais lorsque les dispositifs immersifs et les interfaces (lunettes 3D et gants haptiques) seront remplacés par des greffes à même le corps humain, comme l’augure le transhumanisme, de quoi sera porteuse la rencontre de l’actuel et du virtuel ?

Dans le métavers, mon avatar achète une maison dans un domaine, il / je paie avec une cryptomonnaie, il s’offre de même une paire de chaussures à la boutique Nike du coin (du coin de quoi ?) et se promène pour aller au musée (voir de l’art crypto fondé sur les NFT, des jetons cryptographiques uniques et indivisibles) ou pour croiser (interagir avec ?) d’autres avatars porteurs d’autres chaussures qui n’existent que là, sortent de maisons qui n’existent que là<sup>1</sup>. « Là », où ? La réalité virtuelle (VR) est la dernière venue des doublures du monde. Nous entendons par là les multiples schizes qui, au cours de l’histoire, ont fissuré l’actuel, où le temps s’écoule et où, corps et esprit à la

---

<sup>1</sup> Le terme de « métavers » est inventé par Neal Stephenson dans *Le Samouraï virtuel* (1992).

fois, les humains éprouvent l'existence, inédite, imprévisible, et le virtuel<sup>2</sup>, où le temps est une fiction contrôlée par un répertoire défini d'actions. Des religions et des mythologies antiques, de la Bible aux utopies / dystopies politiques et scientifiques du XVIII<sup>e</sup> au XX<sup>e</sup> siècle, de telles doublures du monde abondent. Avec Internet, les « mondes virtuels » vont devenir selon Lev Manovich « la norme nouvelle des interfaces homme-machine et des réseaux informatiques »<sup>3</sup>. L'interactivité (multi-joueurs) et la simulation confinent à ce qu'Étienne Souriau appelait une « possibilité absolue » : un monde d'êtres fictifs qui pourraient exister (pseudo-réalités ; *mock-existences*), « sollicitudinaires »<sup>4</sup> – au sens où, comme les héros de la fiction, ils ont besoin de nous pour « exister » –, des tamagotchis aux avatars. Au-delà du passage de l'actuel au virtuel, et réciproquement (au cœur de la vie individuelle et sociale), l'enjeu devient la transformation de l'un en l'autre : un imaginaire de la connexion est né.

## MONDES PARALLÈLES

Le platonisme, distinguant le monde des idées et celui des corps, et la religion judéo-chrétienne ont ancré profondément en Occident la conception dualiste de mondes qui s'opposent, même si pour atténuer l'angoisse du jugement dernier, l'église catholique inventa un lieu intermédiaire – le purgatoire – entre paradis et enfer<sup>5</sup>. La jonction entre l'actuel et le virtuel se fait hors monde, dans une eschatologie apocalyptique, sauf dans le cas des hybridations entre règnes (*Métamorphoses* d'Ovide, I<sup>er</sup> siècle). Sur Terre – si l'on peut dire –, le passage de l'un à l'autre n'est permis qu'à quelques élus : Ulysse qui descend dans les enfers d'Homère et dans les limbes, Orphée qui n'en peut faire remonter Eurydice. Du romantisme noir (Füssli, Blake) à *Inception* (2010), en passant par *Orphée* (1950) de Cocteau ou *Les Ailes du désir* (1993) de Wenders, quelques passeurs voyagent d'une rive à l'autre. Un monde virtuel peut être un refuge où l'on échappe à la prédation et / ou champ d'action pour un avatar en rupture de corps, comme dans la Pandora de James Cameron (les films *Avatar*, 2009, 2022). Dans les utopies (ou dystopies) philosophiques et littéraires, de More et Campanella à Swift, Voltaire et Defoë, les « mondes parallèles » reproduisent cette division. Le merveilleux scientifique cher à Maurice Renard (1875-1939) – les inventions qui changent le rapport au monde, les récits d'anticipation – prend ensuite le relais : chez Jules Verne, *Vingt Mille Lieues sous les mers* réactive le mythe de l'Atlantide, le *Château des Carpathes* (1892) est du pré-cinéma. Dans ces récits-là, le monde virtuel est préféré à l'actuel, le premier se gagnant par le sacrifice (la perte) du second. Nemo ne reviendra pas à la surface ; la cantatrice Stilla qui revit dans la fantasmagorie du baron Rodolphe de Gortz est morte. La convergence entre le roman populaire et la haute littérature symboliste à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ne peut que frapper : dans *À Rebours* (1884), Des Esseintes, le héros de Huysmans, vit dans un monde entièrement artificiel dont il ne sort plus ; dans *L'Ève future* (1886), Villiers de l'Isle-Adam fictionnalise un personnage d'inventeur réel, Thomas Edison<sup>6</sup>, créant un androïde en tous points réaliste et dont la parole est issue de cylindres sur lesquels ont été enregistrées les œuvres littéraires majeures de l'humanité. Un programme, ancêtre de ChatGPT, choisit parmi cette base de données immenses, les réponses pertinentes à l'interlocuteur-amant humain (ce qui fait de l'Ève en question une sorte de *sex doll* avec IA, ou une *Her* (2013) avant la lettre).

<sup>2</sup> Nous reprenons la distinction de Gilles Deleuze, *Cinéma 2 – L'Image-Temps*, Paris, Minuit, 1985, pp. 93-95.

<sup>3</sup> Lev Manovich, *Le langage des nouveaux médias*, Dijon, Les presses du réel, 2010, p. 80.

<sup>4</sup> Étienne Souriau, *Les différents modes d'existence* (1943), Paris, PUF, 2009, pp. 134-135.

<sup>5</sup> Jacques Le Goff, *La naissance du purgatoire*, Paris, éd. Gallimard, Bibliothèque des Histoires, 1981.

<sup>6</sup> Qui inventa le phonographe pour mettre en relation les vivants et les morts.

En 1940, au moment où René Daumal écrivait *Le Mont Analogue* (entre 1939 et 1944, publié seulement en 1952 après sa mort, qui extériorisait le monde intérieur comme espace virtuel d'une quête de l'absolu), l'écrivain argentin Adolfo Bioy Casarès, grand ami de Borgès, concevait dans *L'Invention de Morel* (1940) le plus convaincant des « mondes virtuels » de notre ère contemporaine<sup>7</sup>. Le roman constitue une anticipation géniale de nos questionnements politiques et éthiques devant la montée en puissance (hors de contrôle ?) de la virtualisation. Morel a enregistré les amis qu'il a invités dans une île dotée d'un musée, d'une piscine et d'une chapelle, au moyen de caméras de son invention cachées dans les miroirs (voir la Figure 1) ; les images qu'il en a obtenues sont d'un nouveau genre : ce sont des hologrammes parfaits qui existent (?) en dehors de toute projection sur un écran – il aurait même réussi à enregistrer les pensées les plus intimes de ses invités ; sur le principe du « jour sans fin », la semaine enregistrée se rejoue éternellement bien après le départ (la disparition) des hôtes de Morel et de l'inventeur qui s'est lui-même enregistré, en particulier dans sa relation amoureuse complexe avec une femme nommée Faustine (Faust ?). Le moyen de cette diffusion (éternelle) – qu'on dirait aujourd'hui holographique, mais cela n'existait pas en 1940 – est l'énergie fournie par des machines mues par les marées. Calculée sur la base d'études marines de long terme, la position des machines s'avère inadaptée au changement du régime des marées (notre futur changement climatique ?), et devant les yeux horrifiés et bien vite captivés d'un naufragé (le narrateur du livre, l'homme qui envoie le manuscrit comme une bouteille à la mer – le joueur de ce monde virtuel ?), des « intrus » se mettent à apparaître (connexion) et disparaître (connexion perdue) sur l'île qu'il croyait déserte (voir la Figure 2). Il tombe même amoureux de Faustine en vrai, alors qu'il comprend au bout d'un certain temps (celui de l'expérimentation du dispositif) qu'elle n'est qu'une image, et non un être incarné. Il s'est épris d'un simulacre, mais l'émulation avec Morel le conduit à se rendre maître des machines et à s'enregistrer dans la boucle virtuelle des images



Figure 1. Pierrick Sorin, esquisse du projet pour l'exposition « L'Invention de Morel ou la fabrique des images », Maison de l'Amérique latine (2018), Commissariat T. Dufrêne (Copyright : Pierrick Sorin).

<sup>7</sup> Adolfo Bioy Casarès, *Romans*, Paris, Bouquins, 2001 (éd. Michel Lafon). Nous avons consacré à ce roman et à son impact immense sur la pensée et la création contemporaine une exposition « L'Invention de Morel ou la machine à images » à la Maison de l'Amérique latine (Paris du 16 mars au 21 juillet 2018) : voir Thierry Dufrêne (dir.), *L'Invention de Morel ou la machine à images*, Paris, éd. Xavier Barral, 2018.

projetées, et à devenir lui-même un « intrus » dans le monde des images : il aura pris soin de donner l'image d'une proximité amoureuse avec Faustine. Il change donc les disques, non sans avoir compris que les machines tuaient : une fois enregistré, l'être dépérit et seule son image (avatar ?) vit. Il sait qu'en s'enregistrant, il mourra, mais il préfère cela à ne pas s'inscrire dans le temps éternel de l'image, le monde de l'idée de l'amour de Faustine. Mais pour quel spectateur ? Dans les derniers feuillets où il décrit sa déchéance physique, il espère un inventeur, le troisième après Morel (anagramme de « le mort ») et lui-même (le naufragé) : l'homme d'une alliance nouvelle après un nouveau Déluge (une guerre mondiale, une dictature politique universelle – il fuit la police de son pays –, une catastrophe écologique ?) : un inventeur qui saurait permettre aux images (avatars) de pénétrer dans la conscience les unes des autres – c'est-à-dire d'obtenir une transparence totale : alors seulement, il pourra – écrit Bioy – entrer « dans le ciel de la conscience de Faustine » ; formulation eschatologique d'un paradis possible de la virtualité, transparence totale désirable ou prison numérique, paroxysme du panoptique de Bentham.



Figure 2. Rafael Lozano-Hemmer, *First Surface* (2012), ordinateur, Kinect 360, projecteur, miroir, image 175 x 122 cm, pour l'exposition « L'Invention de Morel ou la fabrique des images », Maison de l'Amérique latine (2018), Commissariat T. Dufrière (Copyright : Rafael Lozano-Hemmer).

## MONDE VIRTUEL NUMÉRIQUE

Dans les années 1960-1970, à la rencontre de l'aventure spatiale lunaire, du développement des *mass media*, des utopies de la jeunesse et du psychédéisme post-*Doors of the perception* (1954) d'Aldous Huxley, la science-fiction – Wells, Asimov et K. Dick – qui augmente la distance entre les mondes habités, imagine des « mondes virtuels » pour rapprocher les séparés et faire communauté. En 1968, dans *Do Androids Dream of Electric Sheep* (Ridley Scott, *Blade Runner*, 1982, puis Denis Villeneuve, *Blade Runner*

2049, 2017, voir la Figure 3), Dick imagine un monde post-apocalyptique où chacun chez soi communique avec tous les autres éparpillés dans l'univers au moyen d'une « boîte à empathie » : on y voit à l'écran un homme de dos qui monte péniblement la pente raide d'un chemin caillouteux, après quelques secondes on est soi-même cet homme appelé Mercer et on ressent tout ce qu'il ressent en même temps que tous les autres connectés à la « boîte à empathie » – un peu comme l'image du Léviathan de Hobbes où la multitude compose la figure immense du monarque. Mercer est lapidé et chacun en ressent la douleur sur son propre corps. Il s'agit d'une figure christique. S'échappant de la réalité, l'usager de la boîte expérimente une vision transformatrice qui est, au minimum, un exercice d'apprentissage, et, au plus haut niveau, un « exercice spirituel » au sens d'Ignace de Loyola, le fondateur de l'ordre des Jésuites, qui recommandait aux professes de se figurer mentalement – jusque dans le moindre détail – la Passion du Christ : les images des églises jésuites et baroques y aidaient les profanes. Selon Dick, c'est par l'entraînement de l'empathie que les humains se distinguent des robots. Ce que diffuse la boîte à empathie est à l'opposé de la télévision de divertissement diffusée en continu par l'ami Buster.

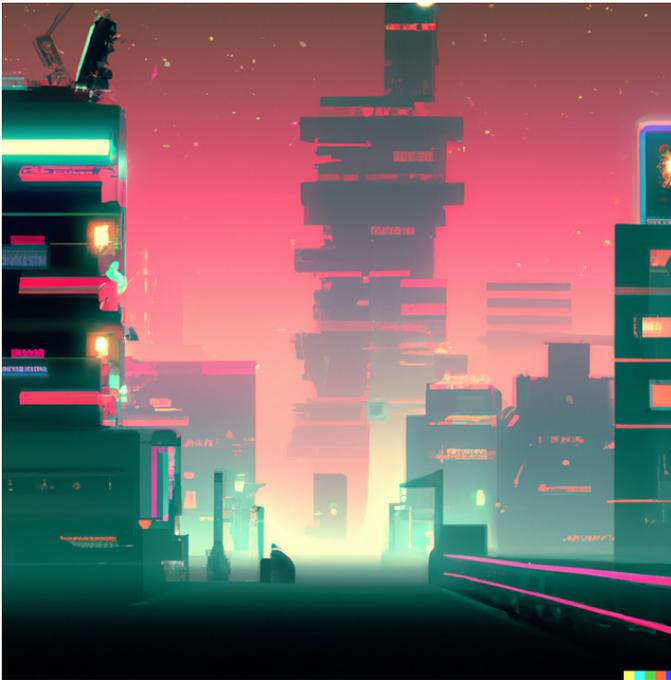


Figure 3. Denis Villeneuve, *Blade Runner 2049* (2017),  
Source : Wikicommons.

Dans les années 1980, après l'hyperréalisme dans les arts visuels, la simulation et la séduction du faux (*fake*) passionnent les chercheurs et les artistes tout autant que les ingénieurs. Jean Baudrillard publie *Simulacres et simulation* (Paris, Galilée, 1981) et démontre que le simulacre ne cache pas la vérité : il en tient lieu. Dans *La guerre du faux* (Paris, Grasset & Fasquelle, 1985), Umberto Eco nous fait voyager dans les musées de cire, les dioramas, les Disneyland de la culture américaine. Les mots-clés de son « voyage dans l'hyperréalité » sont : “*more*” et “*the real thing*”. Donner à voir plus que dans l'original, souvent européen (que ne verront pas les visiteurs) – par exemple des pieds ajoutés à un portrait en buste peint transformé en objet tridimensionnel (à propos d'un portrait augmenté de Peter Stuyvesant, fondateur de New York, Eco écrit : « on voit même son derrière ! ») – ou encore reconstruire tel que c'était vraiment : par exemple reconstruire

une ferme du XIX<sup>e</sup> siècle avec des vrais moutons, quitte à les obtenir par écolo-archéologie – car les moutons d’aujourd’hui sont différents ! L’exposition *Les Immatériaux* conçue pour le Centre Pompidou par Jean-François Lyotard en 1985, qui ne présente encore que des Minitel, précède ce que Milad Doueïhi a appelé la « grande conversion numérique » (Internet)<sup>8</sup>.

Le « monde virtuel » numérique, qui hérite de l’imaginaire de ceux qui l’ont précédé, est issu de la conjugaison de la simulation et de l’interactivité. Là aussi, les artistes ont ouvert la voie. Dans *The Legible City* (1989-1991), installation interactive de l’Australien Jeffrey Shaw, le spectateur-acteur monte sur une bicyclette et pédale face à un écran géant qui figure une ville dont les rues sont faites d’une double rangée de mots en perspective qu’il voit se profiler au loin, dépasse et qu’il laisse derrière soi. Chaque coup de guidon lui permet de bifurquer et de changer de rue (et de paysage – d’aire – sémantique). Chaque coup de pédale imprime au dispositif une vitesse particulière. Les autres visiteurs observent ses choix, son itinéraire. Dans cette cité virtuelle – engendrée par le programme –, Shaw mobilise deux imaginaires : celui du livre à choix multiple, celui des rapports de la carte et du territoire. Sans remonter au *Songe de Poliphile* ou à la *Carte du Tendre*, on pense aux *Villes invisibles* (1972) d’Italo Calvino, à la longue lignée des utopies et plus particulièrement à Borgès et à son « jardin aux chemins qui bifurquent », à son monde comme bibliothèque. La différence entre le domaine du métavers et l’œuvre de Shaw, c’est que le dispositif a absorbé le spectateur-acteur, comme dans la Bible, la baleine avale Jonas : l’habitant du métavers ne voit les autres que dans ce domaine-là et sous cette description particulière de l’avatar. Une pièce intermédiaire de Shaw montre le passage : *The Golden Calf* (1994). Le spectateur entre dans une salle avec un socle vide où est accroché un ordinateur. Sur l’écran, l’image d’une sculpture représentant le Veau d’or. En tenant l’écran d’une certaine manière, le spectateur va pouvoir poser la sculpture sur le socle et l’admirer (l’adorer), mais uniquement dans un « monde virtuel » mappé sur l’espace réel.

## DOUBLEMENT DU MONDE OU MONDE AUGMENTÉ ?

*Superman* (1938) se retire dans la forteresse de la solitude, son « musée des souvenirs » où tout est enregistré sous forme de copie ou même sous forme originale et miniaturisée comme la ville de Kandor. Dans *Solaris* (livre de Stanislas Lem, 1961, puis film de Tarkovski en 1972), les « visiteurs » sont des simulacres puisés par l’Océan dans les souvenirs des astronautes. Dans *Himmel über Berlin (Les Ailes du désir)*, 1987, l’ange Damiel s’incarne par amour pour une trapéziste, et alors, le film passe du noir et blanc à la couleur. L’irruption des images de synthèse dans *Jurassic Park* (1993) produit à l’écran l’effet de surprise et d’horreur que le roman de Conan Doyle *Le monde perdu* (1912) anticipa.

Là où le monde virtuel numérique est le plus troublant, c’est lorsqu’il prend la place de l’actuel. Dans *L’Invention de Morel*, les objets réels – y compris les machines – sont doublés par leur copie. Une fois la projection lancée, le naufragé ne peut ouvrir une porte qui a été enregistrée fermée ; il se trouve prisonnier dans le monde virtuel. N’est-ce pas l’argument même des *Matrix* à partir de 1999 ? Les simulacres de Bioy n’anticipent-ils pas les “digital twins” – copies numériques d’objets – de *Second Life* (2003) ou plus près de nous de *Decentraland* (2020) ou du métavers ? Dans *L’Homme variable* (1953), Philip K. Dick imagine que Thomas Cole est capable d’un dialogue si intime avec les machines de calcul qu’il en fait varier les prédictions : il en est la « variable ». Son empathie avec les machines est une alternative à l’angoisse engendrée par la peur du robot télépathique

<sup>8</sup> Milad Doueïhi, *La grande conversion numérique*, Paris, Seuil, 2008, et *Pour un humanisme numérique*, Seuil, 2011, notamment « Oubli de l’oubli », pp. 139-156.

qui pourrait prendre le contrôle des humains, type HAL9000 de *2001, Odyssée de l'espace* (1968). Dans *Morel's Panorama* (2003), l'artiste japonais Masaki Fujihata propose de la même manière au visiteur d'introduire une variabilité infinie par sa présence (voire son jeu) dans le dispositif ouvert d'enregistrement/projection (voir la Figure 4). Le passage de l'approximatif (si l'on reprend le titre du recueil de poèmes publié par Tzara en 1931 : l'homme moderne comme approximation calculée) au variable (Philip K. Dick) constitue l'apport du numérique à la création de « mondes virtuels ». Prenons l'œuvre en VR d'Anne-Laure Cazin, *Freud, la dernière hypnose* (2019). Le spectateur peut changer de point de vue : soit il est le patient, soit il est Freud ; aujourd'hui, l'artiste travaille à un cinéma neuro-émotif où le spectateur doté d'un double équipement (casque de VR et casque à électrodes pour EEG) peut modifier l'ambiance du film projeté (musique, couleurs) et infléchir le déroulement du film selon ses réactions émotives – des mesures d'ondes cérébrales sont faites régulièrement, qui commandent la bifurcation du contenu narratif (soit il s'agit d'une résultante, l'ambiance d'une salle dans laquelle trois ou quatre personnes sont équipées, soit il s'agit d'une expérience individuelle). On peut imaginer à terme une sensibilité particulière de pilotage du dispositif par le cerveau sensible.



Figure 4. Masaki Fujihata, *Morel's Panorama* (2003), ordinateur, caméra panoramique, projecteur, pour l'exposition « L'Invention de Morel ou la fabrique des images », Maison de l'Amérique latine (2018), Commissariat T. Dufrene (Copyright : Masaki Fujihata).

Dès lors, l'opposition entre les deux modes d'existence que Sartre a établis dans *L'imaginaire* (1940) – je ne peux pas vivre en même temps ma vie actuelle et ma vie virtuelle : soit je vis dans la réalité, soit je vis sur le mode imaginaire – serait troublée. Loin de n'être qu'une nouvelle déclinaison de l'« ère du faux » étudiée par Eco, ou encore une pure création d'usages marchands, le « monde virtuel numérique » brouillerait les ontologies et ferait de la commutation de l'une à l'autre – le « jouable » comme « exercice spirituel » –, un entraînement à la variabilité critique des modes d'existence (Souriau), un nouveau pacte d'extension anthropologique – où l'homme s'émule à son double (statue, mannequin, automate, robot, IA...) et à ceux du monde (espaces artificiels, « musées imaginaires », analogues de la science expérimentale, etc.). Une interrogation encore : lorsque les dispositifs immersifs et les interfaces (lunettes 3D et gants haptiques) seront remplacés par des greffes à même le corps humain, comme l'augure le transhumanisme,

la transformation physique fera-t-elle de l'usager non plus seulement un Ignace de Loyola à visions intermittentes, pouvant basculer de l'actuel au virtuel, mais un permanent « transformé » selon l'expression forgée par Bioy – décidément l'écrivain indispensable pour nos questions actuelles – dans *Plan d'évasion* (1945) ? Dans ce roman, Castel, gouverneur de Cayenne et des îles, dont l'île du Diable où était le bague où Dreyfus fut détenu de 1895 à 1899, a un « plan d'évasion », insolite et désespérée quête de bonheur collectif. Cette fois, pas de machine à images, mais une transformation physiologique qui touche aux cinq sens de l'homme. Castel opère trois détenus et s'opère lui-même : en modifiant le système de perception des « transformés », il parvient à leur faire voir des plages, des bras de mers à la place des murs, un panorama d'« îles entourées d'eau » qui sont en réalité les autres cellules avec leurs habitants. Le moyen est de modifier leur système optique et de réaliser des « combinaisons entre les sens » pour que leur cerveau ne puisse pas voir autre chose que ce que Castel leur a appris à voir mentalement comme le lieu idéal où s'évader : une île déserte et paradisiaque : « Ils arrivèrent à s'en faire une image réelle, obsédante »<sup>9</sup>. Castel choisit de greffer sur son nerf auditif les sonorités du premier mouvement de la *Symphonie n°4 en mi mineur* de Johannes Brahms, l'équivalent de ce que sera la *Cinquième symphonie* de Beethoven dédiable pour Alex, le héros de Burgess, après avoir subi le traitement « Ludovico » dans *Orange mécanique* publié en 1962, dont Stanley Kubrick tira en 1971 un film célèbre.

Mais c'est une autre (inquiétante) histoire. Y aurait-il un Castel chez Zuckerberg ?

---

<sup>9</sup> *Op. cit.*, p. 162.

# Les mondes virtuels dans le monde des jeux vidéo

Par Leroy ATHANASSOFF

Creative Director on Rainbow 6 Siege

@ Ubisoft Montréal

Les mondes virtuels ont acquis une place importante dans le monde des jeux vidéo. Ils permettent aux joueurs de plonger dans des univers imaginaires et de vivre des expériences uniques. Les mondes virtuels peuvent prendre différentes formes, que ce soient des modes de jeu en ligne, des environnements virtuels immersifs ou des plateformes sociales, et peuvent parfois être associés à la réalité virtuelle. Celle-ci offre une immersion totale et absolue, réalisant ainsi le rêve suprême de mettre le joueur à l'intérieur du rêve. Cependant, les défis auxquels elle est confrontée en matière de design, de frictions et d'accessibilité ne doivent pas être sous-estimés.

Les mondes virtuels ont acquis une place importante dans le monde des jeux vidéo. Ils permettent aux joueurs de plonger dans des univers imaginaires et de vivre des expériences uniques. Les mondes virtuels peuvent prendre différentes formes, que ce soient des modes de jeu en ligne, des environnements virtuels immersifs ou des plateformes sociales, et peuvent parfois être associés à la réalité virtuelle.

Pourtant, les mondes virtuels ont existé bien avant la technologie. Des mondes contenant des possibilités infinies, cohérentes mais qui s'opposent à la réalité. On les visite dans notre imaginaire seul ou avec des amis. Pendant une session de jeu avec des Lego ou des poupées, nous étions à l'intérieur d'un monde avec ses propres règles et sa propre cohérence.

En grandissant, certains découvraient les systèmes de règles des jeux de rôle, permettant d'ajouter de la persistance à ces univers. Ils se prolongeaient d'une session à l'autre, mais cela se faisait au prix de beaucoup de complexité. Finie l'accessibilité immédiate de la Barbie et de son « on dirait que... » enfantin. Il fallait lire et comprendre des systèmes de règles parfois très complexes pour que tout le monde puisse jouer, sauvegarder et reprendre. Par conséquent, seule une petite partie de la population était concernée à cette époque.

## LES JEUX VIDÉO EN LIGNE OU LES PREMIERS MONDES VIRTUELS SUR ÉCRAN

Une des forces des jeux vidéo en ligne, donc des premiers mondes virtuels sur écran, a été de reprendre tous ces systèmes, de les simplifier au travers d'interfaces beaucoup plus accessibles et de les rendre disponibles facilement à tout le monde.

Parmi les pionniers, on peut citer *Diablo*, *Ultima Online*, *Eve Online*, *Everquest*, *Dark Age of Camelot*, etc. Mais celui qui va vraiment démocratiser le genre et s'imposer pendant presque vingt ans comme le roi ultime est *World of Warcraft*.

Le premier monde virtuel grand public. Où l'on pouvait éprouver la persistance, des dynamiques sociales, des aventures, etc.

Des communautés et des outils pour gérer ces communautés sont nées avec *World of Warcraft*. Et lorsque d'autres tendances ont émergé alors ces communautés se sont déplacées ou agrandies pour exister dans ces nouveaux espaces.

D'abord, les MOBA pour *multiplayer online battle arena* où plusieurs équipes de joueurs s'affrontent en ligne (*League of Legends*, les *Dota*) puis l'émergence de l'e-sport, les jeux de "Battle Royale" (expression anglophone pour désigner un genre particulier de jeux où tout le monde s'affronte en même temps jusqu'au « dernier homme debout »), *Minecraft*, *Fortnite*, *Roblox*, etc.

Et s'il existe plusieurs espaces virtuels qui partagent des caractéristiques (la dimension sociale étant de loin la plus importante), ils ont tous leur propre spécificité.

Chacun va parler à des profils de joueurs (des "personas") différents et donc a des communautés différentes. Prenons un exemple proche, celui de l'e-sport et de la communauté en ligne du jeu *Rainbow 6 Siege* (ou *R6 Siege*) : ses besoins, ses règles et ses modes d'existence sont bien différents de ceux des communautés *Minecraft*. Quand bien même on va retrouver des outils identiques (création d'un serveur sur Discord, présence de contenu sur YouTube, *streamers* favoris sur Twitch), le mode d'interaction et la nature du jeu font que le public n'est pas le même.

Dans le cas de l'e-sport, ce qui est intéressant est que même si le cœur de l'expérience est en ligne, celle-ci est sans cesse ramenée au réel au travers de compétitions et d'événements bien physiques, qui sont tout autant d'occasions pour les gens de se découvrir en « vrai » avec parfois bien des surprises.

## **TOUJOURS PLUS D'IMMERSION ET MOINS DE DISTANCE ENTRE LE RÉEL ET LE VIRTUEL**

Ce mélange de virtualité et de réalité crée une friction permanente entre l'avatar et le sujet avec par exemple l'agent du GIGN surentraîné à l'intérieur du jeu joué par une adolescente de 17 ans dans la réalité. Et c'est justement cette distance, cette friction, qu'une évolution technique majeure essaye de corriger depuis presque dix ans.

En 2013, l'arrivée des casques de réalité virtuelle (acronyme VR en anglais) sur le marché grand public va tenter de résoudre, entre autres, cette problématique de l'athlète différent de l'avatar.

Les personnes qui ont eu la chance de tester cette technologie conviennent qu'il n'y a rien de comparable dans le monde des jeux vidéo traditionnels, du cinéma, ou même dans le monde réel. La VR offre une immersion totale et absolue, réalisant ainsi le rêve suprême de mettre le joueur à l'intérieur du rêve.

On pensait son essor inéluctable et inévitable. Et pourtant, depuis l'apparition de l'Oculus Rift en 2013 par Valve, chaque année on a prédit l'année de la VR sans que celle-ci n'arrive vraiment.

## **PROBLÈME DE DESIGN, DE FRICTIONS ET D'ACCESSIBILITÉ, ET UN CHALLENGE ÉCONOMIQUE**

Tels sont les différents problèmes et enjeux auxquels est confrontée cette technologie.

## Problème de design

Contrairement à ce que l'on pourrait imaginer, la VR ne peut pas simplement hériter de tous les apprentissages passés du jeu vidéo. Croire que ce serait par exemple une stricte amélioration de la vue à la première personne (FPV pour *first person view* / FPS pour *first person shooter*), si populaire dans le jeu vidéo, serait une erreur majeure.

La VR est un nouveau paradigme, une nouvelle façon d'envisager les jeux. C'est une révolution comparable à l'arrivée de la 3D, qui a changé et révolutionné pour toujours le design et le mode de contrôle des jeux vidéo. La 3D a fait passer les plateformes et les jeux d'arcade 2D à de vrais modes de contrôle en trois dimensions, et la VR est en train de faire de même.

De plus, les mouvements de la tête et du corps dans la VR doivent être parfaitement synchronisés avec les mouvements dans le monde virtuel pour éviter toute sensation de nausée ou de désorientation. Cela peut nécessiter des ajustements dans la conception des jeux, tels que des vitesses de déplacement plus lentes ou des angles de caméra spécifiques.

## Les frictions

Un autre défi majeur pour la VR est la question des frictions, c'est-à-dire les obstacles qui empêchent les utilisateurs de profiter pleinement de l'expérience de la VR. Il y a plusieurs types de frictions auxquels les utilisateurs sont confrontés :

- Le coût élevé. Les casques de VR peuvent coûter cher, et cela peut être un obstacle pour de nombreuses personnes. Le coût des casques de VR a considérablement baissé ces dernières années, mais il reste un défi majeur pour la VR si elle veut devenir une technologie grand public.
- Les problèmes de confort. Les casques de VR peuvent être inconfortables à porter pendant de longues périodes, et ils peuvent également causer des problèmes de fatigue oculaire. Les développeurs doivent continuer à travailler sur l'amélioration du confort des casques de VR pour offrir une expérience plus agréable aux utilisateurs.
- Les problèmes de compatibilité / manque d'interopérabilité. Il y a souvent des problèmes de compatibilité avec les différents matériels et logiciels utilisés pour la VR. Les développeurs doivent s'assurer que leurs jeux et applications fonctionnent sur toutes les plateformes de VR disponibles.
- Les problèmes de mouvement. Les casques de VR peuvent être limités en termes de mouvement, ce qui peut limiter l'expérience immersive. Les développeurs doivent trouver des moyens de permettre aux utilisateurs de se déplacer librement dans l'environnement virtuel.

## Défis économiques

La VR est confrontée à des défis économiques importants pour devenir une technologie grand public. Les coûts élevés de développement et de production des jeux et applications VR, ainsi que les coûts de marketing et de distribution, peuvent rendre difficile pour les développeurs et les éditeurs de rentabiliser leurs investissements. En effet, le parc installé de machines reste malheureusement bien trop petit, et tend à réduire les gains potentiels et donc les coûts des projets possibles.

Enfin, la VR doit également faire face à la question de la disponibilité des contenus. Les développeurs doivent continuer à produire des jeux et applications VR de haute qualité pour maintenir l'intérêt des utilisateurs et stimuler la demande pour la VR.

Conditions rendues d'autant plus difficiles que les budgets sont limités.

Alors il y a bien eu des exemples de sociétés essayant de briser ce cercle vicieux. On pense à Valve et son *Half-Life : Alyx* avec un score exceptionnel de 93 % sur le site de collecte de notes attribuées à du contenu musical et audiovisuel, Metacritic<sup>1</sup>, rompant avec le traditionnel « petit jeu » pour offrir aux utilisateurs de VR une expérience et une aventure dignes des plus grosses consoles AAA (système de classification informel dans l'industrie du jeu vidéo pour désigner des jeux vidéo dotés de budgets de développement élevés et générant de gros revenus), la société n'ayant jamais regardé à la dépense.

On a aussi eu récemment Sony avec son PSVR 2 (casque de VR pour console PlayStation 5) et l'incroyable *Horizon Call of the Mountain*, jeu qui se déroule dans l'univers de la licence à succès *Horizon*. Et là encore, Sony a mis de gros moyens, développant même une technologie d'*eye-tracking* pour améliorer les problèmes de cinétose (mal des transports).

Dans les deux cas, si le succès d'estime et critique est là, malheureusement le succès commercial, lui, tarde à venir et l'impact sur les ventes de casques VR reste très marginal.

L'essor et l'excitation des premiers temps (où tous les studios et développeurs avaient leur projet VR en cours) ont laissé la place maintenant à un réalisme plus froid.

On continue d'exploiter cette plateforme et il est toujours possible de produire de bonnes expériences et de rencontrer une certaine forme de succès, mais dorénavant le plafond de verre est connu et les ambitions sont revues à la baisse, et surtout sont beaucoup plus réalistes.

## CONCLUSIONS

La réalité virtuelle et les mondes virtuels ont déjà connu des évolutions importantes depuis leur création, mais leur potentiel est encore largement inexploré. Avec l'amélioration constante de la technologie et la réduction des coûts, nous pouvons nous attendre à voir de plus en plus de personnes profiter des expériences immersives, avec ou sans VR.

Cependant, les défis auxquels la VR est confrontée en matière de design, de frictions et d'accessibilité ne doivent pas être sous-estimés. Les concepteurs et développeurs devront continuer à innover pour trouver des solutions aux problèmes existants, et pour créer des expériences de réalité virtuelle qui sont à la fois accessibles et engageantes pour le grand public.

En ce qui concerne les mondes virtuels, ils sont appelés à devenir des espaces de plus en plus sociaux et interactifs, où les utilisateurs pourront se connecter, interagir, jouer et collaborer ensemble. Les mondes virtuels pourraient même devenir une nouvelle plateforme de travail, permettant aux gens de travailler ensemble de manière collaborative, quelle que soit leur localisation géographique. On pense par exemple à des plateformes comme Discord, Teams, Miro, Slack, etc.

Le Covid fut, malgré lui, un catalyseur, un accélérateur de cette tendance, et a fait émerger cette notion de « tiers-lieu » (de l'anglais "*third place*") en ligne, désignant ainsi les environnements sociaux venant après la maison et le travail.

Ce qui fait qu'aujourd'hui, on ne considère plus les espaces en ligne et les mondes virtuels uniquement comme des lieux récréatifs et d'évasion. Il est possible de produire, de fabriquer, de travailler ensemble... Le monde du jeu vidéo a donc ce paradoxe de travailler sur le jeu à l'intérieur du jeu. Car en cette période où le télétravail prend son essor et où il faut retrouver des espaces communs et des activités d'équipe pour créer ce tissu

<sup>1</sup> <https://www.metacritic.com/game/pc/half-life-alyx>

nécessaire à toute bonne collaboration, quoi de mieux que le jeu auquel on collabore ? Et c'est là un des secrets de la si bonne résistance de cette industrie aux dernières crises, qui explique qu'elle a pu continuer de produire et travailler tout en maintenant du lien avec ses collaborateurs.

Avec le temps, une partie du travail qui ne nécessite pas de présence et de moyen physique se délocalisera dans ces espaces virtuels. Et l'on peut déjà se demander ce que cela veut dire de créer de la musique, des films, des revues, des sites *web* dans des environnement 100 % connectés et en ligne.

Il y a fort à parier que l'on se tournera alors vers les jeux et leur mondes virtuel pour en comprendre leur fonctionnement, et élaborer des nouveaux *process* de production et de création.

# Les mondes virtuels, nouvelles perceptions, nouvelles représentations

Par **Thomas TASSIN**  
Co-fondateur de Mira

Les mondes virtuels sont souvent, à tort, considérés comme le prochain Internet. Cette affirmation empêche de penser leurs réelles filiations, les raisons profondes de leur émergence ainsi que les effets durables qu'ils pourraient avoir sur notre relation au monde et à la société. Nous proposons ici de dépasser une analyse centrée sur les usages immédiats, dont la pertinence est limitée concernant une innovation technologique et artistique de rupture.

En regardant du côté des arts, notamment visuels et de leurs différents supports, il apparaît que les mondes virtuels en sont des descendants très proches.

De par cet héritage, les métavers s'inscrivent dans l'évolution continue de notre perception, de nos interactions et de nos représentations du réel.

Les perspectives qu'ils apportent sont à considérer sous ce prisme.

## AUX RACINES DU VIRTUEL

La thèse qui positionne le métavers comme le futur d'Internet est un raccourci malheureux. Elle constitue une réponse trop rapide à la question de sa place dans l'Histoire, de ses sources, et donc de sa raison d'être et de sa trajectoire future. Plusieurs indices indiquent que cette lignée n'est pas aussi naturelle qu'on le dit. Ainsi, l'usage d'Internet, qu'il s'agisse du Web1 ou du Web2, est-il principalement organisé en mode asynchrone, seul, sans représentation spatiale, avec un rapport à l'esthétisme et à l'émotion limité. Ce qui n'est pas le cas du métavers.

Si le métavers est certainement un cousin d'Internet, sa lignée est bien plus complexe en ce qu'il présente des similarités qui sont plus fortes avec d'autres inventions qui ont chacune transformé leur époque : la peinture, la sculpture, l'écriture, l'imprimerie, la photographie, le cinéma, le phonographe, le téléphone, la télévision, les différents moyens de transport modernes depuis la draisienne, ou encore les jeux vidéo. Ces innovations ont permis d'explorer, de créer et de partager de nouvelles représentations du réel, ont ouvert de larges champs de créativité et changé à jamais notre rapport au monde.

La compréhension des enjeux du virtuel en général et du métavers en particulier est à mettre en perspective avec l'histoire de la représentation du réel, notamment à travers les arts, ce qui inclut l'évolution des supports et des technologies d'expression artistique.

Il y a environ quarante mille ans, les premières peintures rupestres étaient réalisées dans les grottes de Lascaux en France et d'Altamira en Espagne, directement sur des parois rocheuses à l'aide de pigments naturels, tels que l'ocre, le charbon de bois et l'argile. Les premiers artistes utilisaient leurs mains, des bâtons ou des morceaux de charbon de bois. Certaines peintures se répondent et se superposent bien que créées à cinq mille ans

d'écart. L'art comme représentation du réel apparaît dès ses origines comme un moyen de communication et de transmission.

Au-delà du caractère intemporel et de la beauté de ces œuvres, plusieurs points attirent l'attention.



Figure 1. Photo de la grotte Chauvet : caverne du pont d'arc  
(Source : site de l'office de tourisme de Berg et Coiron).

## L'emplacement

Au fond des grottes, sur les murs, loin de la lumière de l'entrée, dans des recoins courbés. La visualisation de l'œuvre suppose de s'approcher et de se retrouver en partie entouré par les parois et les peintures. L'œuvre est positionnée pour être vécue de façon immersive, en s'extrayant du réel, pour prendre du recul et ainsi mieux le penser, l'assimiler et le comprendre.

## Le mouvement

Pour voir les œuvres, il fallait les éclairer à l'aide d'une torche, ce qui leur donne vie. L'impression de mouvement apportée par l'éclairage est accentuée par les peintures elles-mêmes, avec des effets de répétitions et de superpositions de traits, des pattes supplémentaires, des positions dans l'espace qui transmettent une dynamique et créent une tension palpable.

## Les thèmes

Les animaux sont beaucoup plus présents que les hommes ou les femmes.

Lorsque les humains sont représentés, ils sont bien moins détaillés que les animaux.

Les représentations sont principalement figuratives, sauf lorsqu'il s'agit d'empreintes qui, répétées, peuvent donner naissance à des œuvres quasi abstraites. Elles vibrent et parlent directement à nos émotions, comme un partage direct de rêves et de sensations.

On retrouve aussi représentés dans ces grottes, des instruments de musique, des flûtes en particulier, qui indiquent que la musique était présente à cette époque, et peut-être jouée au moment de la création ou de la contemplation des peintures.

Ces éléments portent en eux toutes les plus importantes représentations autour de l'art et de la représentation :

- le support ;
- le rapport au temps et au mouvement ;
- la représentation du réel et de la présence humaine en particulier ;
- le potentiel de partage, de communication et de transmission.

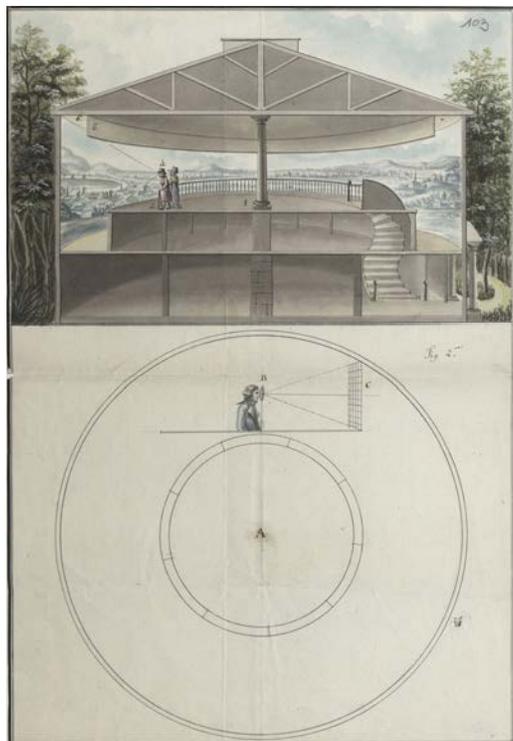


Figure 2. Robert Fulton,  
Brevet d'invention 1799  
(© Archives INPI).

Ces premiers systèmes d'écriture étaient gravés sur des tablettes d'argile à l'aide d'un stylet.

L'écriture est devenue plus sophistiquée avec l'invention de l'alphabet et de l'encre. Les manuscrits (littéralement « textes écrits à la main ») anciens étaient reproduits sur des papyrus, des parchemins ou des vitraux. Avec l'invention de l'imprimerie au XV<sup>e</sup> siècle, il est devenu plus facile de produire des livres en masse, ce qui a aussi permis de diffuser les connaissances à un public plus large.

Dans le même temps, l'art a continué d'évoluer, avec une technique de plus en plus approfondie, notamment avec l'invention de la perspective mais aussi de la peinture à l'huile au XV<sup>e</sup> siècle, qui a permis aux artistes de créer des œuvres plus réalistes et durables.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, sur une courte période en Europe, apparaissent les panoramas, bâtiments cylindriques de plusieurs dizaines de mètres de diamètre au centre desquels les spectateurs entraient pour se retrouver immergés au sein d'un paysage ou d'une scène peinte sur l'ensemble des murs du cylindre. Ces dispositifs ont disparu avec l'arrivée du cinéma, mais ils représentent une première tentative très claire de procédés immersifs contemplatifs.

L'apparition de la photographie puis du film a ensuite un impact majeur sur l'art et sur toute la société, en modifiant en profondeur les modes de création et de partage de l'imaginaire, et en le faisant à de très grandes échelles et dans des délais très courts. La

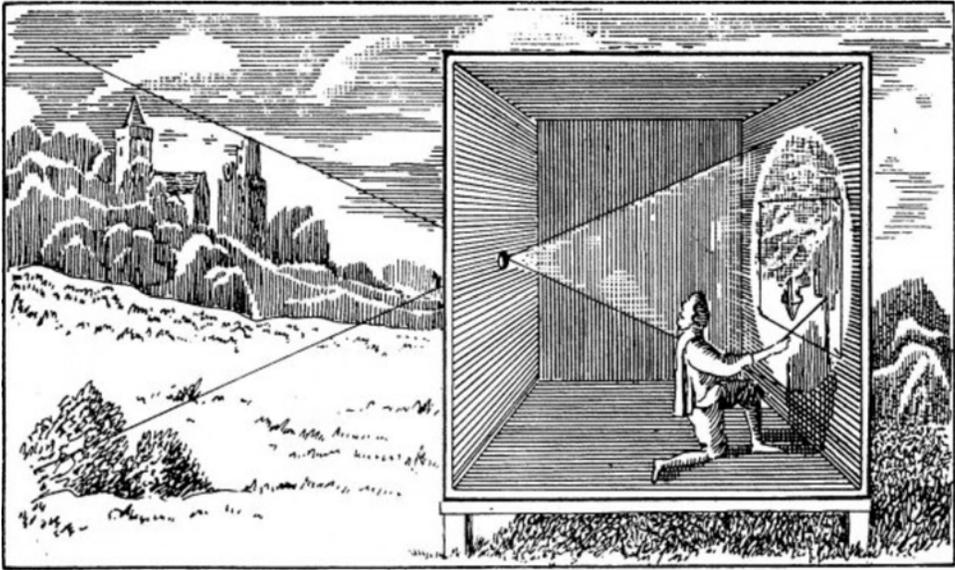


Figure 3. Camera Oscura (Source inconnue).

structuration de l'industrie du cinéma s'étend sur plus de cinquante ans, du muet noir et blanc au parlant en cinémascope, avec une grande variété de propositions artistiques.

Au XX<sup>e</sup> siècle, l'art a connu une révolution avec l'avènement de l'art abstrait et de l'art conceptuel. Les artistes ont commencé à utiliser des matériaux non traditionnels tels que le plastique, le métal et le verre pour leurs créations. Dans les années 1960, l'art conceptuel a donné naissance à l'art numérique avec l'utilisation de l'ordinateur comme outil de création.

## LES SCEPTIQUES

Chaque nouveau support ou mode de représentation inquiète et trouve ses opposants.

Ainsi, la critique de Socrate à l'égard de l'écriture est-elle exprimée dans le *Phèdre* de Platon. Dans ce dialogue, Socrate raconte une histoire dans laquelle Thoth, le dieu égyptien de l'écriture, présente sa création à Thamous, le roi des dieux égyptiens, et défend l'écriture devant Thamous, sceptique.

Socrate défend la position de Thamous. Il affirme que l'écriture n'est qu'une représentation de la parole, et qu'elle ne peut jamais égaler la richesse et la complexité de la conversation orale, plus vivante et plus interactive que l'écriture, avec un échange immédiat d'idées et de pensées entre les interlocuteurs. À cela s'ajoute le fait que l'écriture rend paresseux, et n'incite pas à utiliser sa mémoire et sa réflexion.

Platon, quant à lui, exprime sa réserve vis-à-vis de la peinture qu'il considère comme une imitation imparfaite de la réalité, qui ne peut pas nous donner une connaissance authentique et complète du monde. Elle a la capacité de tromper les sens et de nous éloigner de la vérité. Difficile ici de ne pas faire le parallèle avec l'allégorie de la Caverne où les hommes contemplent des ombres alors qu'ils pensent regarder la réalité. L'image les éloigne de la connaissance, de la vérité et du bien.

En raison de ses multiples paradoxes, de sa place si particulière entre réalité et imaginaire, entre vérité, projection et invention, entre perception immédiate (en bien moins d'une seconde) et son caractère intemporel, l'image fascine et interroge. Le rapport des



Figure 4. Illustration de l'allégorie de la Caverne (Source inconnue).

religions à l'image, et notamment à la représentation des dieux, en est une parfaite illustration.

À leurs débuts, la photographie et le cinéma ont inquiété du fait de leur relation ambiguë avec le réel accentuée par leur dimension très réaliste. Comment pourrait-on juger de ce qui est vrai et de ce qui est faux si le vrai et le faux se confondent ? Une photo ne pourrait-elle pas dire de moi plus ou autre chose que ce que je voudrais montrer ? Les deux dimensions de la représentation, révélatrice, d'une part, et, potentiellement falsificatrice, de l'autre, posent question. Cela s'accompagne d'une peur de la perte de contrôle, de son image mais aussi, en conséquence, de sa réputation. On craint aussi l'effet que peuvent avoir ces nouveaux supports sur les populations : transmission d'idées nouvelles, voire révolutionnaires, propagande, incitation à la violence. Par ailleurs, la question de la valeur artistique de ces nouveaux médias est centrale, avec une crainte de substitution à la peinture : représenter le réel ainsi, est-ce vraiment de l'art ?

L'invention de l'imprimerie à caractères mobiles par Johannes Gutenberg au XV<sup>e</sup> siècle a aussi soulevé de vives critiques. Il était considéré que la multiplication des livres pouvait entraîner une perte de qualité dans la production de la connaissance, une banalisation du savoir et dès lors contribuer à la diffusion de la médiocrité. On craignait aussi une surcharge cognitive chez les lecteurs qui ne seraient pas en mesure de trier les informations importantes des détails superflus. De plus, les textes, essentiellement religieux à l'époque, étaient généralement l'apanage des prêtres et des érudits. Avec l'imprimerie, ces textes devenaient plus largement accessibles pouvant conduire à des interprétations divergentes des textes sacrés, voire à des schismes religieux.

## LES USAGES

À l'évocation du métavers, qui inquiète et fascine dans le même temps, les principales questions portent sur les usages. Pour quoi faire ? Quelle utilité ? C'est oublier que nous sommes encore au temps des premiers explorateurs d'une technologie de rupture. Il est illusoire de penser les univers virtuels à l'aune de nos pratiques actuelles.

Avant l'utilité, avant les usages, le sujet le plus important est celui des ruptures potentielles.

Qui aurait pu prédire du temps de Daguerre et Niépce des usages futurs de l'image ? L'exercice de définition des usages est trop complexe à ce stade. Cela reviendrait à prédire le futur avec nos yeux d'aujourd'hui. Henry Ford a dit un jour : « Si j'avais demandé à mes clients ce qu'ils voulaient, ils m'auraient répondu : "Un cheval plus rapide" ».

Les usages potentiels du métavers touchent tous les domaines. On peut déjà en imaginer certains même si cela restera forcément restrictif.

Pour l'architecture, l'immobilier, le patrimoine : visiter à plusieurs des espaces inaccessibles au public, des monuments qui n'existent plus ou y plonger à l'époque de leur construction ; découvrir le monde et avoir accès à des événements, en direct ou en différé, à des lieux d'exception, qu'il s'agisse de lieux touristiques, de salles de concert, de grottes fermées au public...

Pour l'armée, la médecine, les pompiers et tous les métiers techniques : s'entraîner, simuler, avec ou sans exposition au danger, réaliser des interventions à distance.

Pour l'art : offrir un nouvel espace de création où les réalisations de projets complexes sont rendus viables, où il est possible de jouer avec les perceptions et donc les émotions de manière très intense ; créer des décors et des personnages, et les utiliser pour la création audiovisuelle.

Pour les souvenirs et le mémoriel : scanner très simplement en 3D des objets ou des lieux, les voir ou les visiter virtuellement avec des applications évidentes pour le grand public, les institutions culturelles ou même le secteur de l'assurance (certificats d'État).

Pour la communication : se retrouver à plusieurs au même endroit tout en étant physiquement à distance, avec plus d'outils disponibles que dans la réalité pour échanger et conceptualiser.

## LES PERSPECTIVES

Aujourd'hui, nous faisons tout pour imaginer des usages avec notre prisme actuel.

Nous cherchons à tout prix une utilité immédiate aux mondes virtuels. Nous en sommes même à mesurer les émissions carbone de mondes qui n'existent pas. À vouloir aller trop vite, on passe à côté du sujet !

Il est très probable que les mondes en 3D fassent partie, de manière très naturelle, des outils de perception et de représentation du monde qui seront naturellement utilisés par les générations futures.

Aujourd'hui, des artistes, des techniciens, des ingénieurs, des entreprises, des agences de communication, des philosophes, de simples utilisateurs se saisissent du sujet avec des motivations et des attentes extrêmement nombreuses et très différentes. La grammaire est balbutiante, les phrases maladroitement, mais on commence à entrevoir quelques éléments saillants qui révèlent la naissance d'un nouveau langage.

Dans le monde de Mira, nous testons différents usages, avec un grand nombre de parties prenantes, en privilégiant une très grande diversité, et en suspendant notre jugement – exercice délicat lorsque l'approche entrepreneuriale suppose d'avoir des convictions fortes, et même des certitudes – pour percevoir le mieux possible ce qui se joue et éviter de déployer de fausses bonnes idées.

Ainsi, à titre d'exemple, on constate, sans que cela soit vraiment étonnant, que la représentation des animaux fonctionne très bien. Le fait de pouvoir s'approcher et interagir avec des éléphants, des baleines ou des lions animés plait beaucoup, et l'expérience se déroule de façon très naturelle, avec un grand plaisir et une fascination chez la plupart des utilisateurs.



Figure 5. Bourse de Commerce (Source : Mira).

La représentation humaine est plus compliquée techniquement et plus dérangeante à l'usage. On touche clairement à un sujet sensible. Un champ de recherche et de développement s'ouvre, impliquant l'ensemble des corps de métiers, du philosophe au modélisateur 3D en passant par l'ergonome, l'ingénieur en intelligence artificielle et le régulateur.

L'intelligence artificielle générative vient contribuer à la richesse des mondes virtuels en général et de Mira en particulier, qu'il s'agisse de l'aide à la création ou de l'assistance aux interactions et animations au sein des mondes.

Plus de quarante mille ans après les premières représentations du monde, on continue à chercher d'autres supports, d'autres façons de voir, de représenter, de proposer et de partager des imaginaires. Par ces représentations, on témoigne et on influe sur le temps et l'espace.

Un élément de rupture à considérer est porté par la *blockchain* qui, contrairement aux peintures rupestres et aux autres supports, permet d'accompagner de façon intégrée ces représentations de systèmes d'authentification et de monétisation.

Considérer le métavers comme un simple outil est réducteur ; en faire une chimère ou une menace pour l'humain est largement disproportionné.

Au-delà du scepticisme, la curiosité et l'inventivité sont en train de donner naissance à un nouveau mode de représentation du réel, très probablement associé à son propre système économique.

# Quels outils numériques pour les formations de demain ?

## Entretien avec François TADDÉI

Propos recueillis  
par Grégoire POSTEL-VINAY

Présentation de François TADDÉI

Fondateur et président du Learning Planet Institute (anciennement Centre de recherches interdisciplinaires – CRI), François Taddei est ingénieur général des Ponts des eaux et des forêts. Chercheur de renommée internationale à l'Inserm, il se dédie désormais aux sciences de l'apprentissage et en particulier à la notion de “Planetizen”, afin de permettre à chacun.e d'entre nous d'apprendre à prendre soin de soi, des autres et de la planète.

François Taddei plaide pour une collaboration à grande échelle afin de construire – avec le soutien, notamment, de l'UNESCO – une planète apprenante et le développement de communautés d'apprentissage travaillant ensemble, pour trouver des solutions durables dans les secteurs de l'éducation et de la santé, ainsi que dans l'atteinte des Objectifs de développement durable (ODD).

**François, pour nos lecteurs, tu es à l'origine d'une création remarquable qu'est le Learning Planet Institute, sis à Paris, qui est devenue une alliance internationale pour des sociétés apprenantes susceptibles de répondre aux grands enjeux, notamment de développement durable, en expérimentant des écosystèmes numériques pour l'éducation, en développant de la R&D sur les méthodes de formation qui mettent en œuvre de l'intelligence collective, de l'apprentissage par projet. Tu les diffuses *via* des opérations comme les Savanturiers, et aussi par une réflexion sur les MOOC. Et tu as une influence notable sur les réflexions sur l'éducation et la formation, tant au niveau national qu'à l'OCDE, et dans les instances onusiennes. Sur le sujet qui nous occupe, les mondes virtuels, je propose que dans un premier temps tu nous donnes une vision prospective, dans un second, la façon dont cela se décline selon les âges et les professions, et que nous évoquions aussi les atouts, faiblesses, chances à saisir et risques du développement de ces nouveaux outils.**

Merci ; il y a une accélération des technologies et des enjeux sociétaux qui nous amène à changer l'éducation. Il faut à la fois une éducation aux transitions, mais aussi une

transition de l'éducation. Les technologies peuvent contribuer à cette évolution de l'éducation mais elles se doivent d'être au service des apprentissages. Tout en contribuant à une souveraineté, et à une appropriation de ces outils et de ces méthodes, aux différents publics, différents âges ou différents types de contrats.

## FORMER LES ÉDUCATEURS ET FORMATEURS, CO-CONSTRUIRE LES OUTILS

Le second point est qu'il faut aussi éduquer à ces outils. Et je dirais qu'il faut éduquer à l'heure des outils : par exemple à l'heure où l'intelligence artificielle peut rendre des copies de bons étudiants en droit, on peut se demander si un étudiant a vraiment envie d'apprendre à faire des choses qu'une machine pourra faire plus vite et mieux que lui. Cela concerne non seulement son éducation mais aussi son avenir professionnel. Il faut donc apprendre à faire des choses avec les machines que ni les machines ni les humains seuls ne sauraient faire.

Et comme il n'y a pas d'enseignement sans enseignants, il faut aussi questionner la formation des enseignants, leur appropriation de ces outils. Et s'agissant de formation professionnelle, il faut interroger les différents métiers, et ceux qui y forment, car si l'on n'est pas capable de les faire monter, eux, en compétence, ils ne pourront pas accompagner les transitions en cours. Ils peuvent être cheville ouvrière ou facteur limitant selon la façon dont on "co-design" ces outils et leurs usages avec les apprenants et les enseignants.

La question de l'appropriation est essentielle : par exemple se fait-on imposer des outils venant de Californie, ou de Chine, ou créons-nous les nôtres et si oui, comment ? Il y a des chances que d'un point de vue strictement technologique, nous ayons un temps de retard : les développements sur *open source* en intelligence artificielle sont parfois un peu moins performants, mais le retard n'est que d'un an ou deux. La question est donc d'accepter d'être légèrement en retard mais avec nos propres outils et usages, afin de rester maîtres chez nous, alors que si l'on se fait imposer des outils conçus ailleurs, nous n'aurons la maîtrise ni des données, ni des algorithmes, ni des usages que l'on voudrait promouvoir, ou des sujets éthiques.

## RÉINVENTER LES LUMIÈRES

**Cela pose la question du modèle économique et des modes de rémunération de ceux qui alimentent l'*open source* (rémunération par la gloire ou bien financière publique ou de mécénat), alors qu'ils sont en concurrence avec des modèles propriétaires de grandes plateformes qui en tireront des marges de manœuvre considérables pour faire, entre autres, de la R&D et mener la course en tête ?**

Oui, les modèles économiques de l'économie de la connaissance et de la reconnaissance ont besoin d'être inventés simultanément. On peut à la fois financer les gens qui contribuent à l'*open source* ou à l'*open data*, et créer des contenus éducatifs libres (*open education resources*). Pour moi, la question est la réinvention des Lumières : nous parlons là d'éducation, de science, de démocratie, de citoyenneté et de vivre-ensemble. Tout cela a été inventé une première fois à Athènes en s'appuyant sur l'écrit et les murs de la cité, une seconde par les philosophes des Lumières, en s'appuyant sur l'imprimerie et la notion de nation, et nous le vivons une troisième fois avec le numérique et des enjeux qui sont devenus planétaires.

## VIVRE AVEC LES OUTILS D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

**Ne faut-il pas considérer les limites des outils ?  
Par exemple pour ChatGPT4, il offre des performances  
remarquables en se fondant sur des milliards de données,  
mais en même temps présente une sorte de moyenne  
statistique de ce qui a été dit auparavant,  
ce qui ne permet pas nécessairement de répondre  
à tous les enjeux devant nous, ni d'être très innovant ?**

Oui, par définition il fait la synthèse du passé, et donc a du mal à inventer l'avenir, alors que les disruptions sont souvent les plus intéressantes. Par exemple ChatGPT est une disruption, mais est-elle capable de se penser elle-même ? D'autre part, Bloom, une version *open source* des mêmes algorithmes, existe, et on pourrait investir massivement dessus face aux transitions à venir, c'est le premier niveau ; ensuite, chacun peut apprendre à faire des « prompts » (courts messages de commande à une IA), et apprendre les limites de la machine et à se dire « puisque finalement le résultat est une moyenne, et qu'en outre la machine ne donne pas de sources, du moins pas pour l'instant, voire qu'elle en invente ce qui est carrément dangereux, on a besoin d'un esprit critique, au moins autant face à une intelligence artificielle qu'humaine ». Il faut donc évaluer les étudiants pas tant que leur capacité à mémoriser que celle d'aller plus loin que la machine. Par exemple des institutions ont interdit ChatGPT (SciencesPo, ou à New York), mais la question n'est pas tant de l'interdire que de savoir ce que l'on peut faire de mieux en en disposant. Il faut dire aux étudiants « vous avez le droit d'user de ChatGPT, mais montrez-nous ce qu'elle vous a fourni et les limites de ce qu'elle vous a apporté ». D'autre part, il y a d'autres IA, comme une que nous avons développée ici qui s'appelle « We Learn »<sup>1</sup>, aussi basée sur les transformeurs, mais au lieu de faire des moyennes, elle préserve l'intégrité et la spécificité de chaque source, et renvoie à une famille de textes qui sont proches. Ainsi, si sur un texte vous voulez vérifier des personnes pertinentes, elle va vous donner des listes et des contenus, par exemple des thèses publiées en France ou des articles de HAL, ou des *podcasts* de France Culture, ou des articles contenant une bonne base comme des articles de The Conversation qui vont aider à creuser son sujet. Je m'en suis servi pour mes propres livres, ce qui élargit les sources ; c'est très utile et l'on a besoin de démocratiser ce genre d'outils, et de créer *de facto* des services publics de la connaissance.

## CRÉER DES SERVICES PUBLICS DE LA CONNAISSANCE

On a créé des services publics de la radio et de la TV à l'époque où c'étaient les technologies émergentes, mais pas depuis l'apparition du *web* ou de l'IA. On a éventuellement des services publics qui se sont emparés du sujet, mais ce n'est pas la même chose que France Télévisions mette des données en ligne que d'avoir un service public de l'intelligence artificielle ou de l'*open source*, *open science*, etc. On a créé France Université Numérique, l'initiative la plus visible, et cela a été très intéressant, mais on ne lui a pas donné les moyens d'évoluer face aux progrès de Coursera ou d'autres qui sont devenues des multinationales et des licornes. Il faut investir dans la R&D des services publics et notamment de l'éducation, de la connaissance.

---

<sup>1</sup> <https://welearn.cri-paris.org/pages/onboarding.html>

## **Il y a des initiatives de diffusion, comme la plateforme Cairn.info ?**

Oui, mais il s'agit de diffusion, pas de R&D. Par exemple nous avons tous été surpris par le Covid, et le système universitaire ou scolaire n'avait pas les outils pour faire face. L'université la plus innovante aux États-Unis huit ans de suite, l'Arizona State University, a beaucoup investi dans la R&D, avait créé EdPlus quelques années avant, et donc avaient tous ses cours disponibles en ligne<sup>2</sup>. Ils faisaient de l'hybride avant la crise et ont pu rapidement s'adapter. Sur les technologies immersives ils travaillent avec les fondateurs de Dreamworks pour faire ce qu'ils nomment Dreamscape<sup>3</sup>, qui crée des environnements immersifs pédagogiques. On peut ainsi être immergé dans l'océan pour comprendre la vie des baleines, ou dans la forêt amazonienne, ou autour des gladiateurs dans la Rome antique... et ils prototypent des expériences pédagogiques dans ce genre d'environnement. Par exemple pour comprendre l'écologie, la génétique d'un milieu spécifique ; ou comprendre le changement climatique en étant immergé dans l'océan, ou en Antarctique. Cohabite dans l'université pour sa R&D un écosystème agile de développeurs, chercheurs, enseignants, étudiants, qui permet de prototyper rapidement des situations nouvelles.

## **SIMULER LES CRISES**

### **Et en France, en Europe ? Et sur quoi cela porte-t-il surtout, la prévention de crises, la simulation pour de la chirurgie ?**

Il y a eu en effet le plus d'investissements dans la santé après le Covid, cela peut être de la simulation, et plus généralement que faire dans une situation critique, par exemple comment on gère une salle d'opération en période de crise : il vaut mieux se tromper dans une simulation que dans la vie réelle, c'est la même raison qui amenait auparavant dans la santé à disséquer des cadavres ; ou dans l'aviation, ou dans le nucléaire à simuler des cas d'accident, souvent la conséquence d'une succession d'incidents. Ce sont en outre des domaines où l'argent est plus facilement disponible que dans l'éducation nationale. Et savoir comment s'agencent les différents corps de métiers en situation de crise, et tirer des enseignements d'erreurs en situation de simulation pour ne pas les répéter en situation réelle importe.

### **En effet pour les cyberattaques des hôpitaux, on a constaté qu'un hôpital préparé à la crise revient à l'état normal en huit jours, mais cela peut atteindre six mois s'il n'était pas prêt...**

Oui de même aux États-Unis, on simule les situations de crise dans un stade, pour gérer les flux, ce qui n'est pas trivial. Nous aurons la même question pour les Jeux olympiques.

---

<sup>2</sup> <https://asuonline.asu.edu/online-degree-programs/>

<sup>3</sup> <https://dreamscapeimmersive.com/>

## **Il y a donc deux types d'outils, ceux pour l'acquisition de connaissances, et ceux pour apprendre à gérer l'imprévu ?**

Oui les situations complexes, car la complexité peut créer des situations imprévisibles et potentiellement catastrophiques. D'où l'importance de créer de la résilience dans les systèmes, et des dynamiques qui impliquent nombre d'acteurs. Ce qui montre bien que nous ne devons pas nous faire imposer des algorithmes ou des jeux de données qui ne correspondent pas forcément à nos propres situations et capacités d'intervention.

## **DÉVELOPPER LES SCIENCES PARTICIPATIVES**

### **Il faut donc que la technologie intègre les actions de chacun, et donc permette de créer une forme d'intelligence collective ?**

Exactement, je crois beaucoup aux sciences participatives, qui sont une façon de gérer de façon rationnelle l'intelligence collective (la bêtise collective existe aussi), car gérer des collectifs humains, des foules, c'est compliqué. Rien qu'un exemple : après que Kasparov eut été vaincu par Deep Blue, il organisa une partie contre le reste du monde. Karpov l'avait fait avant lui, sans succès de la part de ses opposants, qui agissaient séparément. Kasparov voulut rajouter de l'intelligence collective, en donnant du temps pour la délibération entre ses opposants, et de la modération, assurée par quatre jeunes. Parmi eux, une jeune américaine disposait d'un logiciel qui montrait la cartographie des possibles proposés par les autres joueurs. Et tant que le collectif suivait ses recommandations, du 9<sup>e</sup> au 81<sup>e</sup> coup, Kasparov était en échec. Il a déclaré que c'était la meilleure partie du monde entre humains... Ce qui était important, c'était le petit logiciel qui permettait la modération. De même que Wikipedia est une co-écriture. Pour faire converger des intelligences sur un produit, qu'il s'agisse de démocratie participative ou d'autres produits, on a besoin d'outils qui permettent une maïeutique collective. Et qui convergent vers quelque chose qui ne soit pas du café du commerce, mais qu'aucun des individus n'aurait su proposer seul.

### **Ce qui précède relève largement d'outils qui préexistent dans l'Internet, est-ce que des outils immersifs apportent davantage ?**

Il y a quelque chose dans l'émotion qu'il n'y a pas dans les technologies immersives en général, ou plus précisément on peut ressentir une émotion mais on ne peut l'exprimer de la même façon, à l'égard des autres personnes qui seraient dans le même collectif immersif que moi. L'évolution des traits du visage ne suit pas au même rythme, c'est une limite. Il y a une tribune de Noam Chomsky dans le *New York Times*, qui dit que le problème de ChatGPT, au-delà des critiques qu'il peut avoir en tant que linguiste, c'est que cette intelligence n'a pas d'éthique car elle n'a ni peur ni envies ni émotions, donc de remords, d'hésitations, et elle parlera avec le même aplomb quel que soit le sujet, au rebours d'un humain. Or en particulier dans les problématiques de gestion des situations critiques, se couper de l'émotion des autres fausse les réactions par rapport au réel.

## **CIBLER LES USAGES INCLUSIFS, FAVORISANT L'EMPATHIE, OU À HAUTE VALEUR, MAÎTRISER LES AUTRES**

### **Parmi les menaces, nous venons de voir un aspect éthique, il y a aussi le risque de fracture sociale, que ce soit le coût des équipements, ou le modèle économique, qu'en penser ?**

Clairement, il y a plusieurs difficultés liées aux technologies immersives : déjà, on les supporte plus ou moins bien, l'oreille interne réagit mal à ce que l'individu réel soit immobile et son avatar soumis à des mouvements brusques, ce qui peut rendre certains malades. En second lieu, ces objets coûtent très cher. Si c'est pour exécuter des tâches qu'on ne peut faire nulle part ailleurs, cela a du sens : par exemple les simulateurs dans l'aviation existent depuis longtemps, et dans la mesure où ils évitent des crashes, ils sont indispensables. Pour la formation professionnelle de gens liés à des risques importants, c'est justifié. Ce n'est pas forcément le cas dans toutes les écoles de France, je suis dubitatif. À la limite, cela peut servir à aider les enseignants à gérer une classe, il peut y avoir des enseignements universitaires pour cela. J'ai vu par exemple comment un enseignant peut gérer un élève dyslexique : s'il dispose d'un casque où il voit les lettres danser comme un dyslexique les voit, il comprend le stress de l'élève, montrera plus d'empathie plutôt que de le stigmatiser. Ce type d'usage est pertinent et inclusif. Autrement, il y a des risques d'exclusion.

De même pour les aidants de personnes âgées, il y a des simulations non virtuelles mais consistant à enfiler des habits alourdis artificiellement, ce qui permet de mieux comprendre l'effort que doit faire celui ou celle que vous aidez, et ceci développe aussi de l'empathie.

## **PRÉVENIR LES ADDICTIONS**

### **Qu'en est-il sur les risques de perte de concentration ou d'addiction ?**

Sur l'addiction, c'est dramatique ; j'ai été très marqué par un rapport passé inaperçu car publié juste avant le Covid, publié dans *The Lancet* par l'OMS et l'UNICEF, présidé par Helen Clark, ancienne Première ministre de Nouvelle-Zélande, qui dit que l'espérance de vie diminue par rapport aux générations précédentes, à cause du changement climatique, de l'obésité, des addictions du XX<sup>e</sup> et du XXI<sup>e</sup> siècle, dont pour ce dernier les addictions numériques. C'est lié à un cours donné à Stanford sur le fonctionnement du cerveau et le rôle de la dopamine. Ils ont inventé un mot, la « captologie », pour capturer l'attention des gens pour les conserver dans un jeu vidéo, un réseau social, une interaction virtuelle. L'obésité est due aussi à une manipulation de notre héritage biologique : habitué à manquer du nécessaire, le corps stockait dès qu'il pouvait ; et dès lors que l'abondance était omniprésente, il continue à sur-stocker. Il en va de même pour les informations gratifiantes que peuvent fournir des mondes virtuels, le cerveau cherchant des interactions sociales ou sexuelles intenses. Il faut former très tôt tous les enfants aux risques des addictions en général, incluant de savoir que nos cerveaux peuvent être hackés par la technologie. Et ainsi mieux se connaître et connaître son environnement. Il vaut mieux apprendre à manipuler l'intelligence artificielle que de la laisser vous manipuler. Idéalement, il faut former ainsi avant une addiction, de même qu'il faut des campagnes anti-tabac avant l'âge de la première cigarette. Et comme le numérique est présent dans les maisons, l'école a un rôle essentiel à jouer. C'est ce pourquoi quand je parle d'apprendre à l'heure du numérique, c'est aussi apprendre à éviter les addictions.

**Sur l'enseignement supérieur, que penser des MOOC, lancés en 2008 et qui ont connu une heure de gloire, restent avec des résultats significatifs, comment évoluent-ils quinze ans plus tard, (le MetaKwark par exemple) et les évolutions technologiques les affectent-ils ? Peut-on en attendre mieux ?**

Ce qu'a su faire l'*open university* en Angleterre, ou en Inde, c'est de rendre accessibles des parcours entiers en ligne. Le CNAM aurait pu le faire mieux s'ils avaient eu assez de moyens ; nous n'avons pas suffisamment investi dans des structururations numériques intégrées. Le numérique à 100 % a plein de défauts, mais on a bien vu durant la crise que pour ceux qui ne peuvent se déplacer et qui savent se concentrer, cela peut apporter une valeur ajoutée exceptionnelle. Dans le cas de l'Arizona State University, ils ont développé 300 partenariats digitaux avec des *start-up*, et donc on a l'impression qu'on est chez EdPlus<sup>4</sup> d'ASU, mais cela intègre des dizaines d'outils qui viennent de leurs partenaires, et ils ont décidé que leur propre conférence serait en Californie (alors qu'ils sont *sis* à Phénix) pour enrichir en permanence leur écosystème des apports de la côte Ouest. Cette dynamique partenariale n'a pas d'équivalent en France.

**Ces partenariats sont-ils financés par l'université elle-même (les universités américaines sont plus riches que les nôtres) ? Et sinon, pourquoi ce ne sont pas les GAMAM ou BATX qui se lancent là-dedans en considérant le *business* de l'éducation dans une optique libérale ? Ou bien se lancent-ils à partir des universités parce qu'elles ont l'atout des sources de connaissance ?**

Dans l'industrie de la connaissance, il y a aussi de la reconnaissance, et le diplôme, apanage des universités, est jusqu'à maintenant ce qui a le plus de valeur dans l'économie de la connaissance, ce qui attire des partenariats. Une autre approche dit que c'est le marché du travail qui est directeur, et donc que l'on va créer des programmes pour aller travailler chez telle ou telle industrie, qui a besoin de recruter par milliers ou dizaines de milliers, ce qui donne lieu à des programmes de formation pour les salariés.

**Cette forme d'adéquationnisme peut fragiliser les salariés si leur employeur connaît des revers de fortune...**

Oui, sauf s'ils ont appris des technologies réutilisables dans d'autres contextes. En pratique, ces deux approches avancent simultanément. Depuis que ChatGPT4 a réussi certains concours, y compris de type sélectif, il faut s'interroger sur l'appétence pour apprendre ce qu'une machine sait faire. Certes, on peut jouer aux échecs même si DeepBlue gagne, mais l'attrait professionnel importe : vous devez acquérir des compétences que les machines n'ont pas.

---

<sup>4</sup> <https://edplus.asu.edu/>

**L'OCDE avait produit en 2012 une étude expliquant que la moitié des métiers risquait de disparaître ou être profondément changés en 2030. En pratique, dix ans plus tard, on constate qu'il y a bien eu une disparition d'environ 10 % d'emplois peu qualifiés et très automatisables, mais que les autres demeurent, tout en étant, en effet, adaptés pour se servir de nouveaux outils...**

Cette capacité à se réinventer est très importante. J'ai discuté avec Florence Poivey et ses équipes de WorldSkills, qui organise des olympiades des métiers en 2024. J'écrivais qu'il y a intérêt à inventer des laboratoires de métiers de demain, et WorldSkills contribue à cela : on invite des jeunes à relever des défis professionnels, en prenant en compte différents critères, comme la transition écologique, et d'explorer comment leur métier se réinvente (le mot *skill* recouvrant à la fois la notion de compétence et de métier) dans l'esprit de l'appel d'offre CMA du SGPI sur les compétences et métiers d'avenir. Ainsi, des tailleurs de pierre vont refaire Notre-Dame-de-Paris, ce sont des métiers millénaires mais dont les techniques évoluent.

La question est la réflexivité : suis-je conscient de mes progrès en tant qu'individu, en tant que part d'un collectif (entreprise, branche, personnes développant une compétence) ? Apprenons-nous les uns des autres, mutualisons-nous nos explorations ? Si l'OCDE a surestimé l'impact, c'est que chaque métier a su s'organiser pour faire face. Et face à l'accélération des changements, climatiques, numériques, comment peut-on s'organiser de façon plus structurée, à l'échelle des branches, à l'échelle nationale, ou internationale ? WorldSkills est une plateforme, qui pourrait capitaliser davantage : nous avons été champions du monde de la biologie synthétique, et avons en outre accueilli les organisateurs de la compétition qui avaient quitté le MIT car ils n'aimaient pas Donald Trump, et la communauté de biologie synthétique est une forme d'olympiades, où chaque équipe doit tout documenter en ligne, dire ce qu'elle a utilisé des générations précédentes et quelles collaborations elle a eues pour capitaliser ; à la façon de Bernard de Chartres, pour voir loin il faut gravir les épaules de géants. Les communautés apprenantes deviennent des communautés de recherche et d'exploration de nouveaux métiers et des manières de se former à ces nouveaux métiers. On passe du praticien au praticien réflexif, au praticien chercheur et au chercheur praticien. Et ce qui est vrai au niveau de l'individu l'est aussi au niveau d'une communauté. Cela suppose des outils numériques, d'intelligence artificielle, qui permettent de savoir si d'autres se sont posé la même question, si certains ont déjà la réponse, si à défaut lorsque beaucoup se la posent comment mutualiser les efforts pour y répondre, traiter un sujet devenu prioritaire et obtenir des ressources pour explorer ces sujets prioritaires.

**Parmi les atouts français en l'espèce, quels sont ceux sur lesquels surtout capitaliser, ou lesquels renforcer ? Il peut y en avoir d'autres que la biologie de synthèse.**

On a des services publics et des citoyens engagés, c'est une force. La faiblesse est d'organisation pour faciliter la transformation, l'innovation. Des expériences comme <https://beta.gouv.fr/> ont permis de l'exploration de solutions *open source*, mutualisables avec des partenaires qu'ils soient en Europe, en Inde ou ailleurs. Quand je discute avec des collègues étrangers, ils nous envient des structures comme le SGPI. On pourrait en avoir au niveau européen... la Commission a certes ses propres effectifs de R&D mais ils ne sont pas suffisamment dans l'*open source*. Nous avons des gens bien formés, mais

à l'heure de l'IA, ces gens vont-ils être capables de s'adapter suffisamment vite à ces transitions ?

Il faut passer à la notion de défi. Non plus seulement « Je suis là pour apprendre tel théorème » mais « Je suis là pour résoudre un défi et trouver les bons outils pour ». Tous les métiers auront des défis, et ceux qui savent les relever auront toujours du travail.

## **C'est donc une question de l'apprentissage par projet ?**

Oui, mais surtout par défi ce qui est une des formes de l'apprentissage par projet. Ce n'est pas la même chose d'avoir un projet dont celui qui la donne détient déjà la solution, ou s'il ne la détient pas ; ou si celui qui se fixe le projet le choisit parce que la problématique le touche. Par exemple la fondation Lego a fait le tour du monde pour trouver les écoles qui préparaient le mieux les enfants à s'adapter aux défis du XXI<sup>e</sup> siècle, et a trouvé étonnamment non en Californie, dans le quartier latin ou à Singapour, mais à Haïti, une école où à 6 ans on apprend à planter une graine, car la nourriture importe, à 12, à coder un serveur de SMS car la version marchande est trop chère, et à 18, à créer un réseau de détection d'ondes sismiques, car c'est vital pour sa communauté. Ce sont à chaque fois des projets co-définis par les jeunes eux-mêmes, et *in fine* cela donnera des prix aux olympiades internationales de géologie, même s'ils ne sont pas nés dans l'environnement le plus favorable pour cela.

## **PENSER L'AVENIR EN LE CO-CONSTRUISANT AVEC LES GÉNÉRATIONS MONTANTES**

À l'assemblée générale des Nations unies à New York pour le premier sommet "Transforming education" en septembre 2022, on constatait que la crise Covid avait fait des ravages : il y a des pays où 90 % des enfants de 10 ans ne savent pas comprendre ce qu'ils lisent. L'Unesco disait que le monde est en crise, que l'éducation devrait être partie de la solution et qu'elle est une partie du problème. De même, le secrétaire général de l'Onu António Guterres mentionnait l'importance de l'éducation et de l'investissement pour elle, tandis que Jeffrey Sachs réprimandait ses anciens élèves partis à la Banque mondiale pour leur trop grande timidité à investir dans l'éducation. À cette occasion, 500 000 jeunes ont été invités à s'exprimer sur le futur de l'éducation, ce qui a conduit à une déclaration<sup>5</sup>, en une trentaine de points qui mériteraient d'être discutés partout, et pour lesquels Guterres a appelé à co-construire l'avenir avec eux.

En pratique pour l'espèce humaine, la jeunesse est la R&D de l'espèce : elle a le plus d'intérêt à l'avenir car elle y passera le plus de temps, mais elle a aussi une grande capacité à explorer les possibles. Cela conduit à définir les priorités et les droits. Or les droits des enfants ont été écrits par les adultes (en 1924), comme les droits des esclaves le furent par leurs propriétaires, ce qui dans ce cas avait peu de chances de répondre à leurs attentes. Il serait utile d'impliquer directement les enfants, un siècle après cette première formalisation des droits. Cela a été fait par exemple à l'échelle de Paris, et a donné lieu à une charte parisienne des droits de l'enfant, qui touche non seulement aux attributions du responsable jeunesse de la ville, mais aussi du logement, du handicap, des transports...

---

<sup>5</sup> [https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2022/09/tes\\_youthdeclaration\\_fr.pdf](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2022/09/tes_youthdeclaration_fr.pdf)

## Quels âges ont ceux pour qui ce type de consultation a eu lieu ? Et cela reflète-t-il beaucoup l'opinion des parents ou de ceux qui posent les questions ?

10-18 ans. Oui forcément, mais l'enfant s'autonomise progressivement et plus on lui demande son avis tôt, plus il réfléchit par lui-même tôt.

## Nous avons couvert beaucoup de sujets. Reste-t-il un sujet qui te tient à cœur, ou bien me reste-t-il à te remercier ?

Il y a un livre qui m'a marqué de Donella Meadows sur les douze leviers pour changer un système<sup>6</sup>, hiérarchisés par ordre d'importance croissante. Or nous avons besoin de changements systémiques, ce qui donne de l'importance à son ouvrage. Le premier groupe est celui des paramètres, et dans le domaine de l'éducation, cela correspond au nombre d'élèves par classe, le nombre d'heures consacrées à tel sujet, qui occupe une bonne partie de nos débats sur l'éducation. Le second niveau regroupant aussi trois éléments concerne les boucles de rétroaction, pour accroître ou réduire l'importance de tel sujet ; par exemple ce que l'on évalue, si on fait un grand oral au bac... Les six autres leviers, les plus importants selon elles, sont les flux d'information du système que l'Internet, et les outils dont nous venons de parler, a énormément accrus ; qui décide dans le système (et l'on voit que le conseil national de la refondation est une forme d'ouverture vers ce qui va se passer) ; la question de l'auto-organisation du système (par exemple pendant le Covid on a permis aux hôpitaux plus de liberté d'organisation pour accroître leur réactivité, mais par défaut nous sommes assez centralisés, notamment dans l'éducation, où la rue de Grenelle a une structure très hiérarchique et pyramidale ; d'autres pays s'en sont affranchis mieux que nous). Et enfin les trois niveaux les plus impactants sont de savoir quels sont les buts du système (on donne tellement de buts à l'Éducation nationale que l'on peut s'interroger sur sa façon de traiter les principaux enjeux ; et cela, certains pays l'ont fait) ; un niveau de changement de paradigme, par exemple de passer d'une compétition sur les savoirs d'hier vers une coopération sur les enjeux d'aujourd'hui pour inventer le monde de demain ; et enfin d'inventer ce qu'elle nomme un paradigme ouvert, une capacité à évoluer en fonction des besoins de la société. Certes, Meadows songeait surtout aux ressources planétaires, mais en matière d'éducation, je pense que nous avons besoin des mêmes réflexions sur les changements systémiques. On a tendance à ne pas changer souvent de modèle, au regard de ce qu'Aristote appelait la *φρόνησις* (*phronesis*), pour guider une éthique de l'action. Et notamment d'examiner les conséquences collatérales et non voulues de nos actions, de notre système, et au vu des crises auxquelles nous sommes confrontés, comment prendre du recul. Pour cela, savoir comment former des jeunes ou moins jeunes aux conséquences que nous avons sur la planète importe. J'ai l'exemple d'une jeune fille qui m'a marqué, et ce sera mon mot de la fin : elle arrive à 14 ans après la lecture du rapport du GIEC, avec la conclusion que la seule façon d'avoir une empreinte carbone nulle, c'est le suicide. Sa psychiatre, qui travaille sur les sujets d'éco-anxiété, a réussi à la détourner de ses intentions en lui disant « Si tous ceux qui pensent comme toi se suicidaient, il ne resterait plus que ceux qui sont le plus enclins à saccager la planète : tu dois donc rester en vie et avoir un impact positif ». Cela suppose que nous, avec nos outils, sachions accompagner ces jeunes de façon constructive plutôt que de les laisser s'enfoncer dans une déprime qui ne mène nulle part, si ce n'est à l'implosion des individus ou à l'explosion du collectif.

<sup>6</sup> [https://fr.wikipedia.org/wiki/Douze\\_leviers\\_pour\\_intervenir\\_dans\\_un\\_syst%C3%A8me](https://fr.wikipedia.org/wiki/Douze_leviers_pour_intervenir_dans_un_syst%C3%A8me)

# Qu'attendre de la réalité virtuelle et augmentée pour les applications médicales

Par Jean-Baptiste MASSON

Directeur du laboratoire Decision and Bayesian Computation,  
Institut Pasteur et directeur scientifique d'Avatar Medical

Les technologies relatives à la réalité mixte (XR), bien qu'elles ne soient pas une innovation, connaissent un essor considérable en raison des avancées récentes en matière d'informatique, d'apprentissage automatique et de la réduction drastique du coût des dispositifs de visualisation. Ces progrès pavent la voie à une utilisation élargie dans le secteur médical et hospitalier. Cependant, à l'instar de toute technologie naissante, l'adoption de la réalité mixte dans le milieu médical doit surmonter de nombreux défis. Malgré ces entraves, les développements futurs en matière de vision par ordinateur appliquée à la médecine, les méthodes de rendu en réalité mixte et la réflexion sur le processus décisionnel médical sont appelés à métamorphoser ces technologies en atouts incontestables. Elles profiteront non seulement aux praticiens qui les mettront en œuvre, mais également aux patients qui jouiront d'un accompagnement médical optimisé. Dans ce texte, nous abordons tant les avancées récentes que les défis inhérents à l'exploitation médicale de ces technologies.

## PROPOS LIMINAIRE

Dans cette présentation succincte, je vais explorer quelques facettes de ce que l'on peut espérer des technologies de réalité virtuelle et augmentée dans le secteur médical. Mon objectif n'est pas de fournir une analyse exhaustive des méthodologies ou des applications. Je me concentrerai sur les aspects liés à mon activité de laboratoire. De ce fait, je ne traiterai, par exemple, ni des progrès en réalité virtuelle visant à préparer et à apaiser les patients avant ou pendant les procédures chirurgicales, ni des applications technologiques exclusivement dédiées à l'enseignement. Mon propos se focalisera sur la pratique médicale et la manière dont ces technologies peuvent contribuer au bon fonctionnement du système de santé.

## BRÈVE INTRODUCTION DE LA TECHNOLOGIE

La réalité virtuelle (VR) est une technologie immersive permettant à l'utilisateur de se mouvoir dans un environnement intégralement numérique grâce à un casque spécifique. La VR offre l'expérience à l'utilisateur d'évoluer dans un monde physique artificiel où il peut interagir avec celui-ci au moyen de divers types de manettes. Les limitations les plus notables résident dans l'isolement du monde réel, le casque obstruant la vision de l'environnement naturel, et les risques de nausée liés à l'inconfort engendré par les anomalies entre les mouvements de l'utilisateur et la rétroaction visuelle imparfaite du casque.

La réalité augmentée (AR) est une technologie superposant des éléments numériques sur le monde réel, généralement *via* un écran de *smartphone* ou des lunettes spéciales. L'AR

offre une expérience interactive en permettant à l'utilisateur d'interagir avec des données numériques tout en évoluant presque naturellement dans le monde physique. Elle souffre néanmoins de problèmes de précision, de latence et de superposition des éléments virtuels sur le monde réel. De plus la qualité des rendus laisse souvent à désirer.

Enfin, la réalité mixte (MR) représente un amalgame des deux technologies précédentes, combinant les éléments du monde réel et virtuel afin de créer des environnements où les objets physiques et numériques coexistent et interagissent en temps réel. La technologie se présente généralement sous la forme d'un casque de VR équipé de diverses caméras permettant de superposer les images captées dans l'environnement réel sur l'environnement virtuel.

Les réalités virtuelles et augmentées sont d'ores et déjà intégrées dans diverses industries depuis plusieurs décennies. Elles sont notamment présentes dans l'industrie automobile, tant dans la conception et le développement de véhicules pour visualiser et tester les prototypes avant la production, que pour former les employés aux processus d'assemblage et de maintenance. Elles occupent les mêmes fonctions dans l'aéronautique. Enfin, dans le divertissement et les jeux vidéo, la VR et l'AR sont déjà utilisées pour créer des expériences immersives, généralement dans des installations dédiées et, depuis peu, là où les joueurs le souhaitent.

Dans la suite de ce texte, je désignerai l'ensemble de ces solutions par le terme « solutions XR » (solutions de réalité étendue) et préciserai, dans certains cas, une technologie spécifique si mes remarques ne se réfèrent qu'à un sous-groupe.

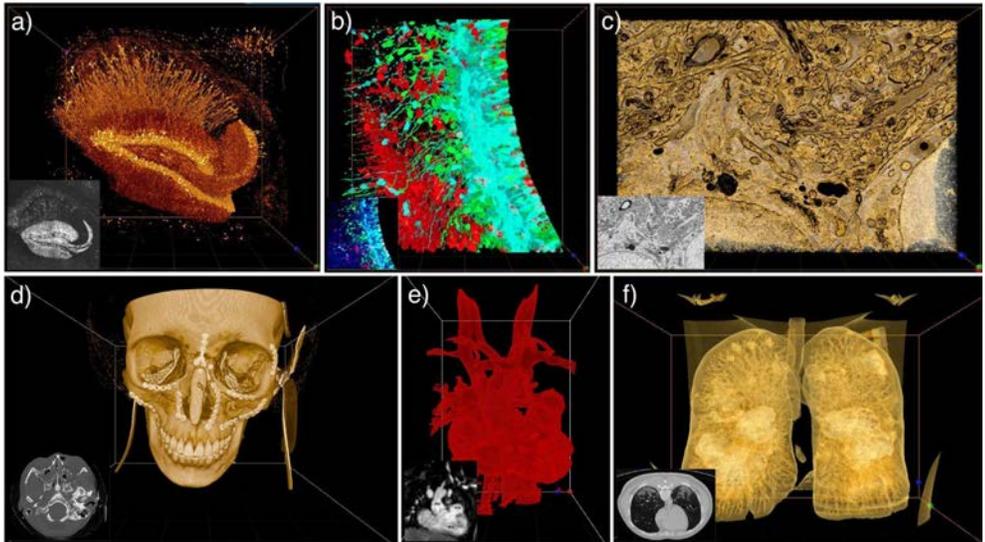


Figure 1. Exemples d'application du logiciel DIVA vu à travers son interface de bureau sur des images de microscopie et sur des images médicales. Ces images n'ont pas été traitées ou segmentées. Dans chaque sous-panneau on peut voir en insert une coupe des images d'origine. a-c) Piles d'images au format TIFF de l'hippocampe de souris imagé par imagerie deux photons (SEBI, souris Thy-1-GFP) en a). En b) des tranches cérébrales embryonnaires de souris obtenues par microscope à disque tournant (*spinning disk*). En c) une microscopie électronique à balayage à faisceau d'ions focalisés des composants d'un neurone adulte de souris : l'appareil de Golgi et les mitochondries. De d) à f) ensembles d'images médicales au format DICOM (commun dans le monde des données médicales). En d) un scanner de fractures craniofaciales après une opération de reconstruction. En e) un IRM d'un cœur adulte présentant une boucle ventriculaire et une malformation septale. En f) un scanner des poumons atteints d'une infection de Covid-19.

## ACCOMPAGNER LA CHIRURGIE DE LA PLANIFICATION À SON EXÉCUTION DANS LA SALLE OPÉRATOIRE

Ici, je présente un exemple pour lequel les solutions XR se verraient être utilisées lors du processus chirurgical. Je discuterai ici de la XR en relation avec la chirurgie, car cette application semble émerger comme étant la principale pour les technologies XR médicales.

### PRÉPARER LA CHIRURGIE AVEC LA RÉALITÉ VIRTUELLE

La VR semble destinée à jouer un rôle dans la préparation chirurgicale, en permettant aux médecins d'explorer et de planifier les interventions de manière plus précise et interactive. La VR permet une visualisation volumétrique avancée grâce à des techniques telles que le *ray casting* ou le *ray tracing* (voir la Figure 1). Ces méthodes permettent de visualiser les structures anatomiques en trois dimensions sans avoir à segmenter préalablement les images médicales. L'immersion en VR offre également la possibilité d'explorer les images médicales en profondeur, en « plongeant » littéralement à l'intérieur des structures anatomiques. Cette approche peut permettre aux chirurgiens de mieux appréhender la complexité des cas et de préparer leurs gestes avec une précision accrue. Ces possibilités contribuent à améliorer la compréhension des relations spatiales entre les différents éléments anatomiques. De plus, en ne nécessitant pas de segmentation, l'analyse n'est pas dépendante de la performance de l'algorithme de *machine learning* (la plupart du temps) qui la produit. Ainsi, même les images ambiguës, comme celles impliquant des tumeurs aux frontières complexes, peuvent être explorées, sans qu'un traitement de données ait essayé d'en déterminer précisément leurs positions.

D'un point de vue procédural, la VR facilite la répétition du parcours chirurgical en permettant aux médecins d'explorer les différents aspects de l'intervention, tels que les voies d'accès pour amorcer la chirurgie. Cette répétition virtuelle pourrait contribuer à minimiser les risques d'erreurs et d'incidents lors de l'opération réelle, en familiarisant les praticiens avec les spécificités du cas. L'utilisation de "*landmarks*" (zones ou positions dans l'imagerie médicale permettant de se positionner dans l'espace) en VR est un autre avantage majeur pour la préparation chirurgicale. Ces repères virtuels permettent de baliser les étapes clés de l'intervention et d'orienter les médecins tout au long du processus. Les *landmarks* peuvent également faciliter la communication et la coordination entre les membres de l'équipe chirurgicale. Parallèlement, la préparation chirurgicale peut exiger des quantifications en termes de volumes ou de formes de structures d'intérêt qui ne seront accessibles que par la segmentation. Cependant, cela peut être géré grâce à une combinaison adéquate des techniques de VR et de segmentation. La VR offre la possibilité de vérifier l'exactitude des analyses préopératoires, comme la segmentation, en les superposant aux images brutes en réalité virtuelle. Cette étape de vérification permet d'identifier d'éventuelles erreurs ou imprécisions, et de les corriger avant l'intervention.

### ASSISTER LES CHIRURGIES AVEC LA RÉALITÉ AUGMENTÉE

L'utilisation des technologies AR en intra-opératoire ouvre de nouvelles perspectives pour améliorer la précision et la sécurité des interventions chirurgicales. Deux aspects principaux de l'utilisation de l'AR en chirurgie peuvent être distingués : l'accès aux informations et aux analyses dans la salle d'opération, et la surimposition d'images médicales sur le patient durant l'intervention.

Dans le premier aspect, l'AR pourrait faciliter l'accès aux représentations et aux analyses médicales au sein même de la salle d'opération. Les images pourraient être consultées facilement sur des tablettes ou à travers un casque de réalité augmentée, permettant

aux médecins de revoir et d'interagir avec les données sans quitter le champ stérile. L'accessibilité de ces informations en temps réel et de manière aisée constituerait un atout majeur pour la prise de décision et l'efficacité du geste médical.

Le second aspect, plus ambitieux, vise à superposer les images médicales sur le patient durant l'intervention pour guider les gestes du chirurgien.ne. Cette approche présente plusieurs défis à surmonter pour une mise en œuvre réussie. Le recalage en temps réel de l'image constitue l'un des principaux enjeux. L'AR doit être capable de synchroniser les images médicales avec la position et l'anatomie réelles du patient tout au long de l'opération. Cela implique de développer des algorithmes de recalage robustes et performants, capables de s'adapter aux mouvements du patient, aux mouvements du chirurgien.nes et de ses collègues, et aux variations anatomiques. L'AR doit être suffisamment réactive et précise pour suivre les gestes du chirurgien.ne et ajuster les images médicales en conséquence. Des capteurs de mouvement et des dispositifs de suivi optique peuvent être utilisés pour détecter et analyser les mouvements du médecin et permettre une interaction fluide avec les images en réalité augmentée. Enfin, la déformation des tissus induite par l'opération pose également un problème pour l'application de l'AR en chirurgie. Les algorithmes d'AR devraient alors être capables de modéliser et de compenser les déformations des tissus pour maintenir une cohérence entre les images médicales et la réalité. Cette modélisation nécessite des avancées dans les domaines de la biomécanique et de l'imagerie médicale, ainsi que le développement de méthodes de simulation en temps réel adaptées au contexte chirurgical. Tout ceci indique que des solutions généralistes d'utilisation d'AR dans le bloc opératoire avec une composante de superposition prendront du temps à émerger.

## *MACHINE LEARNING* MÉDICAL ET RÉALITÉ VIRTUELLE

La VR et l'apprentissage automatique (*machine learning*) médical sont deux domaines étroitement liés, offrant un potentiel considérable pour améliorer la précision et l'efficacité des analyses d'images médicales. Deux étapes limitantes dans l'apprentissage automatique médical sont l'annotation manuelle des images, qui est laborieuse et complexe, ainsi que les erreurs d'annotation induites par le fait qu'elles soient, la plupart du temps, effectuées en 2D image par image. La VR peut jouer un rôle crucial dans la vérification de la qualité des segmentations manuelles en superposant ces dernières aux images brutes. Cette approche permet de s'assurer que les structures d'intérêt sont correctement identifiées en respectant leur morphologie 3D. Bien que l'annotation purement en VR présente des limites, notamment en termes de précision qui dépendrait fortement des utilisateurs, il est envisageable de combiner des annotations générales effectuées en VR avec des annotations plus fines réalisées sur tablette. Cette approche hybride permettrait de tirer parti des avantages de la VR pour la visualisation 3D des structures, tout en conservant la précision des annotations 2D sur tablette.

## HAPTIQUE ET XR

Les technologies XR peuvent profondément changer la nature des interactions avec les données et les environnements numériques. Toutefois, un aspect manquant dans les applications XR est la nature des interactions physiques et sensorielles avec ces données. Les contrôleurs ou les mouvements de la main en l'air ne reproduisent pas la sensation de contact, essentielle pour une expérience immersive et réaliste. Des avancées intéressantes sont en cours dans le domaine des interfaces haptiques associées aux systèmes XR. Ces interfaces offrent un retour tactile aux utilisateurs, leur permettant de ressentir des sensations de toucher, de pression ou de vibration lorsqu'ils interagissent avec des objets virtuels. Par l'intégration de la dimension haptique aux expériences XR, les interactions deviennent plus réalistes et intuitives.

Les dispositifs haptiques trouvent leur utilité dans la formation par simulation pour les étudiants en médecine et dans l'apprentissage continu des médecins. La simulation haptique permet de reproduire des sensations tactiles similaires à celles rencontrées lors d'interventions réelles, facilitant ainsi l'acquisition et l'amélioration des compétences techniques. Les étudiants en médecine peuvent s'exercer sur des modèles virtuels et ressentir les sensations correspondantes, améliorant ainsi leur compréhension et leur maîtrise des gestes médicaux.

## **TOUCHER - NAVIGUER - DÉCOUPER**

L'XR et l'impression 3D sont deux technologies qui pourraient avoir un effet significatif dans le domaine médical si elles sont conjointement utilisées pour optimiser les résultats des traitements médicaux. L'impression 3D permet aux chirurgien.nes de toucher et de manipuler des objets représentant les organes ou les structures d'intérêt. Ces modèles physiques offrent une dimension complémentaire à la compréhension de la morphologie et de la structure des tissus, en permettant aux mains du chirurgien.nes de contribuer à la compréhension de la configuration spatiale des zones d'intérêt. D'un autre côté, les technologies XR permettent de pénétrer les objets sous tous les angles possibles, offrant ainsi une perspective unique et une visualisation détaillée des structures internes des organes sans la contrainte de la physique réelle que les chirurgien.nes devront respecter lors de l'opération. Ainsi, par exemple, la réalité augmentée pourrait accompagner une impression 3D biomimétique pour préparer des chirurgies complexes. Les chirurgien.nes pourraient superposer des informations numériques sur le modèle imprimé en 3D, telles que des repères anatomiques, des zones à risque ou des trajets vasculaires, pour guider et informer davantage leur prise de décision. De plus, il est possible de préparer une simulation de chirurgie en VR avant de l'essayer sur l'impression, afin de reproduire tout un ensemble de gestes et de préparatifs avant d'envisager la chirurgie sur le patient.

## **LE POSITIONNEMENT DES SOLUTIONS XR**

Le positionnement de l'XR dans les applications biomédicales représente un enjeu crucial pour son adoption par les personnels médicaux, et sa démocratisation au-delà des hôpitaux enclins à adopter les nouvelles technologies. Les retards constatés dans la mise en œuvre de ces solutions ne proviennent pas, à mon sens, d'un scepticisme médical à l'égard de ces technologies ou même d'un manque d'acculturation. Ils s'expliquent en partie par une perception partiellement erronée de la nature des solutions XR. En effet, celles-ci sont souvent perçues et commercialisées comme des logiciels, alors qu'il s'agit en réalité d'une authentique solution biomédicale. Cette distinction n'est pas anodine, elle est essentielle pour saisir les implications liées à l'adoption de la XR. L'acquisition d'un logiciel, même dans un contexte hospitalier, s'accompagne généralement d'une licence d'utilisation, laissant l'utilisateur développer seul les procédures d'exploitation. En revanche, une solution biomédicale requiert une approche plus englobante, incluant la conception, l'amortissement, la formation, la maintenance et le support technique assuré par une équipe spécialisée.

Le positionnement de la XR par les entreprises comme solution biomédicale permettra de mieux répondre aux attentes et aux besoins des professionnels de santé dans la réalité hospitalière. Il conviendra ainsi d'offrir un accompagnement complet et adapté tant du point de vue de la gestion du matériel que de la formation à son utilisation. Une approche globale facilitera également l'intégration de la XR dans les pratiques médicales existantes, en veillant à ce que les utilisateurs disposent des compétences et des ressources nécessaires pour exploiter pleinement les potentialités de cette technologie. De plus, cette approche sera la plus en adéquation avec les exigences réglementaires associées aux applications médicales.

## LA RÉGLEMENTATION

L'intégration de la XR dans le domaine médical et hospitalier soulève des défis considérables en matière de réglementation. Les organismes de régulation, tels que la Food and Drug Administration (FDA) aux États-Unis et le marquage CE en Europe, vont surement adapter leurs processus d'évaluation et d'approbation pour prendre en compte les particularités de ces technologies. Sans être exhaustifs, nous mettons en lumière quelques aspects qui joueront un rôle essentiel dans l'avènement de ces technologies dans le monde médical. L'un des défis majeurs est la qualité des images produites par les casques de réalité mixte. Les organismes de régulation veilleront à ce que les dispositifs offrent une qualité d'image suffisante pour ne pas compromettre la prise de décision médicale. Les critères d'évaluation incluront la résolution, la fidélité des couleurs, la profondeur de champ et la latence. En pratique, ces critères sont les mêmes que ceux attendus des nouvelles technologies d'écran utilisées par les radiologues. Un autre enjeu est l'impact de la modification de la représentation sur la décision médicale. Les régulateurs devront évaluer comment les différentes représentations de la XR influencent les choix et les actions des médecins. Des études cliniques pourraient être nécessaires pour déterminer si les avantages potentiels l'emportent sur les risques associés à ces nouvelles modalités de visualisation. Ceci devra être pris en compte tout particulièrement, car ces technologies sont destinées à être utilisées par des chirurgiens ou médecins n'ayant pas une spécialisation, tels que les radiologues, dans l'analyse d'images médicales. L'introduction de la réalité mixte dans le bloc opératoire soulève également des questions de sécurité et d'efficacité. Les régulateurs devront examiner si l'utilisation de ces technologies améliore réellement les résultats pour les patients, et si les dispositifs sont conformes aux normes d'hygiène et de stérilité. De plus, la formation des professionnels de santé à l'utilisation de ces outils devra être prise en compte dans la réglementation. La précision de la représentation et des gestes en réalité augmentée et mixte est un autre défi majeur. Les organismes de régulation devront s'assurer que les dispositifs offrent un niveau de précision suffisant pour permettre aux médecins d'effectuer des interventions en toute sécurité. Cela pourrait impliquer la mise en place de normes de précision spécifiques à chaque application médicale. Enfin, la question de la généralisation des procédures d'une application médicale à une autre doit être abordée. Les régulateurs devront déterminer si les dispositifs de XR peuvent être utilisés de manière interchangeable entre différentes applications, ou s'ils nécessitent des approbations spécifiques pour chaque utilisation.

Il y aura un véritable défi pour les promoteurs de ces technologies à adopter les pratiques nécessaires à la production de solutions médicales suivant les standards des entreprises qui opèrent dans ces domaines.

## LES EFFETS À TEMPS COURTS

À court terme, les technologies XR entreront dans le milieu hospitalier, bien que leur effet demeurera encore restreint et la démonstration de leur réelles utilités longue à démontrer. Dans les années à venir, nous pouvons nous attendre à des progrès notables en matière d'intégration et d'utilisation de ces technologies dans divers domaines du secteur médical.

Dans la formation hospitalière, il est probable que ces outils serviront de complément aux méthodes d'enseignement classiques. Bien que leur utilisation ne restera que sporadique comparée à la densité de l'enseignement médical, ils pourront offrir des expériences d'apprentissage plus immersives et interactives. À long terme, cela pourrait contribuer à une amélioration de la qualité de la formation, en permettant aux étudiants d'acquérir une meilleure compréhension et de s'exercer sur des procédures complexes. Au fur et à mesure que la XR évoluera et proposera un accompagnement pour la chirurgie, de la

planification à l'exécution, un véritable besoin pour ces technologies pourrait émerger. Un des buts principaux pourrait être de standardiser les procédures chirurgicales et permettre leur évaluation. Cela pourrait faciliter une meilleure préparation et une réduction des erreurs, tout en améliorant la communication entre les membres de l'équipe médicale. Le développement de la radiologie interventionnelle pourrait également constituer un catalyseur pour l'adoption et les bénéfices des technologies XR. Les radiologues interventionnels possèdent déjà une culture de la mesure pour leurs interventions, et les outils XR pourraient contribuer au choix des voies d'accès, au positionnement des patients et au suivi de l'intervention avec l'intégration en temps réel des images intra-opératoires. Cela pourrait améliorer la précision et la sécurité des procédures interventionnelles, tout en réduisant la durée des interventions et les complications.

## ÉVOLUTIONS ACCOMPAGNÉES PAR L'XR

Certaines évolutions hospitalières pourraient être accompagnées ou mues par la XR. Ainsi, nous pourrions voir l'émergence des infirmier.es spécialisées en interactions avec les données. Avec la montée en compétences des infirmier.es et le développement des pratiques avancées, il pourrait y avoir une évolution vers des infirmier.es chargées d'interagir avec les données pour les rendre accessibles aux chirurgien.nes sur diverses interfaces. Cela permettrait de faciliter les interactions entre les patients et les interfaces XR, tout en allégeant la charge de travail des chirurgien.nes. De plus, il pourrait y avoir l'émergence d'une nouvelle fonction hospitalière à la frontière entre radiologue et chirurgien.ne. Cette spécialité, pouvant être occupée par des manipulateur.trices radiologiques ou des infirmier.res, verrait ces personnels assurer la préparation des visualisations en réalité virtuelle et en réalité augmentée après l'établissement du diagnostic. Ces professionnels pourraient travailler en étroite collaboration avec les radiologues et les chirurgien.nes pour accélérer la préparation et l'exécution des interventions chirurgicales. De plus, d'un point de vue plus structurel, l'évolution des services informatiques hospitaliers vers un accès généralisé aux données associées aux patients pourrait inclure et bénéficier des technologies XR. Cela permettrait de rendre les imageries médicales accessibles sur toutes les plateformes, en bénéficiant de rendus simplifiés pour les non-radiologues. Enfin, la robotique et les technologies XR pourraient s'unir pour améliorer le suivi et l'apprentissage des chirurgies. Il ne s'agit pas seulement d'utiliser ces technologies pour faciliter l'utilisation et la navigation des robots, mais aussi de profiter des informations fournies par les robots pour reconstituer les chirurgies en intégrant les actions du robot aux images réalisées avant et après l'intervention. L'idée serait de créer des bases de données pour l'enseignement des chirurgies complexes, ainsi que pour entraîner des algorithmes afin d'aider à établir des procédures optimisées.

## CONCLUSION

Les technologies XR sont appelées à exercer une influence sur le domaine médical, car elles sont conçues pour être utilisées par des professionnels spécialisés dans l'accomplissement de tâches techniques. Il est intéressant de noter que ces technologies ont été rapidement déployées dans des secteurs tels que l'aérospatial et l'industrie automobile depuis longtemps. L'impact de ces technologies dans le domaine médical sera progressif, séquentiel et probablement axé sur des applications qui ne sont pas encore envisagées à l'heure actuelle. Le domaine médical est un secteur complexe qui combine des interventions techniques, la gestion des aspects humains tant du point de vue des patients que du personnel médical, ainsi que diverses régulations. Il faudra que le domaine de la XR atteigne une certaine maturité et prenne pleinement en compte la complexité inhérente au secteur médical pour y exercer une incidence qui ne soit pas uniquement d'ordre promotionnel. En effet, la démonstration de l'efficacité de ces technologies dans le domaine

médical requiert du temps, tant pour la validation scientifique des effets escomptés que pour la preuve de leur mise en œuvre effective en milieu hospitalier. De multiples enjeux se présentent dans le domaine de la XR appliquée au secteur médical. Néanmoins, je demeure convaincu que, de manière analogue à ce que l'on observe pour l'apprentissage automatique, l'influence de ces technologies sera d'importance considérable, aux échelles temporelles propres au domaine médical.

## RÉFÉRENCES

- ADAM J. A. (1993), "Virtual reality is for real", *IEEE Spectr.*, 30, pp. 22-29.
- ARIVIS AG (2021), "Image visualization and analysis".
- BLANC T., EL BEHEIRY M., CAPORAL C., MASSON J.-B. & HAJJ B (2020), "Genuage: Visualize and analyze multidimensional single-molecule point cloud data in virtual reality", *Nat. Methods*, 17, pp. 1100-1102.
- BOUAOUD J. *et al.* (2021), "DIVA, a 3D virtual reality platform, improves undergraduate craniofacial trauma education", *J. Stomatol. Oral Maxillofac. Surg.*, 122, pp. 367-371.
- BRAULT J.-B. *et al.* (2016), "Comparative analysis between flaviviruses reveals specific neural stem cell tropism for Zika virus in the mouse developing neocortex", *EBioMedicine*, 10, pp. 71-76.
- COHEN J. P., MORRISON P. & DAO L. (2020), "Covid-19 image data collection".
- EL BEHEIRY M. *et al.* (2020), "DIVA: Natural navigation inside 3D images using virtual reality", *J. Mol. Biol.*, 432, pp. 4745-4749.
- FAISAL A. (2017), "Computer science: Visionary of virtual reality", *Nature*, 551, pp. 298-299.
- GAO R. *et al.* (2019), "Cortical column and whole-brain imaging with molecular contrast and nanoscale resolution", *Science*, 363.
- GOUVEIA P. F. *et al.* (2021), "Breast cancer surgery with augmented reality", *The Breast*, 56, pp. 14-17.
- GUÉRINOT C. *et al.* (2022), "New approach to accelerated image annotation by leveraging virtual reality and cloud computing", *Front. Bioinform.*
- HVASS J. *et al.* (2017), "Visual realism and presence in a virtual reality game", 2017 3DTV Conference: The True Vision - Capture, Transmission and Display of 3D Video (3DTV-CON), pp. 1-4, doi:10.1109/3DTV.2017.8280421.
- KIM J. W., JEONG H., KIM K., DEMEO D. P. & CARROLL B. T. (2021), "Image based virtual reality haptic simulation for multimodal skin tumor surgery training", 4<sup>th</sup> International Conference on Bio-Engineering for Smart Technologies (BioSMART), pp. 1-4, doi:10.1109/BioSMART54244.2021.9677802.
- LAAS E., EL BEHEIRY M., MASSON J.-B. & MALHAIRE C. (2021), "Partial breast resection for multifocal lower quadrant breast tumour using virtual reality", *BMJ Case Rep.*, 14, e241608.
- MA C., CHEN G., ZHANG X., NING G. & LIAO H. (2019), "Moving-tolerant augmented reality surgical navigation system using autostereoscopic three-dimensional image overlay", *IEEE J. Biomed. Health Inform.*, 23, pp. 2483-2493.
- MAMONE V., FERRARI V., CONDINO S. & CUTOLO F. (2020), "Projected augmented reality to drive osteotomy surgery: implementation and comparison with video see-through technology", *IEEE Access*, 8, pp. 169024-169035.

MEEK R. D. *et al.* (2020), “Pearls and pitfalls for soft-tissue and bone biopsies: A cross-institutional review”, *RadioGraphics*, 40, pp. 266-290.

RAIMONDI F. *et al.* (2021), “Fast-track virtual reality for cardiac imaging in congenital heart disease”, *J. Card. Surg.*, doi:10.1111/jocs.15508.

SALAZAR S. V., PACCHIEROTTI C., DE TINGUY X., MACIEL A. & MARCHAL M. (2020), “Altering the stiffness, friction, and shape perception of tangible objects in virtual reality using wearable haptics”, *IEEE Trans. Haptics*, 13, pp. 167-174.

STEFANI C., LACY-HULBERT A. & SKILLMAN T. (2018), “ConfocalVR: Immersive visualization for confocal microscopy”, *J. Mol. Biol.*, 430, pp. 4028-4035.

SUN G. J. *et al.* (2013), “Seamless reconstruction of intact adult-born neurons by serial end-block imaging reveals complex axonal guidance and development in the adult hippocampus”, *J. Neurosci.*, 33, pp. 11400-11411.

ULLRICH S. & KUHLLEN T. (2012), “Haptic palpation for medical simulation in virtual environments”, *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, 18, pp. 617-625.

XIONG J., HSIANG E.-L., HE Z., ZHAN T. & WU S.-T. (2021), “Augmented reality and virtual reality displays: Emerging technologies and future perspectives”, *Light Sci. Appl.*, 10.

See remarks in this LinkedIn discussion,

<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7046392968840151040/>.

# La formation en réalité augmentée et mondes virtuels

Par Jean-Michel LAVALLARD

Expert en nouvelles technologies et en conseil sur la transformation numérique

La formation en réalité augmentée et en mondes virtuels (RA / MV) est une approche innovante de l'apprentissage, qui utilise des technologies de pointe pour créer des environnements virtuels dans lesquels les apprenants peuvent acquérir des compétences et des connaissances dans des situations simulées. Cette technologie offre des avantages significatifs, notamment l'immersion, la répétabilité, la sécurité et la personnalisation. Cependant, la mise en place de ces simulations peut être coûteuse et complexe, nécessitant des équipements technologiques avancés. Des études scientifiques ont montré que la formation en RA / MV peut améliorer la compréhension des concepts techniques chez les étudiants en ingénierie, améliorer la performance des étudiants en médecine dans la reconnaissance des maladies, améliorer la motivation des apprenants, et améliorer les compétences de collaboration et de communication des étudiants en ingénierie. Cependant, certains problèmes potentiels, tels que les nausées et les maux de tête, ont également été signalés.

La formation en réalité augmentée et mondes virtuels (RA / MV) est une approche d'apprentissage innovante, qui utilise des technologies de pointe pour créer des environnements virtuels où les apprenants peuvent acquérir des compétences et des connaissances dans des situations simulées. Cette technologie est utilisée dans une variété de domaines, y compris l'éducation, la formation professionnelle, l'armée, la médecine et l'ingénierie.

Dans cet article, nous explorerons les enjeux de la formation en RA / MV en examinant les avantages et les inconvénients de cette technologie pour l'apprentissage.

La formation en RA / MV présente plusieurs avantages pour les apprenants, y compris l'immersion, la répétabilité, la sécurité et la personnalisation. Les simulations en RA / MV permettent aux apprenants de s'immerger dans des environnements virtuels réalistes, de pratiquer plusieurs fois pour affiner leurs compétences, de s'entraîner dans des environnements contrôlés et sécurisés, et de recevoir un apprentissage personnalisé qui répond à leurs besoins spécifiques.

Cependant, la formation en RA / MV présente également des inconvénients, notamment le coût et la complexité de la mise en place de ces simulations, ainsi que la nécessité de disposer d'équipements technologiques avancés pour y accéder.

La recherche scientifique a largement étudié les effets de la formation en RA / MV sur l'apprentissage. Par exemple, une étude menée par Huang *et al.* (2019) a montré que la formation en RA / MV améliorerait la compréhension des concepts techniques chez les étudiants en ingénierie.

De même, une étude menée par Chen *et al.* (2020) a montré que la formation en RA / MV améliorerait la performance des étudiants en médecine dans la reconnaissance des maladies.

En outre, la formation en RA / MV a également été étudiée pour son effet sur la motivation des apprenants. Une étude menée par Kim *et al.* (2019) a montré que la formation en RA / MV améliorerait la motivation des apprenants en leur permettant d'interagir avec des environnements virtuels et de s'immerger dans des situations d'apprentissage réalistes.

La formation en RA / MV peut également aider à améliorer les compétences de collaboration et de communication des apprenants. Une étude menée par Zhang *et al.* (2021) a montré que la formation en RA / MV améliorerait les compétences de collaboration des étudiants en ingénierie en leur permettant de travailler ensemble dans des environnements virtuels.

Cependant, certaines études ont également signalé des problèmes potentiels associés à la formation en RA / MV. Par exemple, une étude menée par Wang *et al.* (2020) a mis en avant que les apprenants pouvaient éprouver des nausées et des maux de tête en utilisant des environnements de réalité virtuelle.

Il est important de souligner que la formation en RA / MV n'est pas une solution à tous les problèmes d'apprentissage. En effet, cette approche peut ne pas convenir à tous. Cette approche répond aux enjeux de la formation de demain sur la capacité d'appropriation des savoirs.

## BIBLIOGRAPHIE

CHEN Y., LI L., LI S. & LIU S. (2020), « L'efficacité de la réalité augmentée pour l'éducation médicale : une méta-analyse », *Journal of Educational Computing Research*, 58(5), pp. 1145-1166.

WANG Q., CHEN W., LIANG Y. & HUANG Z. (2020), « Une étude comparative sur l'effet de la réalité virtuelle et de l'enseignement traditionnel sur la motivation et la satisfaction d'apprentissage des étudiants universitaires », *Journal of Educational Computing Research*, 58(1), pp. 138-159.

ZHANG Y., ZUO Y., WU X. & ZHANG S. (2021), « Améliorer les compétences de collaboration des étudiants en ingénierie grâce à une formation basée sur la simulation de réalité virtuelle », *Journal of Engineering Education*, 110(1), pp. 1-26.

# Handicap, accessibilité et formation aux mondes virtuels

Par Sylvie SANCHEZ  
Artiste plasticienne

Les mondes virtuels, qu'ils soient pour créer le métavers ou des jeux vidéo, sont conçus pour répondre à un besoin standard, marginalisant, comme dans le monde réel, les personnes en situation de handicap.

Alors, comment espérer des univers virtuels accessibles à tous ?

C'est à ces enjeux que l'association Créative Handicap, au travers de sa formation C.I.A.R.A. (Création, intelligence artificielle, réalité augmentée), répond en formant des jeunes en situation de handicap aux métiers de la création numérique. L'accessibilité, la représentation du handicap, des nouvelles sensorialités à explorer, mais aussi les possibilités infinies des nouvelles technologies et les nouveaux métiers qui en découlent sont autant d'opportunités à saisir pour les personnes handicapées, à partir du moment où on leur donne la possibilité d'en être acteurs.

Notre époque est entrée depuis bientôt vingt ans dans ce qu'il convient d'appeler « la révolution numérique ». Comme toute révolution, celle-ci apporte de nouveaux avantages, de nouveaux horizons et de nouveaux possibles incontestables et utiles. Quelle est la place des personnes en situation de handicap au milieu de cette révolution numérique et dans les mondes virtuels qu'elle crée ?

## CONNAÎTRE ET MAÎTRISER LES OUTILS DE CRÉATION NUMÉRIQUES

Tout d'abord, pour trouver sa place quelque part, il faut se sentir bien intégré(e) dans un milieu. Il faut donc nécessairement connaître et maîtriser les outils informatiques, voire les adapter pour que les personnes en situation de handicap puissent en tirer tous les bénéfices. C'est cette mission, entre autres, que s'est assignée l'association Créative Handicap fondée en 2004 par Sylvie Sanchez, artiste plasticienne.

Créative Handicap met en œuvre tout ce qui concourt à l'inclusion socio-professionnelle des personnes en situation de handicap et valides par le biais de l'enseignement artistique, numérique et la formation professionnelle, afin de rendre le numérique accessible aux plus défavorisés, de changer le regard sur le handicap et de lutter contre toutes les formes de discriminations et d'exclusions.

Pour ce faire, l'association s'appuie sur une palette de moyens afin de favoriser l'accessibilité, indispensable à l'inclusion sociale des personnes en situation de handicap. Ainsi ont été développés des ateliers de pratiques artistiques et numériques accessibles à tous, des sensibilisations aux handicaps, des partenariats avec des établissements spécialisés, de l'accompagnement personnalisé pour les jeunes décrocheurs scolaires, des ateliers de pratiques numériques pour les seniors.

Dix-neuf ans de recherches sur les pédagogies accessibles à toutes les formes de handicap, dix-neuf ans d'activités dites « inclusives », ou simplement de solutions pour créer, apprendre et travailler ensemble.

L'implication citoyenne de Créative Handicap a été reconnue par différentes instances comme le CNC<sup>1</sup>, le conseil d'administration du CCAS<sup>2</sup> de la ville de Nanterre, la commission départementale d'accessibilité des Hauts-de-Seine... Elle a également été auditionnée par le CNUM<sup>3</sup> pour l'inclusion numérique des publics isolés, et par le CESE<sup>4</sup> sur ses pratiques pédagogiques inclusives.

À partir de 2019, une nouvelle dimension a été prise par Créative Handicap avec la mise en place et le développement de la formation professionnelle gratuite en média 3D et design graphique « Supermakers 2.0 », à destination des jeunes autistes de 17 à 26 ans. La qualité de cette formation et des femmes et des hommes qui s'y consacrent a été saluée par le ministère du Travail *via* sa labellisation par la Grande École du Numérique. La formation a obtenu le soutien du PRIC<sup>5</sup> et de la Fondation Orange.

Ce projet, innovant et expérimental, a conforté l'équipe de Créative Handicap dans l'idée que les nouvelles technologies sont des outils d'apprentissage incroyablement riches et adaptés à des personnes éloignées des scolarités dites normales. Forte de ce succès, des résultats probants constatés et appuyés par l'expertise de terrain de cette formation, l'association, en 2021, a mis sur pied la formation C.I.A.R.A. (Création, intelligence artificielle, réalité augmentée). Cette formation professionnelle, gratuite, accessible, vise à doter les bénéficiaires de compétences numériques pour accéder au marché du travail en constante évolution : jeux vidéo, animation 2D / 3D, réalité augmentée et réalité virtuelle.

L'offre de formation qualifiante ou encore les débouchés professionnels proposés aux personnes en situation de handicap demeurent bien trop insuffisants, ou ne sont pas accessibles et adaptés aux besoins de chacun. C'est l'un des chantiers auxquels Créative Handicap veut apporter son expertise pour répondre aux attentes des personnes en situation de handicap.

Un des mérites de cette formation, c'est qu'elle intègre et prend en compte les spécificités et le rythme d'apprentissage de chacun. Chaque apprenant est unique, et bénéficie d'un suivi et d'un accompagnement adapté à son handicap et / ou ses difficultés.

L'équipe pédagogique de Créative Handicap est constituée de formateur en AR/VR (réalité augmentée et réalité virtuelle), de formateur en modélisation 3D, de designer graphique / *web designer*, de professeur de dessin (dessinateur), de scénariste (auteur), de conseiller psychopédagogique, des instances dirigeantes présentes et impliquées.

Du côté des moyens techniques, l'association a consacré une importante réflexion et un investissement important, car l'utilisation de différents logiciels de création numérique peuvent parfois être difficiles à comprendre. C'est ainsi que les enseignants de l'équipe ont développé des supports pédagogiques en FALC<sup>6</sup>, des tutoriels et de nombreux « pas à pas » pour des logiciels de modélisation 3D ou de programmation visuelle qui vont servir à programmer et définir les interactions de jeux multiplateformes (pour *smartphones*, ordinateurs, consoles de jeux vidéo et *web*) ou de graphisme utilisés dans l'industrie du jeu vidéo, aussi bien par les grands studios que par les créateurs indépendants.

---

<sup>1</sup> Conseil national consultatif des personnes handicapées.

<sup>2</sup> Centre communal d'action sociale.

<sup>3</sup> Conseil national du numérique.

<sup>4</sup> Conseil économique, social et environnemental.

<sup>5</sup> Pacte régional d'investissement dans les compétences.

<sup>6</sup> Facile à lire et à comprendre.

Pour cette formation, l'association met à disposition des apprenants un équipement informatique de dernière génération de niveau professionnel. Et pour être en cohérence avec les valeurs défendues par Créative Handicap, l'association a fait le choix de « fabriquer » ses ordinateurs avec l'aide de jeunes de la formation. En fabriquant nos propres ordinateurs, nous avons divisé par trois leur coût ; nous ne sommes plus sous le joug de l'obsolescence programmée (leur durée de vie est estimée à 10 ans). De plus, nos jeunes ont appris les fonctions des pièces composant un ordinateur, les rendant consommateurs avertis pour leurs achats d'ordinateurs à venir. Nous disposons donc pour la formation d'ordinateurs puissants équipés pour la réalité augmentée et la réalité virtuelle, de casques de réalité virtuelle, d'imprimantes 3D, de nombreux matériels informatiques dédiés à la création.

Les publics visés par notre formation sont des jeunes et adultes, femmes et hommes, de 18 à 30 ans, en situation de handicap (avec une RQTH<sup>7</sup>) quel que soit leur handicap, dont les TSA<sup>8</sup>. Il faut préciser que nous pouvons former des personnes malvoyantes dont la limitation visuelle leur permet, avec des outils de compensation, de pouvoir « voir » les écrans. Par contre, il nous est impossible d'accueillir des personnes non voyantes, car les logiciels existants n'ont pas été créés pour être accessibles aux synthèses vocales (JAWS<sup>9</sup>, NVDA<sup>10</sup> ou touche narrateur sur Windows). Les apprenants sont de niveau *infra* bac, demandeurs d'emploi ou décrocheurs scolaires. Ils doivent savoir lire et écrire, ainsi que maîtriser l'outil ordinateur de base. Ils proviennent de toute la France.

L'objectif que s'est fixé Créative Handicap pour cette formation est d'accueillir non seulement des personnes en situation de handicap, mais aussi d'assurer une mixité des profils en sollicitant aussi des jeunes en situation de décrochage scolaire, dans l'inactivité, n'ayant pour la majorité d'entre eux pas trouvé leur place dans le système scolaire classique.

Très investie dans l'univers numérique, l'association est vigilante à suivre la constante évolution des métiers du design numérique, notamment quant à leur potentiel d'offres d'emploi pour leurs apprenants. La formation dispensée par Créative Handicap s'adresse à tous les secteurs d'activité du numérique pour des emplois tels que : Animatrice(teur) 3D / Modélisatrice(teur) 3D / Conceptrice(teur) artistique communication multimédia / Conceptrice(teur) de jeux vidéo / Conceptrice(teur) multimédias / *Game designer* et *Level designer* pour jeux vidéo, jeux *online* / *Designer* graphique / Infographiste *webmaster* / *Web designer*...

## POURQUOI ORIENTER DES JEUNES EN SITUATION DE HANDICAP VERS LES MÉTIERS DE LA CRÉATION NUMÉRIQUE ET DES MONDES VIRTUELS ?

### Le secteur du numérique

#### *Une véritable opportunité pour les personnes en situation de handicap*

Les métiers du numérique, plutôt sédentaires, avec peu d'interactions sociales, correspondent parfaitement et simplifient les choses, notamment pour les personnes ayant des troubles du spectre autistique, un haut potentiel intellectuel, une hypersensibilité, des

<sup>7</sup> Reconnaissance de la qualité de travailleur handicapé.

<sup>8</sup> Troubles du spectre de l'autisme.

<sup>9</sup> *Job access with speech.*

<sup>10</sup> *Non visual desktop access.*

troubles DYS (dyslexie, dysorthographe et dysgraphie), troubles de l'attention, etc., ou avec un handicap psychique. Leurs capacités de mémorisation, d'analyse, leur esprit de créativité, leur attention pour les détails et leur goût pour l'informatique font d'eux des candidats parfaits, pour peu que les pédagogies soient accessibles. Ces profils, souvent attirés naturellement par l'informatique, sont presque toujours autodidactes, mais complètement exclus du système classique de l'emploi et de la formation. C'est une population fortement touchée par le chômage. Le numérique peut donc constituer un véritable tremplin pour ces personnes.

### *Une occasion de transformer le handicap en atout et de changer les mentalités*

Aujourd'hui, le secteur du numérique est en pleine expansion. Il constitue un réel vivier d'emplois, avec des opportunités nombreuses dans bien des domaines. Et pourtant, le constat est clair : cette filière est touchée par une grande pénurie de main-d'œuvre. Les entreprises sont sans cesse à la recherche de nouveaux profils et de nouveaux talents.

Malheureusement, nous sommes face à un paradoxe injustifié, d'un côté, un besoin de nouveaux talents, de l'autre, une méfiance vis-à-vis des compétences des personnes en situation de handicap, ne permettant pas le plein-emploi de ces jeunes.

Créative Handicap relève ainsi plusieurs défis : celui de faire monter en compétences des jeunes très éloignés de l'enseignement, mais aussi, par les nombreux partenariats que l'association noue avec les entreprises, de contribuer à favoriser leur emploi, en faisant connaître et reconnaître les compétences de nos apprenants.

## **Le handicap et les mondes virtuels**

Au sein de la formation C.I.A.R.A., nous avons constaté que, pour nos apprenants en situation de handicap, les jeux vidéo et les mondes virtuels sont la possibilité d'expérimenter certaines sensations stimulant les sens et leurs capacités d'utilisateur, générant de nouvelles sensations et émotions, favorisant un apprentissage plus motivant et pratique, mais aussi des interactions sociales trop souvent inexistantes.

Cette reconnaissance du jeu vidéo et des mondes virtuels comme objet culturel est essentielle.

Il nous est donc apparu indispensable que, plutôt que de subir des univers créés par les « valides », les jeunes de la formation devaient se les approprier et apprendre à créer les leurs, trouvant aussi leur place dans ces mondes naissants.

Comment ? En créant des avatars à leur image, en apprenant et en mettant en place des solutions d'accessibilité avec les directives du WCAG ou du RGAA (normes française d'accessibilité du *web* applicables aux mondes virtuels), afin de penser nativement tous ces univers en accessibilité universelle. Mais aussi, grâce à l'immense diversité de *gameplay* qui permet de jouer, d'incarner des personnages avec un handicap, visible ou invisible. Pour donner à ceux qui veulent rester eux-mêmes la possibilité de s'afficher en tant que tels, ou pour les personnes qui ne sont pas en situation de handicap de tester des sensorialités différentes dans un jeu vidéo ou un monde virtuel.

Pour conclure, les mondes virtuels s'orientent vers une reproduction de notre quotidien, avec des interactions sociales, des achats, des activités culturelles et éducatives ou professionnelles. Malgré la présence de normes et de lois, d'une technologie offrant une multitude de possibilités, l'accessibilité est encore considérée comme un défi. Il est donc urgent de diversifier les équipes de production pour que ces nouveaux univers soient conçus avec et par des personnes handicapées, et plus seulement pour elles, afin de sortir des clichés et d'une représentation encore trop faible.

# Qui sont les acteurs du métavers ?

Par Paul JOLIE

Ingénieur général des mines, Conseil général de l'Économie

Et Emmanuel CAQUOT

Ingénieur général des mines, Conseil général de l'Économie

L'idée d'un monde virtuel s'est matérialisée dès 1997 en France, où Canal+multimédia ouvre Le Deuxième Monde, qui permet aux joueurs d'évoluer, par leur avatar, dans une reconstitution de Paris en 3D, formant ainsi une communauté virtuelle dont les membres se surnomment « les Bimondiens ». Précurseur du métavers, il est toutefois fermé en 2001 et c'est en 2003 Second Life de Linden Lab, qui connaît un premier succès mondial. L'idée connaît un renouveau d'intérêt à plus grande échelle en 2021 avec les annonces de Marc Zuckerberg. Si l'intérêt médiatique s'est depuis essouffé avec les difficultés rencontrées, il n'en demeure pas moins que le sujet reste très actif en termes d'investissements aux États-Unis et dans au moins quatre pays d'Asie, avec de nombreux groupes qui développent plateformes et applications. L'Europe a surtout une approche réglementaire et défensive, mais dispose néanmoins d'atouts, y compris en France, et d'ambitions pouvant reposer sur Dassault Systèmes, Ubisoft, Atos, les opérateurs de télécommunication et un tissu de *start-up*.

## INTRODUCTION

Après une fin d'année 2021 en fanfare, l'année 2022 a été difficile pour le « Métavers ». Et pourtant...

Tout a commencé sous les projecteurs fin 2021, lorsque l'entreprise Facebook a décidé de changer son nom en Meta, son PDG, Marc Zuckerberg, donnant « sa » vision du futur de l'Internet : le Métavers, un monde dans lequel le réel et le virtuel se mêleraient pour permettre à chacun de vivre plusieurs vies en même temps, avec ses avatars et ses réseaux sociaux d'une nouvelle dimension. De nombreuses entreprises ont adhéré au projet de construction de ce nouvel univers, propice à générer de nouvelles sources de valeur et de prospérité.

Mais la construction du Métavers (avec un grand M, représentant « la vision ») est à un horizon lointain. Le 14 mars 2023, face à l'inquiétude de son actionnariat et à la chute de son cours de bourse, Mark Zuckerberg a affiché de moindres ambitions pour son projet de Métavers au bénéfice d'une priorité à l'intelligence artificielle. Microsoft a raboté le budget de son équipe Hololens, Disney a fermé sa division métavers.

Cela n'empêche pas le développement de technologies utiles au métavers (haptique, olfaction). Un autre article de ce numéro montre que l'industrie du luxe investit dans les mondes virtuels, comme le montre la « Metaverse fashion week ». Toujours dans le haut de gamme, BMW vient d'annoncer la virtualisation de tous ses sites de production grâce la technologie Omniverse de Nvidia, pour simuler l'efficacité de toute transformation avant

mise en œuvre. Le CES 2023 a vu le triomphe du *gaming* immersif, avec des écrans et accessoires dédiés.

Ainsi, même si l'on parle moins dans la presse aujourd'hui du Métavers, de nombreuses entreprises continuent d'investir dans la construction de leur métavers (avec un petit « m » pour signifier un métavers sous pilotage d'un acteur *leader*), avec leur propre vision de ce que cela peut être et leur stratégie de fédérer autour d'elles un écosystème de contributeurs.

Les grands acteurs américains se positionnent sur le sujet du Métavers, avec l'arrière-pensée de prendre une longueur d'avance au cas où le sujet du Métavers se révélerait important.

Le plus surprenant est sans doute de réaliser que les grandes entreprises chinoises, les BATHX (pour Baidu, Alibaba, Tencent, Huawei et Xiaomi), sont aussi en train de se placer sur ce sujet, ayant commencé leurs travaux sans le dire il y a déjà quelques années, et sans aucun doute stimulées par la perspective de compétition avec les grandes entreprises américaines.

Cet article tente de faire la lumière sur ces stratégies d'acteurs, de comprendre leurs motivations et leurs positionnements, en n'oubliant pas d'autres parties du monde comme le Japon, la Corée ou l'Europe.

## STRATÉGIE DES ACTEURS

### La chaîne de valeur du métavers

D'après le cabinet CB Insights<sup>1</sup>, on peut représenter le métavers comme une industrie qui se construit « au-dessus » d'autres industries, chacune étant un élément de la chaîne de valeur du métavers. Sont indiqués dans le graphique suivant (voir la Figure 1 ci-après) ces différents chaînons avec quelques entreprises représentatives. Cumulés avec d'autres applications, les investissements de ces acteurs auraient atteint 25 milliards de dollars dans ces technologies, classées en six groupes.

#### *Infrastructure (informatique et réseau)*

Les fonctions de calcul du chaînon infrastructure doivent permettre de gérer des fonctions exigeantes : réseaux physiques, rendu, réconciliation et synchronisation des données, déploiement de l'intelligence artificielle, projections, capture des mouvements et traduction. Les acteurs clés de ce chaînon sont des acteurs déjà très puissants et ayant de grosses ressources. L'accès à ces industries est difficile pour de nouveaux acteurs, car les barrières à l'entrée sont très importantes.

#### *Accès*

Accéder au métavers nécessite l'utilisation de dispositifs comme, dans un premier temps, les *smartphones* qui permettent d'accéder aux proto-métavers (comme dans le cas de Pokemon Go par exemple), mais également les lunettes de réalité augmentée et les casques de réalité virtuelle. Pour interagir dans le monde virtuel à partir du monde réel, les gants haptiques sont développés. Il est probable qu'avec le temps, d'autres types d'interface soient développés et qu'il puisse par exemple y avoir une connexion directe avec le cerveau, à l'image de ce qui est développé par la société Neuralink de Elon Musk. Les principaux acteurs sont des spécialistes des casques de réalité virtuelle ou de l'haptique.

---

<sup>1</sup> <https://www.cbinsights.com/research/report/metaverse-market-map/>



- soit une vision décentralisée, dans laquelle « les mondes » (la scène, les personnages et les expériences) sont créés par les utilisateurs eux-mêmes, dans une logique heuristique qui ne présage en rien la façon dont le monde va évoluer.

Les acteurs économiques de ce chaînon sont aujourd'hui principalement ceux du jeu vidéo. Ils doivent posséder de fortes compétences en maîtrise de l'informatique, en création de contenu et en savoir-faire en design.

### *Infrastructure économique*

Le modèle économique du métavers repose sur sa capacité à développer les échanges entre acteurs actifs du métavers. Chacun, rappelons-le, sera à la fois consommateur et producteur. Consommateur, car il y passera du temps, consommera de l'attention dans ces univers ; et producteur, car l'objectif est que le nouveau monde du métavers se construise collectivement par les actions des utilisateurs. Sur ce dernier point, les producteurs seront rémunérés pour leur production.

Les acteurs de ce chaînon sont principalement des acteurs des cryptomonnaies et des NFT, qui ont, bien sûr, d'autres champs d'application que le métavers.

### *Expérience utilisateur*

Elle désigne les acteurs proposant des expériences originales comme la socialisation (prolongement des réseaux sociaux), mais aussi de nouvelles expériences d'achat, une nouvelle façon de participer à un concert (grâce à la virtualisation, tout le monde a la meilleure place dans le concert !), ou encore de nouvelles expériences de collaboration, ce qui ouvre de nouvelles voies à la création artistique qui ne serait plus le fait d'une seule personne mais d'une communauté.

Pour pouvoir vivre ces nouvelles expériences, il faut pouvoir les découvrir et les choisir parmi l'ensemble des possibles, ce qui donne lieu à l'émergence de moteurs de recherche d'un nouveau genre, dans lesquels il sera possible de rechercher et de classer les expériences souhaitées avant de les tester. Ces moteurs orienteront les utilisateurs suivant leurs préférences et suivant les rémunérations qu'ils auront reçues des promoteurs, ce qui donnera lieu à l'émergence de nouveaux modèles d'affaires basés sur la publicité.

Une autre expérience nouvelle utilisera la sérendipité, en parcourant le métavers « au hasard » et en tombant sur une expérience à laquelle on n'a pas pensé de prime abord. Un peu à la manière d'une promenade dans une rue commerçante quand on découvre une boutique inattendue et que l'on fait du *shopping* après avoir été séduit par son offre.

## Une construction par étapes

### *L'émergence de métavers propriétaires*

L'émergence du « Métavers » en tant que futur de l'Internet prendra plusieurs années.

Les premières années verront l'émergence de métavers propriétaires, le plus souvent centralisés, pour lequel un acteur *leader* formulera la proposition de valeur relative à l'expérience, et structurera l'ensemble des acteurs de son écosystème pour pouvoir la proposer. Une vingtaine d'acteurs chefs de file construisent actuellement des métavers propriétaires. L'idée sous-jacente est de développer de nouvelles expériences, d'attirer des utilisateurs dans un modèle stratégique qui vise à rendre l'utilisateur captif, et de structurer tout un ensemble d'autres expériences qui en découlent.

### *La nécessaire consolidation à moyen terme*

La phase de développement de métavers propriétaires devrait durer une dizaine d'années. On notera que certains acteurs économiques pourront être à la fois acteurs chefs de file

de leur propre métavers mais, aussi, acteurs contributifs dans l'écosystème de métavers concurrents.

À moyen terme, il est probable que l'industrie des métavers sera structurée par quelques dizaines de métavers avec pour chacun d'entre eux un acteur chef de file. Il devrait s'ensuivre une période de consolidation, dans une logique de recherche de réduction des coûts par mutualisation. Certaines technologies deviendront dans cette période des standards *de facto*. Il y aura des fusions de métavers ou des accords permettant à des avatars d'un métavers de pouvoir aller dans un autre métavers. En parallèle à ces phénomènes de marché, des travaux de normalisation devraient voir le jour.

Les pays qui auront su développer des acteurs dominants sur leur métavers auront un poids considérable dans les discussions concernant les transferts de gouvernance.

## PLUSIEURS PAYS VEULENT SE POSITIONNER SUR CE NOUVEAU MARCHÉ

### À commencer par les États-Unis

Les grands groupes américains cherchent dès aujourd'hui à créer des univers propriétaires.

#### *Facebook devenu Meta*

Facebook est actuellement le géant technologique le plus agressif dans le métavers, tant au niveau national que mondial. Confrontée à l'essoufflement de ses activités dans les réseaux sociaux, Facebook a annoncé qu'elle changerait son nom en Meta à partir du 1<sup>er</sup> décembre 2021, et qu'elle consacrerait une part importante de ses investissements à la création d'une plateforme informatique émergente axée sur la réalité virtuelle.

Meta est un géant complet, qui se concentre sur les quatre grandes directions que sont le portail matériel, l'architecture sous-jacente, l'intelligence artificielle, le contenu et le scénario. Meta a racheté Oculus dès 2014 pour combler ses manques en matière de matériel.

Voici une carte stratégique qui présente les acquisitions récentes de l'entreprise (voir la Figure 2).

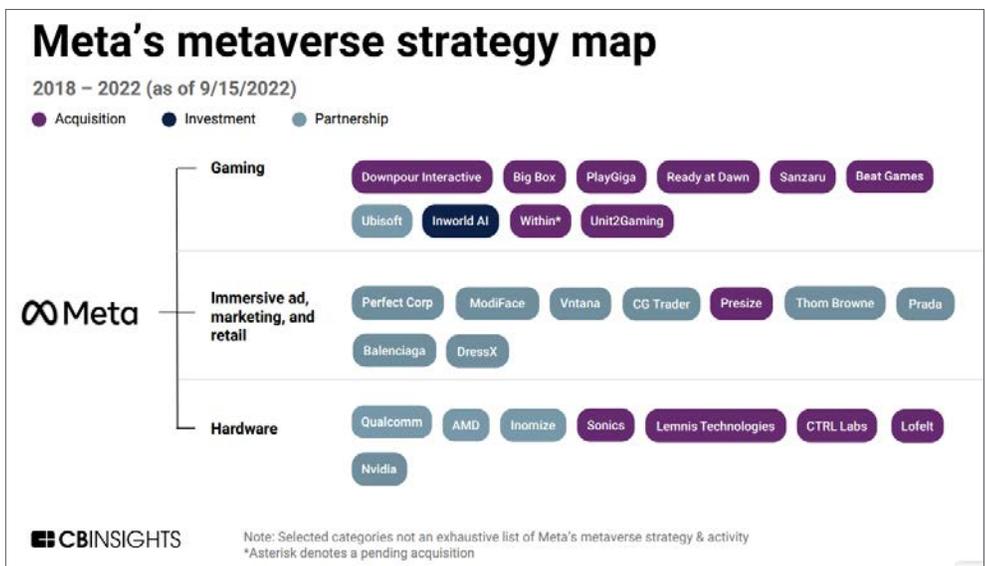


Figure 2. Carte stratégique de Meta (Source : CBInsights).

## *Unity*

Unity est, à la base, une plateforme pour la création et l'exploitation de contenus interactifs 3D en temps réel, le développement de jeux étant son domaine d'application le plus important. Unity est devenu un outil complet pour la création de visualisations architecturales, d'animations 3D en temps réel et d'autres types de contenus interactifs. Non seulement Unity, mais aussi les principaux moteurs de jeu / plateformes de développement, notamment Epic Games (Unreal Engine) et Nvidia (Omniverse), déploient des activités non liées au jeu dans le domaine de la modélisation 3D et des mondes virtuels pour se développer dans de nouvelles voies, générer des revenus et faire évoluer leur activité principale.

## **Roblox**

*Roblox* est la première entreprise à intégrer le concept de métavers dans son catalogue et elle présente huit caractéristiques clés de la future plateforme nécessaires au métavers : identité, amis, immersion, ubiquité, diversité, faible latence, économie et éthique. Elles permettent la réalisation de concepts à la base du métavers : la sociabilité, l'ouverture, un écosystème de contenu riche et un système économique complet.

*Roblox* se place dans le segment de la création de contenu et des scènes, tandis que la plateforme fournit également des outils et des technologies faciles à mettre en œuvre par les utilisateurs mêmes pour créer leur propre contenu.

L'écosystème *Roblox* est unique, car l'ouverture de la plateforme aux utilisateurs contribue grandement à l'enrichissement du contenu, attirant un flux croissant de développeurs et de joueurs et contribuant à créer un esprit communautaire croissant, tandis que le système économique d'interopérabilité virtuelle et réelle contribue grandement à l'activation de l'écosystème et à la motivation des créateurs, créant ainsi une boucle de rétroaction positive.

## *Epic Games*

Pour mémoire, Epic Games est un éditeur de jeu. Son grand succès est *Fortnite*.

Au cœur de la vision métavers d'Epic, il y a l'idée de vouloir changer la façon dont les gens se socialisent sur Internet. *Fortnite* va au-delà du jeu pour accueillir un nombre croissant de fonctions sociales et de divertissements tels que des concerts, des lancements, des forums, etc. Epic Games se concentre également sur l'écosystème des créateurs, avec Unreal Engine, Epic Games Store et Epic Online Services, qui travaillent à optimiser l'environnement et l'économie des créateurs.

Epic Games a réussi à convaincre les principales plateformes de jeux de permettre à *Fortnite* de fonctionner de manière multiplateforme.

## *Nvidia*

Nvidia se positionne sur l'offre de matériel pour le métavers.

Le fondement de Nvidia est la carte graphique et les technologies de base d'aujourd'hui. L'intelligence artificielle (IA), l'informatique en nuage, l'analyse de données et le calcul de haute performance n'existeraient pas sans le soutien solide de la technologie de traitement d'image de pointe (GPU<sup>2</sup>).

En tant que fabricant de circuits de traitement graphique, Nvidia a inventé le processeur graphique GPU en 1999 et, depuis, les GPU ont profondément changé le monde. Dans le domaine des jeux, les GPU Nvidia sont devenus presque la norme pour les consoles de jeu.

---

<sup>2</sup> *Graphics processing unit* : carte graphique.

L'architecture sous-jacente des produits Nvidia est Omniverse, un chef-d'œuvre de technologie logicielle et matérielle. Omniverse est une puissante plateforme de simulation collaborative en temps réel.

Omniverse est un méta-univers pour les ingénieurs, une véritable mise en œuvre du métavers dans des scénarios industriels. Omniverse est davantage orienté vers le concept de « jumeau numérique » que vers l'industrie du jeu, fortement axée sur les applications de divertissement.

### Qualcomm

Qualcomm est le *leader* mondial de l'industrie des puces pour *smartphones*, dont de nombreux *systems on chip*. Dans ces domaines, Qualcomm est souvent numéro un.

Ces dernières années, Qualcomm a étendu sa position dominante dans le domaine des circuits de traitement de signal pour téléphones mobiles à la gestion des signaux de radiofréquence (RF).

La réalité étendue est l'une des principales orientations de Qualcomm dans l'Internet des objets.

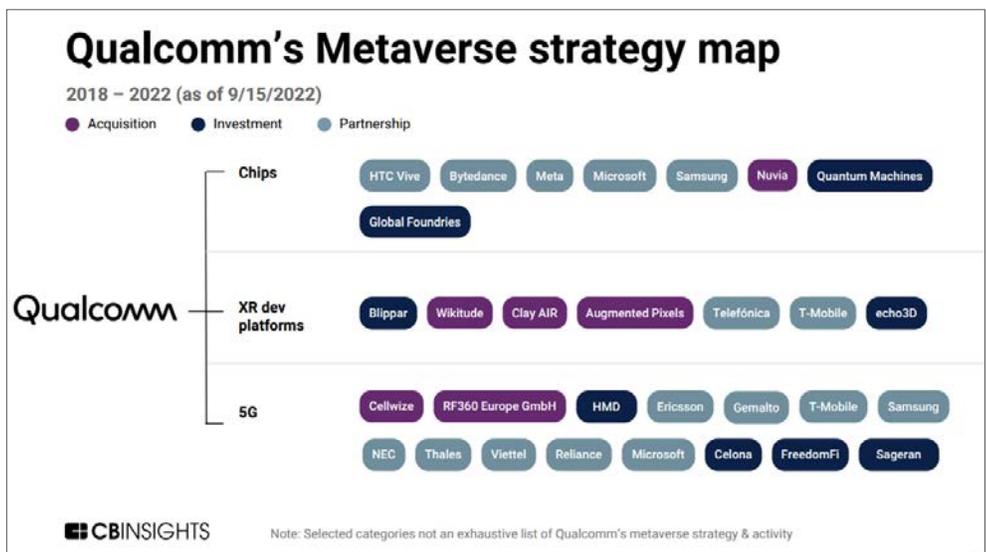


Figure 3. Carte stratégique de Qualcomm (Source : CBInsights).

Qualcomm a une stratégie claire autour du schéma commercial de la réalité étendue. Plus précisément, il s'agit d'utiliser toute son expérience technologique dans le domaine des communications mobiles pour construire et optimiser en permanence sa plateforme Snapdragon XR et accélérer son développement dans le secteur XR grâce à quatre stratégies : réalisation d'une plateforme de puce centrale XR, logiciels et algorithmes, conception de référence, et projets de partenariat.

### Amazon

Amazon se focalise davantage sur le renforcement des capacités de la technologie pilier du métavers, à savoir le *cloud computing*. Amazon a constitué une riche panoplie d'outils de développement de métavers dont le nuage est le cœur.

Amazon a lancé un partenariat approfondi pour soutenir les services informatiques en nuage de Meta, Epic Games et d'autres entreprises. Avec Meta, les deux entreprises

travaillent ensemble pour aider les clients à améliorer les performances de PyTorch, un cadre informatique d'apprentissage profond, sur Amazon Cloud Technologies, et aider les développeurs à accélérer les mécanismes de construction, d'entraînement, de déploiement et d'exécution de modèles d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique. Epic Games, qui compte 350 millions d'utilisateurs dans le monde, exécute la quasi-totalité de ses charges de travail sur Amazon Cloud Technologies.

### Google

La stratégie de Google, pour se positionner dans la future industrie du métavers, suit deux axes stratégiques : l'intelligence artificielle et les dispositifs matériels.

Le système d'exploitation pour mobiles Android est actuellement le système d'exploitation VR / AR qui détient la plus grande part de marché. Presque tous les systèmes d'exploitation des appareils VR / AR grand public actuels sont basés sur des dérivés d'Android, et Android peut réussir à reproduire la réussite des *smartphones* aux appareils VR / AR à l'avenir, et en devenir le système d'exploitation de base.

### Microsoft

Microsoft se concentre sur trois grandes directions : le portail matériel, l'architecture sous-jacente, et le contenu et les scénarios, en aidant les entreprises clientes à intégrer le monde numérique à la réalité grâce à toute une série d'outils et de plateformes.

Microsoft se concentre clairement sur le métavers d'entreprise. L'architecture sous-jacente pour réaliser des métavers d'entreprise est un ensemble complet de technologies développées par Microsoft et qui se complètent les unes les autres. Cet ensemble permet une véritable intégration du réel et du virtuel grâce aux jeux numériques, à la réalité mixte et aux applications métavers.

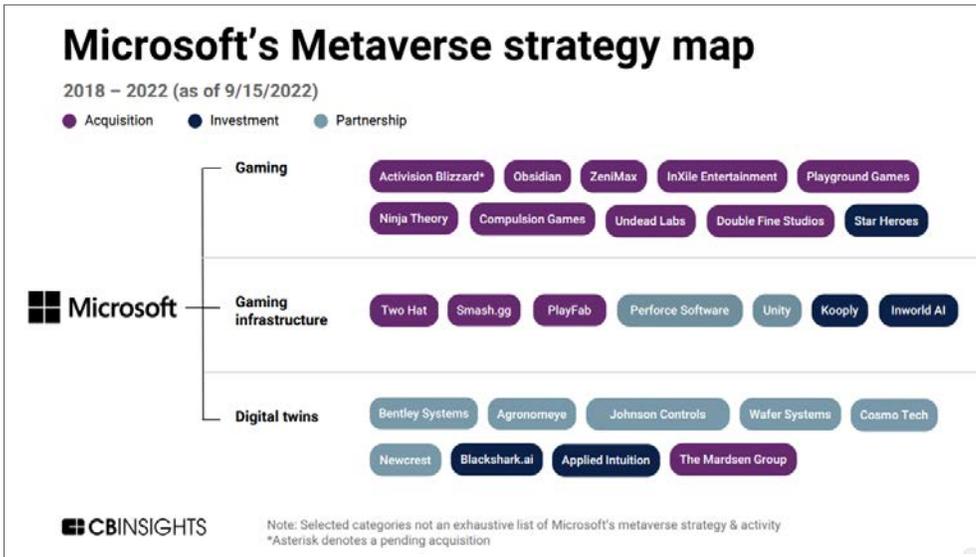


Figure 4. Carte stratégique de Microsoft (Source : CBInsights).

### Apple

Apple joue un rôle important dans l'émergence du métavers : sa capacité est certainement la plus grande pour diffuser dans le grand public le dispositif d'entrée du métavers : les appareils AR / VR. Apple croit davantage à la réalité augmentée qu'à la réalité virtuelle,

et a su construire autour de la réalité augmentée un écosystème complet d'outils, déjà en grande partie présents dans ses iPhones, incluant les puces, les écrans d'affichage, l'optique, l'acoustique, les capteurs, l'interaction sensorielle et d'autres aspects fondamentaux et technologies clés.

Les applications et les jeux de réalité augmentée de l'App Store se sont progressivement enrichis. Apple a acquis coup sur coup deux entreprises de contenu de réalité virtuelle : NextVR, une entreprise de *streaming* VR en direct, première au monde, et Spaces, une entreprise de réunions virtuelles itinérantes, en utilisant la technologie de suivi du visage.

### *Valve*

Valve est une entreprise américaine, créatrice du service de diffusion de jeux vidéo Steam, et qui se positionne également sur la fabrication de casques de réalité virtuelle.

Les avantages de Valve pour le métavers se traduisent principalement par une bonne synergie entre le matériel VR, le contenu des jeux et sa plateforme Steam. Si l'on divise le métavers en métavers grand public et métavers d'entreprise, Valve dispose déjà d'avantages initiaux en termes de matériel, de contenu et de plateforme pour construire le métavers du jeu.

Bien plus, Valve a étendu son succès mondial *Half-Life* au monde de la VR en développant en 2020 *Alyx*, permettant aux joueurs de s'immerger totalement dans les interactions environnementales, la résolution d'énigmes et l'exploration du monde très approfondies de *Half-Life: Alyx* est la référence en matière de jeux VR et représente au mieux ce que les jeux VR peuvent faire à ce stade.

## La Chine et le Métavers

### *ByteDance*

Bytedance est connue dans le monde pour être le propriétaire de l'application Tik Tok qui rencontre un succès mondial.

Dans la course à la captation du temps d'attention des utilisateurs, ByteDance est le plus grand concurrent de Meta à l'étranger et de Tencent dans son pays.

ByteDance est partie des réseaux sociaux et du divertissement pour entrer dans le métavers, et se concentre sur l'entrée matérielle, l'architecture de calcul sous-jacente et le contenu et le scénario (vidéos courtes, jeux, RV sociale).

En septembre 2021, ByteDance a acquis le fabricant chinois de casques de réalité virtuelle Pico, premier fabricant national de réalité virtuelle en Chine, pour 9 milliards de yuans.

### *NetEase*

NetEase Inc. est une société Internet chinoise qui exploite le site 163.com, un portail *web* populaire en Chine.

Cette société connaît une croissance rapide depuis sa création en juin 1997, grâce en partie à son investissement dans la technologie de moteur de recherche, et le jeu en ligne multijoueurs *Fantasy Westward Journey*, développé en interne, principalement connu et utilisé en Chine.

NetEase se déploie dans quatre directions principales : le portail, l'intelligence artificielle, l'architecture sous-jacente au métavers, et les contenus et scénarios.

À l'heure actuelle, NetEase a déjà mis sur le marché des produits de base du métavers tels que le système immersif Yaotai, ainsi que l'humain virtuel et en soutien une chaîne de blocs prioritaire.

NetEase a développé les lunettes de réalité augmentée HoloKit.

### *Tencent*

Tencent semble en avance sur ses concurrents pour le métavers. Il se focalise sur trois grandes directions : l'architecture sous-jacente (Unreal Engine), l'infrastructure dorsale (services en nuage, centre de données volumineuses), et le contenu et les scénarios (divers types de produits de contenu et un écosystème d'interopérabilité de réseau social mature).

Dans le segment des contenus et des scènes, la position dominante de Tencent en matière de contenus sociaux, de jeux et de divertissements est avérée. Parmi eux, WeChat, QQ est la principale source de trafic d'utilisateurs de Tencent.

Tencent développe également des services SaaS pour les entreprises tels que Enterprise WeChat, Tencent Meetings, Tencent Documents et WeChat Pay, complétés par des solutions adaptées pour différents secteurs industriels ou de services.

### *Alibaba*

Outre son succès comme place de marché concurrente d'Amazon, Alibaba a l'avantage d'être la première arrivée dans l'informatique en nuage en Chine, et domine la recherche d'applications multi-scènes pour le commerce électronique.

L'intérêt d'Alibaba pour le métavers remonte à 2016, lorsqu'elle a lancé la fonction d'achat en réalité virtuelle sur Taobao et investi dans la licorne AR Magic Leap.



Figure 5. Tmall Super Brand Day.

En 2021, Alibaba a accéléré sa stratégie dans le métavers, avec la création d'une nouvelle marque Cloud Mirror, XR Lab et l'embauche d'AYAYI en tant que maître d'œuvre numérique pour le "Tmall Super Brand Day" (voir la Figure 5 ci-dessus).

Globalement, Alibaba suit deux voies parallèles : la première en développant des solutions informatiques pour approcher le métavers, comme le jeu en nuage, basé sur l'accumulation de technologies sous-jacentes du *cloud computing* ; et la seconde en optimisant l'expérience basée sur des scénarios de commerce électronique tels que les achats en RV, le matériel de RV et le marketing humain virtuel.

### *Baidu*

Fondé en janvier 2000, Baidu a réussi à se transformer d'un simple fournisseur de services de moteur de recherche en une société Internet globale avec une fusion du développement de contenu et de l'intelligence artificielle (IA) après environ 20 ans de développement. Baidu se trouve bien positionnée dans l'émergence des futurs géants du métavers, principalement dans deux aspects : l'intelligence artificielle et les dispositifs matériels.

La stratégie de Baidu dans le métavers se concentre sur des applications professionnelles, comme l'enseignement, en déployant des solutions de réalité virtuelle, vendues sous la marque Baidu VR.

### *Huawei*

Huawei concentre ses efforts dans le métavers sur la mobilité pour la réalité étendue (XR) et sur l'adaptation des normes de téléphonie mobile 5G pour cette XR. Forte de sa position dominante dans les réseaux, les puces et les terminaux 5G, Huawei est en train

de s'installer comme un acteur incontournable dans les dispositifs matériels, le système d'exploitation, l'architecture sous-jacente et l'infrastructure dorsale du métavers.

En termes d'outils de développement de contenu, Huawei a lancé Reality Studio, un outil dédié à faciliter le développement de contenu pour les utilisateurs sans compétences professionnelles en matière de développement, avec un large éventail de fonctionnalités, notamment la conception d'interactions et de scènes, l'édition de modèles et la gestion de la publication.

### *Xiaomi*

Xiaomi, comme beaucoup d'autres, se concentre actuellement sur deux grandes directions : le dispositif matériel, et le contenu et le scénario. Le matériel VR de Xiaomi s'améliore, en mettant l'accent sur la diffusion importante de jeux dans le nuage. En 2021, l'entreprise a lancé des lunettes intelligentes, montrant ainsi que la recherche dans le matériel XR est toujours active. Le nouveau prototype Xiaomi Smart Glasses Explorer Edition utilise des guides d'ondes lumineuses MicroLED, qui permettent d'afficher une image sur la lentille de l'œil, autorisant la fusion d'images virtuelles à la vision naturelle de l'utilisateur.

Le deuxième axe de Xiaomi est d'investir dans le jeu en nuage, première étape essentielle dans la mise en place de son métavers.

## **Le Japon**

### *Stratégie gouvernementale*

Le Japon, pour ce qui concerne le métavers, se concentre sur ses points forts dans l'animation et sur les jeux vidéo.

Le gouvernement prévoit d'améliorer la réglementation et le soutien au développement, et tente de prendre une position de *leader* dans l'industrie mondiale de l'espace virtuel<sup>3</sup>.

Le Japon cherche à soutenir les industries liées aux métavers afin de créer un avantage compétitif pour le pays. En juillet 2021, le ministère japonais de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie a publié une enquête sur les possibilités et les problèmes futurs de l'industrie des espaces virtuels, définissant le métavers comme « un espace virtuel spécifique dans lequel des producteurs de divers domaines fournissent une variété de services et de contenus aux consommateurs ». Le rapport affirme que l'industrie devrait développer un contenu d'espaces virtuels de haute qualité pour fidéliser les utilisateurs, mais également se concentrer sur la prévention et le traitement des problèmes juridiques dans les « espaces virtuels » et améliorer l'application des lois aux entreprises transfrontalières et multiplateformes.

Une des plateformes d'échange de cryptoactifs (monnaie virtuelle) japonaise et d'autres acteurs japonais ont créé un groupe d'industriels du métavers à la mi-décembre 2021 sous le nom d'Association japonaise du métavers. Le groupe travaille avec l'agence des services financiers et d'autres agences administratives pour créer un marché et faire du Japon un pays développé dans le métavers. D'autres plateformes d'échange de devises virtuelles japonaises impliquées dans le secteur des portefeuilles électroniques y participent également.

### *Sony*

Sony travaille actuellement à la fois sur le portail matériel et sur le contenu et le scénario. Le matériel VR de Sony est une extension de la console de jeu PlayStation, jointe à des

---

<sup>3</sup> Rappelons que le 1<sup>er</sup> avril 2017, le Japon a promulgué la « loi sur les services de paiement », qui reconnaît officiellement le Bitcoin comme une méthode de paiement légale, et fixe des exigences réglementaires claires pour l'échange d'actifs numériques chiffrés.

dispositifs VR grand public, et lui donne, avec une offre de jeux exclusive de qualité, un avantage certain.

Parallèlement, Sony, en tant que groupe mondial de premier plan intégrant les jeux, la musique et le cinéma, possède, outre les jeux, des droits de propriété intellectuelle tels que *Spider-Man*, *Men in Black* et *Peter Rabbit*, ainsi que les droits musicaux d'artistes de renommée mondiale tels que Michael Jackson et Beyoncé. Face au métavers, la valeur des actifs numériques du groupe Sony devrait être réévaluée. Sony s'est d'ailleurs associée à Epic Games pour explorer la convergence numérique de contenus connexes.

L'acquisition d'une participation de 1,4 % dans Epic Games, pour un montant de 250 millions de dollars, permettra au partenariat d'associer les ressources et technologies de pointe de Sony à l'écosystème numérique d'Epic, afin de proposer des expériences uniques aux consommateurs et aux créateurs dans l'ère du métavers.

## Taiwan

### HTC

HTC se structure autour de cinq lignes de produits VR pour étayer sa stratégie alliant matériel et contenu. HTC a été en tête des fabricants de matériel VR de l'industrie dès 2015, avec la coopération de Valve dans le développement du casque HTC VIVE.

L'avantage principal qu'a HTC dans la mise en place de son métavers est que sa gamme de produits de réalité virtuelle est riche et complète, avec une forte part du marché, et a acquis une bonne réputation auprès des utilisateurs. HTC s'attache maintenant à construire sa propre plateforme de jeux VR, Viveport, en portant une grande importance au marché chinois.

## La Corée

Le gouvernement coréen espère jouer un rôle de premier plan dans l'industrie du métavers. En 2025, 2,6 trillions de wons (environ 2,2 milliards de dollars) devraient être consacrés aux technologies métavers, *blockchain* et autres.

L'Office coréen de la technologie et des normes s'efforce de devenir le *leader* technologique mondial dans le métavers. Le ministère sud-coréen de l'Éducation promeut des cours dans le métavers.

Pionnier de la formation de la société du métavers le 8 mai 2021, l'agence coréenne de promotion de l'industrie de l'information et de la communication, en collaboration avec 25 organisations (institut coréen de recherche sur l'électronique et les télécommunications, fédération coréenne de l'industrie mobile, etc.) et entreprises, a créé l'Alliance Métavers, qui vise à construire un écosystème de métavers grâce à la coopération du gouvernement et des entreprises, et à réaliser une plateforme de métavers ouverte dans divers domaines, réels et virtuels. Le consortium compte désormais plus de 500 entreprises et organisations, dont Samsung.

En termes de politique industrielle, le ministère coréen des Sciences et de la Technologie a publié une stratégie de développement de l'économie immersive, qui vise à faire de la Corée l'une des cinq premières économies métavers du monde.

Le 3 novembre 2021, le maire de Séoul a présenté "The Seoul Vision 2030", qui vise à faire de Séoul une ville à la cohabitation aisée, une ville sûre et une ville d'avenir, la ville pour « les émotions du futur ». Dans une première phase, la mairie de Séoul prévoit de construire une plateforme performante appelée Metaverse Seoul, qui proposera une variété de contenus immersifs pour les jeunes, tels que des conférences, des programmes de mentorat ou des salons de l'emploi.

En termes de tourisme, Séoul va construire également des attractions touristiques dans une zone spéciale pour la visite virtuelle de Séoul dans le métavers. Viennent ensuite les services publics, tels que les dépôts de plaintes, la consultation et la réservation d'installations publiques. Tous ces services seront également disponibles dans le métavers pour offrir aux citoyens des services plus pratiques, ce qui améliorera également la ville intelligente de Séoul.

## L'Europe et le Métavers

L'Europe adopte une approche très prudente à l'égard du métavers.

Les textes législatifs tels que la loi européenne sur l'intelligence artificielle, le règlement sur les plateformes commerciales, la loi sur les services numériques et la loi sur les marchés numériques illustrent la manière dont les régulateurs traitent le métavers.

Parmi les positions et tendances possibles figurent une transparence accrue, le respect du choix de l'utilisateur, une protection stricte de la vie privée et des restrictions sur certaines applications à haut risque.

Les législations préfigurent l'attention accrue que l'IA porte aux questions de réglementation et de règles dans le métavers, dans le but de prendre une longueur d'avance sur la gouvernance et les règles, et de protéger ainsi le marché intérieur européen.

Dans ce contexte, le président de la République Emmanuel Macron a proposé de construire un métavers européen, un projet « essentiel » mais déjà difficile à réaliser. L'objectif affiché est de développer le champ culturel en particulier français, mais il n'a pas précisé à ce jour la façon de ne pas dépendre d'agrégateurs anglo-saxons ou chinois, ce qui lui a été reproché dans la presse.

La France a de belles cartes à jouer, car elle dispose de fortes compétences utilisables pour le Métavers. À commencer par son fleuron national, Dassault Systèmes, *leader* mondial des technologies 3D et des jumeaux numériques. Viennent ensuite Ubisoft, spécialiste des jeux vidéo, et Atos, spécialiste des infrastructures à haute performance, nécessaires pour faire fonctionner ces nouvelles technologies. Le panorama se complète bien avec les opérateurs de télécommunication et les *start-up* des cryptomonnaies, comme Ledger.

## Initiatives d'autres pays

### *Émirats arabes unis*

Lieu favori d'expatriation pour les acteurs mondiaux des cryptomonnaies, les Émirats arabes unis sont en train de mettre en place les différentes briques permettant de construire des métavers, principalement dans le domaine des crypto-avoirs.

La Banque centrale des Émirats arabes unis a annoncé une feuille de route de planification pour la période 2023-2026, afin de réaliser le fonctionnement de la CBDC et de faire des Émirats arabes unis l'un des dix premiers pays au monde pour la transformation numérique du secteur financier.

### *Royaume-Uni*

La maison de vente aux enchères britannique Sotheby's a lancé le Sotheby's métavers et a organisé une vente aux enchères spéciale intitulée "Natively Digital 1.2: The Collectors", qui présentait 53 pièces de collections d'art NFT exposées en même temps. Le célèbre studio VR britannique Maze Theory va créer un « fan métavers » autour d'IP (pour *intellectual properties*) et d'univers de fans bien connus.

# Témoignage de l'association France Meta Interview de Pierre PAPERON, président de l'association

Propos recueillis  
par le Général Éric FREYSSINET

## Présentation de Pierre PAPERON

Pierre Paperon est ingénieur des Arts et Métiers et MBA HEC. Il a été consultant et directeur général dans de multiples sociétés dont McKinsey, Havas, Apple, groupe Danone, Lastminute.com... Depuis huit ans, il conseille les gouvernements et les sociétés pour l'utilisation des *blockchains*, des NFT et du Web3 (anti-blanchiment, cinéma, grands crus classés et primeurs, agriculture, stade de foot...). Il a créé, en janvier 2022, l'association France Meta, qui compte 1 300 membres.

Pierre a sept enfants, tenté l'Everest, écrit trois livres et été officier sur le Redoutable pendant deux ans.

## COMMENT DÉFINIR LES MÉTAVERS ?

Comme pour l'Internet à ses débuts mais encore de nos jours, de multiples définitions existent, notamment celle donnée par Mark Zuckerberg au mois d'octobre 2021 : pour faire simple, un univers en trois dimensions, la représentation des individus par un ou plusieurs avatars, et des lunettes de visualisation. Pour beaucoup de mes interlocuteurs, cela paraît trop limitatif et n'inclut pas, par exemple, la *blockchain* et l'intelligence artificielle alors que la tendance actuelle est forte. Je proposerai donc une définition plus opérationnelle et large : le métavers est une représentation d'une réalité accessible à plusieurs personnes qui peuvent échanger et collaborer dans cet univers spécifique.

Parfois, les métavers sont permanents, ce qui permet à ces mondes de garder une mémoire de ce qui s'y passe, l'univers vivant sa propre vie et étant en capacité de recevoir la visite de personnes à tout moment, voire d'y observer des *bots* (automates) qui y évoluent en permanence. C'est une caractéristique présente dans la plupart des cas, mais pas dans tous et cela dépend de la finalité du *metaverse*. Dans un des démonstrateurs monté par nos membres, le métavers du sous-sol (appelé Métavers de Terre par l'équipe), la finalité est de pouvoir découvrir ce sous-sol et notamment tenir des conférences avec de multiples avatars ou personnes présentes dans le sous-sol.

Dans d'autres cas, des métavers ont réuni des millions de personnes pour des concerts... pour un temps donné. Un peu comme une salle de théâtre ouverte puis fermée. Dans Fortnite, qui est un métavers de jeu, c'est une nouvelle session toutes les dix minutes avec un nouvel environnement à chaque fois.

La permanence n'a que peu d'intérêt dans ce cas-là.

S'agissant des avatars eux-mêmes, ils peuvent prendre des formes réalistes ou faisant appel à l'imaginaire. Toutefois, l'univers professionnel fait une supposition d'authenticité de la personne que l'on voit. L'habit fait une partie du moine dans ce monde-là. Et cette règle va s'appliquer dans les métavers même si un peu de fantaisie va être permise. Les codes professionnels ont la vie dure. Pour des univers plus personnels, la porte est grande ouverte à tout type d'avatars. Les réseaux sociaux sont intéressants à observer actuellement, sans que ce soit des avatars, les photos de profils sont améliorées par l'IA, ce qui indique une tendance forte vers du botox virtuel.

## DÉFINITIONS DE WEB3, NFT ET MÉTAVERS

Pour France Meta, le Web3 est le mouvement d'ensemble qui englobe la confluence et toutes les combinaisons possibles de multiples technologies nouvelles ou anciennes : *blockchain*, *tokens* et NFT, intelligence artificielle, *edge computing*, avatars, 3D, vidéo à 360°, métavers...

La technologie *blockchain* nous paraît particulièrement adaptée aux métavers. Le modèle *blockchain* apporte une solution de transmission directe de propriété ou droit de personne à personne, comme Deezer avait pu l'initier en 1998. C'est l'équivalent du *cash* ou de la monnaie fiduciaire, mais en version électronique. Avec pour certains, le souhait de s'émanciper des banques ou des États.

En découlant, le NFT (*non-fungible token*) est clairement une de ces technologies, et permet de certifier et tracer un jumeau numérique (par exemple pour une bouteille de grand cru classé comme cela a été fait). Les NFT sont aussi à l'origine du fort développement de certains métavers comme Sandbox et Decentraland, car le financement de ces plateformes s'est fait au travers de la vente de NFT de surface immobilière.

Les fonctions du *token* ou NFT sont innombrables comme la certification, l'authentification, la traçabilité, la création d'un actif numérique immatériel (surface immobilière, part de film, tonne de CO<sub>2</sub>, CEE de MWh, compte épargne temps...). Par exemple, un fichier PDF tokenisé serait un document avec dans les métadonnées un condensat (*hash*) au format SHA2 permettant d'auto-vérifier que pas un pixel n'a été changé. Cette propriété ou fonctionnalité pourrait servir à éviter l'usurpation d'identité pour 200 000 personnes par an, qui ne sont pas protégées par la carte d'identité dont on ne demande qu'une photocopie ou une numérisation au format PDF aisément falsifiable.

## UNE INTEROPÉRABILITÉ NÉCESSAIRE ?

La tentation est grande pour tous de tenter de s'accaparer une grande part du gâteau Web3. Un peu comme AOL a pu le faire en 1993 en concevant un Internet « fermé » qui a conduit à sa disparition, car les producteurs de contenus sont rapidement devenus des millions à la fin des années 1990. Peu de solutions émergent actuellement en dehors du constat de cette non-interopérabilité qui a donné naissance au Metaverse Standards Forum en juin 2022, qui produit des documents mais dont on peut imaginer la difficulté à faire émerger une solution commune pour les 2 000 entreprises, et dont Apple ne fait pas partie.

Les attendus d'une telle standardisation sont multiples et touchent de nombreux domaines. En premier lieu, l'interopérabilité, sans conteste. En second, les règles de surveillance et de contrôle de ce qui est ou peut se transformer en espace d'insécurité majeur avec un développement incontrôlé de la cybercriminalité, des atteintes aux mineurs ou des blanchiments de fonds en tous genres. En troisième, la définition du cadre légal avec le choix d'une ou plusieurs législations applicables pour ces univers sans ancrage géographique *a priori*. En outre, la propriété, l'immobilier, la fiscalité, le droit de la consommation sont

des questions qui émergent fortement actuellement. L'inclusion des IA dans les métavers soulève des questions encore plus vertigineuses avec leur puissance de génération de réponses, d'images, de nouveaux mondes ou de paradis artificiels.

L'AFNOR a été chargée récemment d'une mission de normalisation, et l'association France Meta participe aux travaux. Même si ces normalisations à venir vont arriver trop tard, être potentiellement désuètes (par exemple, quelle norme pour les avatars conversationnels dotés d'une IA spécifique...) ou encore être « écrasées » par des directives européennes en cours de gestation.

## DES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES POUR LE MÉTAVERS

ChatGPT, motorisé pour l'instant par GPT3.5 et basé sur des données de 2021, ouvre la voie à une intégration très rapide dans les métavers au travers de la réalisation d'avatars conversationnels. Ce sont des personnes vivantes ou décédées, réelles ou virtuelles, à qui il sera possible de poser des questions et de tenir une conversation. Les applications pour les entreprises, les services publics et l'éducation, notamment, sont assez vertigineuses.

Sans aller jusqu'à l'intelligence artificielle, beaucoup d'automates sont déjà en place dans des mondes virtuels. Plus que des contraintes, ce sont pour l'instant leur faible qualité qui permet de les détecter assez rapidement, un peu comme des faux profils sur les réseaux sociaux ou des *bots* sur *Fortnite* qui sont pointés par nos enfants en moins de trois secondes. L'IA va leur donner une capacité d'auto-perfectionnement qui va gommer cette différence encore perceptible entre « réel » et « virtuel fabriqué ».

Et il est bien entendu indispensable de travailler à une identification très claire de ces automates, et même d'avoir une notation pour l'évaluer. La question, très parallèle, est en train de se poser à Amazon qui a vu depuis le début de l'année plus de 250 livres écrits avec de l'IA. Une solution pourrait être une indication du mix réalisé entre l'auteur et l'IA, un peu comme une étiquette pour les produits indiquant leur composition.

Le mouvement métavers a mis en évidence la puissance de l'immersif pour des processus d'apprentissage et de représentation de réalités auxquels on n'a pas un accès direct. Un métavers de sous-sol biologique et vivant est, par exemple, en cours de réalisation pour « immerger » à deux mètres sous la surface un ou plusieurs agriculteurs, et leur faire comprendre l'importance d'une gestion des sols différente avec la visualisation de la capture de carbone par exemple (multipliée par 10).

## ENVISAGER DE NOUVEAUX USAGES POUR LES MÉTAVERS

Nous évoquions plus haut l'application directe à la capture de CO<sub>2</sub> par les agriculteurs. Nous avons aussi proposé au ministère de l'Intérieur la création d'un jumeau numérique d'une cellule de crise, pour former les participants sans qu'ils aient besoin de se déplacer, permettre à des intervenants à distance de participer à la cellule de crise, de mettre à jour les connaissances des uns et des autres sur les informations et visualisations possibles.

Les applications pour les seniors et l'amélioration de leurs capacités neurocognitives est une voie royale me semble-t-il aussi : j'ai pu être au musée de Guggenheim à New York avec ma mère de 87 ans qui était à Nîmes et moi, dans ma ferme dans le Berry.

C'est un regard nouveau sur le monde que permettent ces nouvelles technologies. Par exemple, une réflexion est en cours actuellement avec un acteur pour, lors de son prochain spectacle de théâtre, avoir une captation de l'information en 360° sur scène pendant la

pièce. Le spectateur ne serait plus confiné à une place unique avec un champ de vision unique, mais pourrait se déplacer sur scène, choisir parmi les captations faites et voir au plus près tout autour de lui la pièce.

On peut aller plus loin, et c'est une réflexion en cours avec un réalisateur pour son prochain film, en incluant le spectateur qui aurait aidé à financer le film, sous forme de NFT dans le film lui-même, par une modification digitale d'un des figurants de ce film. Le spectateur devient « spect'acteur ». C'est une révolution copernicienne pour le cinéma que d'autoriser à tous l'entrée dans le grand écran.

Pour les musées, on peut penser que la diffusion de la culture sera bien plus puissante. Par exemple, Miro, qui a beaucoup écrit sur la mystique à l'œuvre dans tout son travail, peut être reconstruit sous forme d'avatar pour commenter et éventuellement tenir une conversation avec les personnes qui vont venir à une de ses expositions ou tout simplement consulter ses œuvres à distance.

Mais le cœur de la révolution attendue va venir de ces avatars que l'on pourra aussi faire à notre image pour accélérer l'apprentissage. Ou bien à celle d'une personnalité sportive qui pourrait enseigner les maths si cela s'avère le plus efficace pour l'éducation.

## POURQUOI CRÉER L'ASSOCIATION FRANCE META ?

La motivation est venue de cette déclamation par Mark Zuckerberg de ce qu'était le métavers. À cette pensée unique ou monothéiste, il nous a semblé utile pour la France d'avoir d'autres éclairages sur ce que pouvait être le métavers comme des métavers 2D proposés par Gather.now ou Workadventu.re, et qui suffissent dans la plupart des cas. L'activité principale est de participer à des salons, répondre à des interviews, écrire des articles pour partager tout ce qui est pertinent et innovant dans cet élan Web3.

Et pour cela, nous ne travaillons pas isolés et avons choisi la voie de la coopération avec d'autres initiatives. Mais c'est complexe à chaque fois, la question du nom, la question de la gouvernance, la question des objectifs poursuivis. En tous cas, l'ambition de France Meta est de faire avancer la réflexion en répondant, par exemple, à des questions comme les autres. Nous défendons l'idée que c'est un univers passionnant, que les technologies immersives ont un potentiel aussi fort qu'Internet en 1993. Et nous restons attentifs au fait que la technologie n'est pas totalement au point, que l'impact écologique doit être pris en compte. Et nous restons polythéistes sur les combinaisons de technologies, ne cherchons pas des souverainetés où c'est trop tard, et nous souhaitons que soit définie une éthique avant une régulation.

Ce que l'association France Meta ne fera pas, c'est travailler pour des intérêts purement commerciaux. Elle doit chercher à valoriser des initiatives qui le méritent, et semblent porteuses de sens et à même d'être des réponses à des problèmes : lutter contre les dérèglements climatiques, contrer l'isolement dans la population senior qui va bientôt représenter un tiers de la population, favoriser l'apprentissage à l'école.

## QUELLE PLACE POUR LES TECHNOLOGIES ET LES SAVOIR-FAIRE FRANÇAIS ?

La liste des technologies et des savoir-faire des entreprises françaises est longue à faire. Les *start-up* sont présentes, les financements aussi. Il manque néanmoins une vision politique claire et éclairée sur ce sujet Web3 ou métavers. Les propositions faites dans le cadre de l'AMI de France 2030 pour avoir un "métavers *as a service*" qui serait le WordPress du Web3, ou bien encore « l'université européenne de l'innovation cinématographique » qui

intègre les effets spéciaux et la possibilité pour tout un chacun de devenir figurant dans n'importe quel film (par remplacement dans la copie digitale), n'ont pas su éveiller un intérêt justifiant la subvention malgré un impact assez évident.

À l'échelle européenne, en dehors de quelques initiatives nationales, nous voyons bien peu de sources d'inspiration, et sommes plutôt étonnés du réflexe de régulation qui vient à nouveau de nos instances européennes. Il n'a toujours pas été compris qu'il ne sert à rien de freiner ou d'encadrer des pratiques à leur naissance. Il est bien plus efficace de prendre de l'avance et d'orienter leur application vers des utilités plus souhaitables pour notre civilisation. La régulation doit venir ensuite pour éviter les distorsions ou contournements évidemment mis en œuvre par certains.

## N'EST-CE FINALEMENT QU'UNE MODE POUR CERTAINS INVESTISSEURS ?

Oui, certains comme la société américaine Meta sont partis bien trop vite pour, peut-être, trouver une solution à leur baisse d'audience, ce que l'on appelle en entreprise des relais de croissance. L'adoption massive est déjà là avec le *gaming* et ses 500 millions d'utilisateurs mensuels. Et ce sont des applications spécifiques comme celles mentionnées ci-avant qui vont permettre un élargissement progressif et fort au-delà des *gamers*. Pour l'internet et le *e-commerce*, c'est le voyage qui a joué ce rôle-là à partir de 2002. Pour les métavers, ce pourraient être les rencontres ou les univers éducatifs boostés par les avatars et l'IA, qui pourraient ouvrir la voie à cette propagation à plus de deux milliards de personnes.

# Quel est le réel potentiel du métavers ?

Par Frédéric CAVAZZA  
Marketing Technologist

Concept issu de la littérature cyberpunk des années 1980, le métavers déchaîne les passions des *geeks* et entrepreneurs depuis la réorientation stratégique de Facebook en 2021, qui en a fait son nouveau levier de développement. Point de convergence d'une grande diversité d'usages, le métavers cristallise les espoirs et les craintes de nombreux observateurs dont l'appréhension du potentiel est brouillée par des projets dont l'unique objectif est de réaliser une plus-value rapide reposant sur des promesses qu'ils seront incapables de tenir. Pour bien comprendre ce qu'est ou n'est pas le métavers, il faut prendre du recul et mettre de côté ses *a priori* afin d'en avoir une perception pragmatique et surtout réaliste. Non, le métavers n'est pas l'avenir du *web*, ce n'est pas non plus une technologie disruptive, c'est un terme générique pour décrire un média immersif qui englobe des jeux en ligne et univers virtuels déjà exploités par des centaines de millions d'utilisateurs, ainsi que des services novateurs plus ou moins mûrs dont la viabilité reste encore à prouver. Tenez-le pour acquis : les joueurs d'aujourd'hui sont les utilisateurs virtuels de demain.

Le métavers est assurément le sujet qui a fait le plus de bruit en 2022 dans le milieu des nouvelles technologies. Si l'engouement médiatique est retombé, le sujet est toujours aussi insaisissable et clivant, alimentant les débats entre les prosélytes et les détracteurs. Des discussions enflammées qui compliquent la compréhension de ce qu'est le métavers et du potentiel qu'il représente.

Pour bien appréhender son potentiel, il faut dans un premier temps définir ce qu'est le métavers, étudier ses origines ainsi que l'évolution des technologies et usages, de même que prendre en compte les contraintes et obstacles à franchir avant son éventuel déploiement à grande échelle.

## UN CONCEPT LITTÉRAIRE QUI CONCENTRE LES ESPOIRS ET LES CRAINTES LIÉS AUX USAGES NUMÉRIQUES

La première chose à savoir sur le métavers est que ce n'est ni une technologie, ni une innovation. C'est un concept issu de la littérature de science-fiction des années 1980, et plus particulièrement du mouvement cyberpunk animé par des auteurs comme William Gibson ou Neal Stephenson avec des livres fondateurs comme *Neuromancien* (1984) ou *Le Samouraï virtuel* (1992). Il est d'emblée intéressant de constater que ce concept est né dans la tête d'écrivains qui ne sont pas informaticiens de formation, à une époque où les ordinateurs pouvaient à peine faire tourner une interface graphique. N'est-ce pas surprenant de décrire les futurs usages numériques du XXI<sup>e</sup> siècle en s'appuyant sur des romans publiés au siècle dernier ? Trouveriez-vous pertinent de théoriser l'évolution des usages numériques en utilisant des concepts comme le cyberspace ou les autoroutes de

l'information ? Pourtant, c'est ce que fait le marché en décrétant l'avènement du métavers comme une évidence.

C'est en constatant l'énorme décalage entre ce qu'était l'outil informatique dans les années 1980 et ce que proposent les supports et terminaux numériques aujourd'hui, et *a fortiori* dans les prochaines années, que l'on se rend compte que les débats autour du métavers sont faussés. Il nous faut revenir aux fondamentaux pour bien aborder le sujet et en comprendre les subtilités.

S'il n'existe pas de définition communément admise, nous pouvons néanmoins décrire le métavers comme un média immersif, où les utilisateurs vivent des expériences ludiques et sociales à travers des avatars évoluant dans des environnements virtuels persistants. Selon cette définition, le métavers couvre un champ d'applications très vaste qui englobe des usages d'ores et déjà très répandus comme les jeux en ligne, les univers virtuels ou les applications d'avatars.

Vous noterez que nous avons déjà connu un phénomène similaire d'engouement médiatique il y a quinze ans avec la découverte par le grand public du concept d'univers virtuel, et de Second Life en particulier. Un engouement qui depuis est largement retombé, car les espoirs et promesses de l'époque se sont heurtés à de nombreuses contraintes. De façon surprenante, si l'engouement médiatique pour les environnements virtuels est revenu, l'expérience proposée par les univers virtuels de référence est très proche de celle de l'époque.



Figure 1. Second Life et Decentraland (Source : FredCavazza.net, 2022).

Le marché est-il en train de reproduire les mêmes erreurs ? Nous pourrions le penser, mais la réorientation stratégique de Facebook et la présence de nombreuses marques exploitant les supports virtuels à des fins publicitaires sont des signaux forts qui nous font douter. Mais le plus troublant dans cette frénésie est que sous la bannière du métavers se côtoient le pire et le meilleur : des projets uniquement motivés par l'opportunité de profits rapides, et des services extrêmement populaires qui rassemblent des centaines de millions d'utilisateurs.

## UNE LARGE GAMME D'USAGES

Décrire le métavers est un exercice difficile, car cette notion regroupe de nombreux usages avec différents niveaux de maturité et potentiels de croissance. Parmi ce foisonnement d'usages, nous pouvons néanmoins distinguer :

- des services parfaitement viables et institutionnalisés comme les jeux en ligne massivement multi-joueurs pour le grand public (ex. : *Fortnite*, *Roblox*, *Minecraft*...) ou les outils de simulation pour les entreprises (ex. : Nvidia Omniverse ou Azure Digital Twins de Microsoft) ;

- des services largement surcotés comme les univers virtuels décentralisés (ex. : Decentraland) ou les solutions de collaboration virtuelle (ex. : Facebook Horizon Workplace, Microsoft Mesh) ;
- des services à très fort potentiel comme les simulations ludiques d'exploration et de gestion dans lesquelles des millions d'utilisateurs développent des activités sociales et économiques parallèles (ex. : Star Citizen), ou les applications d'avatars comme ZEPETO qui annonce 250 M d'utilisateurs sur *smartphone* ;
- des services innovants, mais dont la viabilité reste à confirmer comme les bacs à sable virtuels (ex. : Horizon World) et les solutions de formation virtuelle (ex. : MetaKwark).

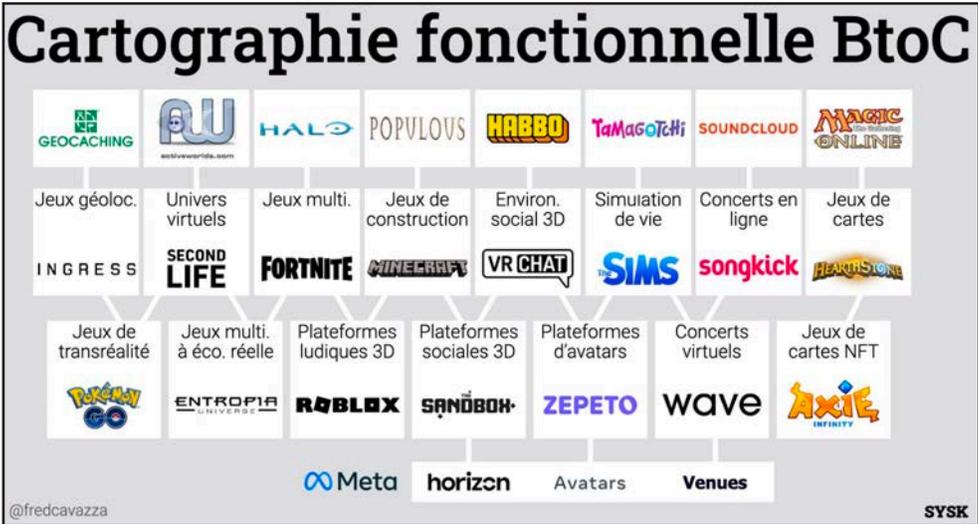


Figure 2. Cartographie fonctionnelle BtoC (Source : SYSK, 2022).

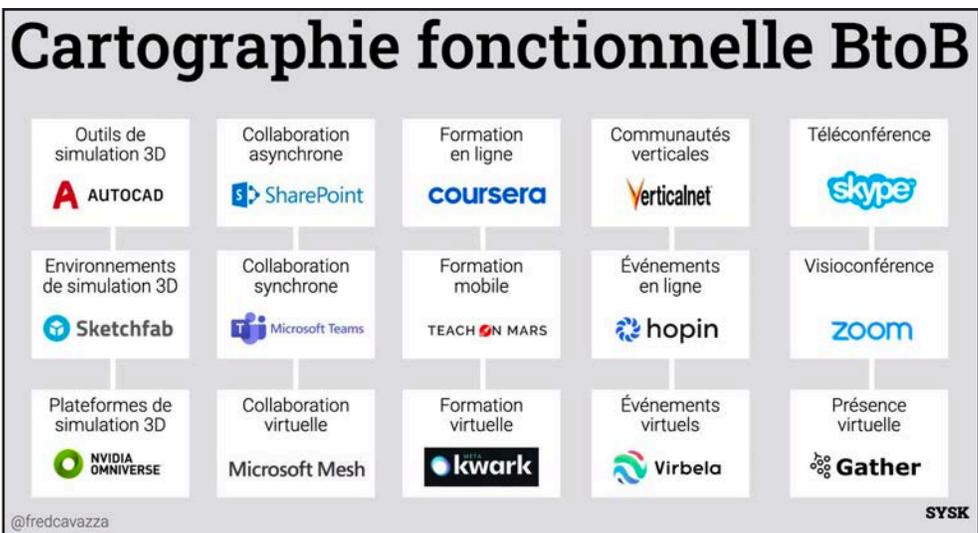


Figure 3. Cartographie fonctionnelle BtoB (Source : SYSK, 2022).

Comme vous pouvez le constater, le métavers est un concept « souple » qui englobe beaucoup d'usages (des jeux vidéo au Web3). Il concentre les espoirs et fantasmes des *geeks*, visionnaires et entrepreneurs peu scrupuleux, un peu comme les cryptomonnaies l'étaient avant l'effondrement du marché. Il y a ici un parallèle intéressant à faire avec tous les services qui reposent sur la *blockchain* : le potentiel est réel, mais il se heurte à de nombreuses contraintes pour pouvoir être déployé à grande échelle. Il en va de même pour le métavers.

## DES CONTRAINTES TECHNIQUES, FONCTIONNELLES ET MARCHANDES QUI ANNIHILENT L'ESPOIR D'UN MÉTAVERS UNIVERSEL

Tel que décrit dans les médias ou les œuvres de fiction comme le film *Ready Player One* (Steven Spielberg, 2018), le métavers universel et gratuit n'existera probablement jamais, car il faudrait pour cela résoudre des problèmes techniques, fonctionnels et économiques quasiment insolubles.

D'un point de vue technique, la compatibilité entre les univers est une caractéristique extrêmement complexe. Les jeux vidéo et environnements 3D sont ainsi tous conçus à l'aide de moteurs de rendu qui ne sont pas compatibles entre eux (ex. : Unreal Engine, Unity, Cry Engine, Frostbyte...). Il est éventuellement possible d'importer les mêmes modèles ou environnements 3D dans ces différents moteurs, mais il subsiste un très gros travail d'adaptation pour pouvoir intégrer ces éléments génériques.

Ceci nous amène à un deuxième problème de nature fonctionnelle et commerciale : les nombreux environnements virtuels (jeux en ligne, applications mobiles...) proposent des expériences très différentes répondant à des logiques ergonomiques et économiques divergentes. Forcer l'interopérabilité entre ces services reviendrait à niveler le rendu graphique et les fonctionnalités sur un plus petit dénominateur commun, qui rendrait l'expérience insipide. Il existe ainsi une technologie ouverte et standardisée pour pouvoir créer des environnements virtuels décentralisés : OpenSimulator, qui existe depuis quasiment vingt ans, mais qui ne remporte qu'un succès très limité tant l'expérience est pauvre.

De plus, les éditeurs d'un service en ligne dont le modèle économique repose sur la vente d'items virtuels n'accepteraient jamais la possibilité de pouvoir importer des objets achetés ailleurs. Tout comme vous ne pouvez pas boire le vin que vous amenez avec vous dans un restaurant, vous ne pouvez pas utiliser dans *Fortnite* les armes achetées dans *Call of Duty*, et inversement. Rien que la portabilité des sauvegardes pour un même jeu entre différents supports est un sacré casse-tête (ex. : exporter une sauvegarde depuis une Playstation vers une Xbox). Il n'y a que les jeux récents d'Ubisoft qui la proposent.

Il y a enfin un problème économique à ne pas négliger, car si 95 % des adultes possèdent un *smartphone* en France, seuls 20 % sont équipés d'une montre connectée et à peine 5 % d'un casque de réalité virtuelle, soit moins de 3 M de personnes. Le pouvoir d'achat est ici un évident facteur limitant, car tout le monde ne peut pas se payer un casque à plus de 500 € en plus des autres équipements qui sont à renouveler fréquemment (ex. : *smartphones*, ordinateurs...). Et là, nous ne mentionnons même pas les hypothétiques lunettes de réalité augmentée d'Apple qui devraient dépasser la barre symbolique des 2 000 \$.

S'obstiner à voir le métavers comme un environnement virtuel ouvert, universel et libre de droits est une illusion. Même dans dix ans, les conditions de réalisation ne seront pas réunies. Ceci étant dit, le potentiel reste intact pour les services déjà disponibles qui ne remplissent qu'une partie de ces conditions, mais rassemblent des dizaines de millions d'utilisateurs (ex. : *Fortnite*, *Roblox*, ZEPETO...).

## UNE CHIMÈRE QUI CACHE DES USAGES BIEN RÉELS

Si la poursuite d'un idéal est vaine (le métavers tel que décrit dans les œuvres de fiction), nous avons maintenant le recul pour mieux apprécier les différentes composantes du métavers, celles qui représentent aujourd'hui des usages et revenus bien réels.

De l'état actuel du marché et des usages, nous pouvons tirer différents enseignements :

- Les loisirs numériques ont été un refuge pendant le confinement, ils sont maintenant une habitude bien ancrée dans le quotidien de nombreux utilisateurs. Le secteur des jeux vidéo approche ainsi les 200 Md\$ de revenus en 2022. Un marché des biens et services numériques que personne ne peut remettre en cause (ex. : tenues et accessoires virtuels pour avatars, concerts virtuels, influenceurs virtuels...).
- La réalité virtuelle est un marché de niche tiré par les logiciels et plus particulièrement les jeux (ex. : *Job Simulator*, *Beat Saber*...), pour lesquels il y a des progrès réguliers et notables qui entretiennent une base solide d'*aficionados*.
- La réalité augmentée est un marché de niche tiré par le matériel (ex. : Google Glass, Microsoft Hololens...) très en avance de phase. Les contraintes techniques à respecter sont aujourd'hui quasiment insolubles (une énorme puissance de calcul à faire rentrer dans des branches de lunettes qui ne doivent pas dépasser les 200 g). Autant dire qu'il n'y aura pas « d'effet iPhone » avant de nombreuses années (irruption d'un produit qui devient la référence du marché).

Ce dernier point est particulièrement crucial à comprendre : l'attention des médias se focalise sur les applications de réalité alternée (augmentée, virtuelle ou mixte), alors que l'essentiel des usages apparentés au métavers se fait sur les *smartphones* dont il y a plus de 5 milliards d'unités dans le monde contre moins d'1 milliard d'ordinateurs et à peine 250 millions de consoles de jeu. Selon cet angle de vue, la course au métavers est déjà perdue d'avance pour Meta puisque Google et Apple règnent en maîtres sur les *smartphones* (maîtrise du matériel, du système d'exploitation et des applications distribuées *via les app stores*).

Tous ces paramètres de marché expliquent pourquoi il est extrêmement délicat d'évaluer le potentiel réel du métavers. Ce qui est certain, c'est que son appréhension est clairement brouillée par une vision utopique propagée par les médias. Et puisque l'on parle d'eux, il semble évident que les principaux perdants de l'avènement du métavers seront les médias traditionnels (TV, radio, presse, cinéma...), dont la consommation s'amenuise irrémédiablement à mesure que les loisirs numériques gagnent en sophistication et en popularité. Ceci explique certainement pourquoi ils véhiculent une image déformée de ce qu'est le métavers ainsi que de son potentiel.

# Le métavers au service de la mode et du luxe ?

Par Pascal MORAND et Marine PEYROL  
Fédération de la Haute Couture et de la Mode

La révolution numérique se poursuit inexorablement, et envahit le monde et notre vie. L'arrivée du métavers, stimulée par celle du Web3, symbolise la vive accélération de la virtualisation. Le métavers est une source de créativité augmentée, de nouvelles formes de déploiement de l'imaginaire, de nouvelles expériences individuelles et collectives. L'article montre en quoi il est naturel aux marques de mode et de luxe de s'en emparer. Il explicite les innovations qui en résultent et leurs modalités. Il se penche également sur ses limites ainsi que sur son impact sur l'identité humaine et l'altérité, et sur le rapport à la mode et au luxe qui peut en résulter.

La révolution numérique se poursuit inexorablement, et envahit le monde et notre vie, symbolisée par des vagues de concepts qui se succèdent et font l'objet d'engouements et de focalisation. Après celle du *big data* se sont déversées celles du Web2.0, de la réalité augmentée, de la *blockchain*, de l'intelligence artificielle, du métavers et du Web3, sans oublier la mise en lumière au cours des mêmes années des nouveaux attributs de la fabrication additive et de la robotique, qui a établi un lien direct avec la « réalité » ou plutôt le monde en trois dimensions qui nous est familier. Bien entendu, ces différents concepts et leur matérialisation interagissent entre eux. Ils aident les acteurs de l'économie, de la culture, de la politique, et plus généralement de la société à s'emparer des nouvelles technologies, à mieux comprendre les interactions, à en explorer la teneur et les potentialités. Ce fut ces dernières années au tour du métavers de faire irruption dans les médias et dans les conversations, formelles et informelles, de donner lieu à des projets stratégiques de grande ampleur tout comme à une floraison de *start-up* partout dans le monde. Pour autant, les mondes virtuels étaient déjà répandus, à l'instar de *Second Life*, qui a vu le jour en 2003<sup>1</sup>. C'est la maturité des technologies sous-jacentes qui a conduit à considérer qu'était venu le temps du métavers. D'autres concepts et enjeux reviennent aujourd'hui au premier plan, au premier rang desquels l'intelligence artificielle. Mais le métavers est devenu entre temps un nom commun désignant un nouveau royaume de l'imaginaire qui peut représenter un espace autonome, et l'on parle alors d'un métavers, ou bien l'espace illimité du nouveau monde virtuel, et l'on parle alors du métavers comme ensemble de tout ce qui existe.

La mode et le luxe s'y sont logiquement intéressés, car ils forment un laboratoire de l'économie et de la société qui annonce toujours les tendances à venir. Cela vaut pour tous les facteurs de transformation digitale. La mode fut ainsi le premier secteur de l'économie, il y a plus de trente ans, à mettre à profit les technologies de l'information et de

---

<sup>1</sup> Une recherche basée sur une étude quantitative de 580 avatars de *Second Life* a conduit Michael Haenlein et Andreas Kaplan à conclure que ses résidents ne voyaient que peu de différences, voire aucune, entre leur vie réelle et leur vie virtuelle ("The fairy land of *Second Life*: About virtual social words and how to use them", *Business Horizons*, 52, 2009).

la communication pour reconfigurer sa chaîne de valeur industrielle<sup>2</sup>. Par le rôle qu’y tient l’image, elle a très rapidement, et avec la plus grande dextérité, saisi l’opportunité que représentent les réseaux sociaux et est à présent le plus important utilisateur d’Instagram. Ce faisant, le métavers est un terrain de jeu particulièrement adapté à la mode et au luxe.

## LE METAVERS, LA MODE ET LE LUXE, DES FIANÇAILLES NATURELLES

Pour comprendre pourquoi la mode et le luxe se sont appropriés le métavers avec le plus grand naturel, il faut en revenir à la source même du concept, tel qu’il a été fondé par Neal Stephenson en 1992 dans *Snow Crash*, monument de la littérature postcyberpunk<sup>3</sup>. Le mot lui-même est caractérisé dans la langue anglaise comme porte-manteau, car il en réunit deux, résultant de ce que Neal Stephenson n’appréciait pas les termes de réalité augmentée et réalité virtuelle. Mode et luxe donnent pourtant lieu à une représentation du temps structurellement différente de celle de la science-fiction. La mode est par définition ici et maintenant. Le luxe s’attache à la stabilité dans la durée, par la qualité des produits et la valeur symbolique qui le caractérisent, davantage qu’à la transformation du monde. Mais quatre facteurs confèrent à la mode et au luxe, plus qu’à d’autres, un désir de métavers.

En premier lieu, il représente une grande opportunité d’exercice de la créativité, ce que la mode affectionne. Il faut distinguer ici les marques qui sont tournées vers la création (*creativity-driven*), qui pratiquent un marketing de l’offre, et celles qui sont tournées vers le consommateur (*consumer-driven*). Ce sont les premières, où les créateurs de mode / directeurs artistiques jouent un rôle de premier plan, qui sont directement concernées. Il ne s’agit pas pour elles de mésestimer les consommateurs mais de concevoir une offre à dimension esthétique générant une désirabilité, sans que prime *a priori* l’aspiration à satisfaire une demande et des besoins. Lorsque la création se conjugue à un savoir-faire de grande qualité, le paradigme de la mode rejoint celui du luxe. Réciproquement, le luxe se rapproche de la mode lorsqu’il associe à son héritage culturel une vitalité créative. Le métavers est dès lors un facteur de créativité augmentée. Le second facteur de proximité est la place déterminante que tient l’imaginaire dans la mode et le luxe. Il est plus général que le premier, car si la création génère par nature un imaginaire, l’imaginaire d’une marque ne suppose pas nécessairement un acte créatif s’il est arrimé à un patrimoine immatériel important. Le métavers ainsi peut soutenir la déclinaison de tout imaginaire de la mode et du luxe, de la même manière que la présentation immersive d’une œuvre d’art ou d’une exposition peut enrichir leur visibilité et leur perception sensorielle et émotionnelle. Le troisième facteur se rapporte au désir d’œuvre d’art totale (*Gesamtkunstwerk*) qui transparaît dans les défilés de mode, où l’enjeu est d’intégrer les collections dans un univers scénographique associant d’autres disciplines des industries culturelles et créatives. Le métavers est alors un moyen parmi d’autres de créer une expérience polysensorielle cohérente. Le quatrième et dernier facteur tient au rôle plus général que tient l’expérience dans la mode et le luxe, également en termes de design et d’usage. Il y a certes bien longtemps que s’est répandu le marketing expérientiel dans tous les compartiments de l’économie. Un acte d’achat tout comme l’usage d’un produit sont aujourd’hui vécus comme des expériences, qu’il s’agisse de l’entreprise ou du consommateur. Le métavers va plus loin, car il offre la possibilité à un client ou à un membre de la communauté d’une marque de se mouvoir dans un monde virtuel. En résumé, création,

<sup>2</sup> Voir Richard Baldwin, “Globalisation, the great unbundling”, Prime Minister’s Office, Economic Council of Finland, 2006.

<sup>3</sup> Sa traduction française est parue sous le titre *Le samouraï virtuel* (Robert Laffont, 1996).

imaginaire, œuvre d'art totale, expérience, sont des attributs du capitalisme esthétique, où la mode et le luxe sont particulièrement à l'aise pour s'approprier des technologies qui leur permettent d'aller plus loin, et qui s'exercent conjointement.

Sous un autre angle, la digitalisation s'est vivement accélérée depuis la pandémie et le métavers a bénéficié de cet effet d'aubaine. Elle a en effet ouvert de nouvelles perspectives de création, de communication et de commercialisation au moment même où les déplacements physiques étaient impossibles ou au moins très limités. Il fallait recréer un nouveau monde, transposer les activités dans un univers digitalisé, se diriger vers une nouvelle frontière éclairée par des explorateurs embarquant avec eux de multiples communautés et partageant la conviction chevillée au corps que métavers et univers « classique » seraient appelés à converger. Encore fallait-il savoir quels chemins emprunter dans le dédale des métavers fermés les uns aux autres, et dans le contexte d'une grammaire métaverselle encore balbutiante<sup>4</sup>.

## LE METAVERS, CATALYSEUR DE DÉSIRABILITÉ DE MODE ET DE LUXE

Dans la mode et le luxe, le mot métavers a été parfois utilisé pour illustrer des expériences encore assujetties au Web2.0, et donc se limitant à proposer des expériences supposant une posture passive des utilisateurs. L'usage du qualificatif de métavers a fait alors référence aux progrès réalisés en matière de visualisation en 3D, en statique et en mouvement. Une véritable mutation a eu lieu avec l'avènement du Web3, qui a permis de placer les utilisateurs dans une position active. Ce qui était déjà parvenu à maturité dans les jeux vidéo s'est déployé plus largement, rendant possibles de nouvelles pratiques d'immersion qui ont pu faire usage d'accessoires tels que les casques communément répandus en réalité virtuelle, mais tendent désormais à s'en défaire. Si bien que les audiences, qui jusqu'alors ne pouvaient interagir que de manière limitée avec les marques ou autres audiences connectées, à l'image des *likes* sur les réseaux sociaux, sont devenues proactives, prenant aisément part à ces nouvelles expériences de l'imaginaire, et ce de différentes manières.

- Le premier scénario est celui de la participation active et individuelle dans un univers ouvert. Il s'agit des initiatives qui, suivant le modèle des jeux vidéo, permettent aux audiences d'explorer un imaginaire commun ouvert à tous, de s'y déplacer, de personnaliser les actions et interactions, et ainsi de vivre une expérience immersive entièrement personnalisée<sup>5</sup>.
- Le second scénario est celui de la participation active individuelle dans un environnement fermé. Comme dans le cas précédent, l'expérience est immersive mais réservée à un ensemble fermé d'utilisateurs. Ceux-ci sont sélectionnés par les maisons qui ont décidé de leur offrir une forme de privilège, comme elles le font sur un plan plus général pour les VIP et les VIC (*very important clients*). L'expérience peut concerner des événements, des objets, des collections, etc.<sup>6</sup>.

---

<sup>4</sup> S'attachant à conjurer les méfaits d'un cloisonnement généralisé, Neal Stephenson a initié en 2022 un métavers en *open source* dénommé LAMINA1.

<sup>5</sup> Balenciaga a ainsi proposé un *show* sous forme de jeu vidéo pour sa collection automne-hiver 2021, « Balenciaga The Age of Tomorrow : immersion dans une vie augmentée », <https://www.showstudio.com/news/balenciaga-propose-a-life-in-augmented-reality>

<sup>6</sup> Dolce Gabbana a créé dans ce registre The #DGFfamily, un programme réservé aux détenteurs de NFT Boxes, proposant différents types d'expériences selon la boîte détenue.

- Le troisième scénario est celui de la participation active et collective dans un univers ouvert. Les univers multiversels incorporent alors un niveau supplémentaire d'interaction et d'immersion, en permettant aux utilisateurs de s'y retrouver et de co-construire l'imaginaire. On passe ainsi de l'échelle individuelle à l'échelle communautaire<sup>7</sup>.
- Le quatrième scénario est celui de la participation active et collective dans un univers fermé, où est renforcé le sentiment d'appartenance à la communauté concernée, à la manière d'un club privé<sup>8</sup>.

De surcroît, le métavers ne se contente pas de forger de nouveaux univers où se meuvent des personnages existants ou imaginés ainsi que des produits sublimés. Accompagné d'autres technologies, il conduit à l'apparition d'objets que l'on peut qualifier de métaproducts. C'est ainsi que nous assistons à la multiplication d'objets virtuels, sous la forme de jetons virtuels (NFT), qui participent fortement de l'expérience dans les écosystèmes métaversels. Rien n'empêche que ces vêtements, accessoires et autres objets purement numériques soient portés par des avatars communiquant entre eux. À cela s'ajoute une nouvelle forme de liberté créative qui s'affranchit des contraintes des univers physiques tridimensionnels, qu'il s'agisse de modélisme ou de production. Ainsi avons-nous vu surgir la robe Flamme<sup>9</sup> de Balmain et des collections inspirées par le biomimétisme imaginées par la marque de mode virtuelle Auroboros<sup>10</sup>. Au surplus, certaines maisons proposent des expériences où les avatars sont tous à l'origine identiques, mais se façonnent au fur et à mesure de leur déambulation et expérimentation au sein de l'univers virtuel, pour devenir à l'issue de leur voyage des créations originales et uniques<sup>11</sup>. Il n'est pas rare de constater un engouement pour des robes ou des *sneakers* strictement virtuels, dont le prix peut s'élever à plusieurs centaines d'euros, susceptibles d'être diffusés en édition limitée et de bénéficier ainsi de la propriété de rareté chère au luxe<sup>12</sup>. De nouvelles ambitions artistiques apparaissent également, sous la forme d'œuvres picturales ou d'objets imaginés dans le métavers et présentés sous cloche<sup>13</sup>. Ainsi, un métasoulier peut-il aisément devenir un objet d'art ou être considéré comme tel, parmi d'autres convoités par des crypto-collectionneurs détenteurs de monnaies virtuelles basées sur la *blockchain*.

## MODE, LUXE, CONSCIENCE DE SOI

Les expérimentations virtuelles à venir doivent continuer d'être alignées sur les principes de la mode et du luxe. Se référer à la mode obéit à une logique intemporelle et invariante : « hyéroglypher » son apparence, pour reprendre le mot de Balzac, en affirmant son identité dans un cadre codé fixé par les tendances du moment et les nouveaux référents nés de

<sup>7</sup> C'est le cas de la Metaverse Fashion Week dans laquelle les avatars des participants peuvent interagir avec les marques présentes et les avatars des autres participants.

<sup>8</sup> Le Bristol, célèbre hôtel parisien, a annoncé la création d'un club privé dans le métavers, qui sera réservé aux onze détenteurs de sa collection NFT.

<sup>9</sup> "Olivier Rousteing and Elizabeth von Guttman on Balmain's foray into virtual fashion", *Vogue Singapore*, 25 août 2021, <https://vogue.sg/balmain-nft/>

<sup>10</sup> Biomimicry Collection, Auroboros, Victoria and Albert Museum, Londres, septembre 2021, <https://www.dezeen.com/2021/11/15/auroboros-biomimicry-dress-crystalises-transforms-real-time/>

<sup>11</sup> Gucci Garden, Roblox, <https://blog.roblox.com/fr/2021/05/lexperience-gucci-garden-debarque-sur-roblox/>

<sup>12</sup> "Dolce & Gabbana just set a \$6 million record for fashion NFTs", *New York Times*, 4 octobre 2021, <https://www.nytimes.com/2021/10/04/style/dolce-gabbana-nft.html>

<sup>13</sup> « À l'issue de l'enchère, en plus des chaussures numériques, les heureux gagnants recevront aussi une paire physique au cœur d'une vitrine en verre », *Vogue France*, 19 janvier 2022.

l'imaginaire des créateurs de mode, qui agissent comme des aimants. Le luxe, quant à lui, permet plus que jamais d'exprimer et démontrer une forme de réussite par l'ostentation, tout comme de donner accès à des produits et services exhalant raffinement et volupté. Ces caractéristiques symbolisent le fait que la fonctionnalité des objets concernés par la mode et le luxe est un enjeu de second ordre. Ce sont l'affect et le signe qu'ils communiquent qui tiennent un rôle primordial, ainsi que leur substance, qui conditionne leur qualité dans le monde physique et prend un autre sens dans le monde digital. On peut dès lors imaginer que du métavers, au sens le plus large, vont jaillir de toutes parts de nouveaux objets de mode et de luxe pleinement affranchis du monde réel y compris dans leur forme et leur usage.

Jusqu'où peut aller la virtualisation ? Elle semble illimitée, d'autant que l'image digitale contemporaine, dans la lignée du cinéma, ne procure pas moins d'émotions qu'une scène de la vie réelle, et qu'il a été par ailleurs démontré que les réseaux sociaux peuvent conduire à une production d'ocytocine qui ne souffre pas de leur caractère immatériel. L'empathie elle-même peut s'ancrer en profondeur auprès des avatars, comme en témoigne l'engouement que suscitent les stars strictement digitales, ou dans un autre registre les sentiments forts que les humains peuvent nourrir vis-à-vis des robots<sup>14</sup>. Et l'on peut imaginer une virtualisation du champ concurrentiel, où la location et la seconde main verront le jour sous une nouvelle forme, où les enjeux de propriété intellectuelle se multiplieront, où de nouveaux acteurs pourront s'imposer dans la mode et le luxe<sup>15</sup>.

Pour autant le succès spectaculaire des marques de création et de luxe, qui n'a fait que se conforter ces dernières années, témoigne de la permanence des valeurs qui les animent. On ne doit pas y lire une sorte de chant du cygne ou de sursis revigorant mais éphémère, avant que le monde physique ne s'affaisse, car l'émotionnalité, s'agissant de la mode et du luxe comme de bien d'autres domaines, est indissociable de la sensorialité. Qu'il s'agisse du monde physique ou du monde virtuel, celle-ci est dictée par nos cinq sens, au moins, puisque la neuroscience contemporaine nous a démontré que les sens sont en fait beaucoup plus nombreux. Quoi qu'il en soit et pour illustration, la combinaison de la résolution, du sens des contrastes et du sens de la profondeur de la vision humaine, qui est aussi particulière qu'elle est excellente, est loin d'être reproduite à l'identique par l'image digitale<sup>16</sup>, les technologies haptiques ne font encore que balbutier et il en est de même pour celles qui concernent le goût et l'odorat. Ces décalages sensoriels constituent d'ailleurs l'un des facteurs conduisant à ce que la Fashion Week *online*, créée lors de la pandémie, s'est superposée à la Fashion Week physique après le retour à la normale, alors qu'il a été dit et écrit qu'elle s'y substituerait. Le besoin de sensations physiques s'est même encore accru tandis que la révolution numérique s'accélérait lors de cette période, par un effet unanimement désiré d'équilibrage des sensations qui, sinon, auraient par trop penché du côté du digital, ce qui aurait provoqué un effet de privation sensorielle.

Le métavers a exacerbé le principe énoncé par le philosophe irlandais George Berkeley au XVIII<sup>e</sup> siècle, selon lequel n'existe que ce qui est perçu<sup>17</sup>. Et il est certain que la

---

<sup>14</sup> Cette mutation du champ de l'altérité a été analysée en profondeur par Paul Dumouchel et Luisa Damiano dans *Vivre avec les robots ; essai sur l'empathie artificielle*, Seuil, 2016.

<sup>15</sup> Lors des Rencontres internationales de la Mode s'étant tenues en 2022 à Hyères, qui ont porté sur le métavers et ses enjeux, dans le cadre du Festival international de mode, photographie et accessoires, François Bourdoncle a évoqué la possibilité d'un basculement du marché issu de la virtualisation des référents sémiologiques des objets, dont bénéficieraient les grands acteurs de la *tech*, au détriment de ceux de la mode et du luxe.

<sup>16</sup> « Le semi-flop de la première "Metaverse Fashion Week" », *Le Figaro*, 28 mars 2022, <https://www.lefigaro.fr/industrie-mode/le-semi-flop-de-la-premiere-metaverse-fashion-week-20220328>

<sup>17</sup> *Esse est percipi aut percipere* (Exister, c'est être perçu ou percevoir) est l'exacte formule de Berkeley, qui fait pendant au *cogito* cartésien.

substitution du monde digital au monde physique est un fait fréquent, qui ne fera que s'ancre avec le temps. Toutefois, en matière de mode et de luxe comme dans bien d'autres domaines, le corps et l'esprit ne font qu'un. L'oublier reviendrait à retomber dans l'écueil cartésien du dualisme du corps et de l'âme<sup>18</sup>. La perspective de l'identité numérique pure dans le métavers rappelle également l'image du fantôme dans la machine, utilisée par le philosophe anglais Gilbert Ryle pour évoquer la représentation cartésienne d'un esprit lévitant et d'un corps décrit comme mécanique<sup>19</sup>. En résumé, si le métavers, en accentuant la fragmentation du moi<sup>20</sup>, est amené à multiplier les réalités de la mode et du luxe, leur sens premier n'en sera pas pour autant structurellement endommagé tant il est intimement lié à l'osmose naturelle et indépassable de la force de l'esprit et de la vitalité sensorielle.

---

<sup>18</sup> Des auteurs contemporains, au premier rang desquels Antonio Damasio et Alain Berthoz, ont dénoncé le dualisme et reformulé la relation corps / esprit sur une base scientifique. Voir par exemple Antonio Damasio, *L'erreur de Descartes*, Odile Jacob, 1995 ; et Alain Berthoz, *La décision*, Odile Jacob, 2003.

<sup>19</sup> Cette formule apparaît dans *The concept of mind*, publié en 1949, dont le titre français est *La notion d'esprit*, Payot, 2005.

<sup>20</sup> Elle se caractérise par l'effet *proteus*, qui se rapporte à la transformation du comportement d'un individu résultant de ses avatars dans les univers virtuels. Il a été formalisé en 2007 par Nick Yee et Jeremy Ballenson dans "The Proteus Effect: The effect of transformed self-representation on behavior", *Human communication Research*, 33, 2007.

# L'adoption du métavers : les mondes virtuels et l'industrie du luxe

Par Nelly MENSAH

Vice-présidente de l'Innovation numérique  
et des Solutions émergentes chez LVMH

LVMH explore le potentiel des mondes virtuels pour se connecter avec les clients et augmenter la désirabilité de ses marques. LVMH considère les mondes virtuels comme un moyen d'attirer les jeunes générations adeptes de la technologie, ainsi que d'établir des connexions plus émotionnelles avec les clients, le marché du métavers étant prédit à plus de 1 billion de dollars de revenus annuels d'ici la prochaine décennie. LVMH explore trois domaines clés dans son approche des mondes virtuels : impliquer la prochaine génération sur des plateformes de métavers établies et émergentes ; rendre ses propres plateformes plus immersives ; et l'utilisation de "digital twins". Cependant, les défis comprennent la navigation dans le paysage réglementaire des mondes virtuels, la nécessité de reproduire l'artisanat et l'art de la version physique au virtuel, et l'adoption limitée de la réalité virtuelle.

## INTRODUCTION

Il peut paraître surprenant que les mondes virtuels – des espaces où les utilisateurs se rassemblent pour former une communauté – existaient avant même l'invention d'Internet. Les premières versions de ces mondes ont vu le jour sur des réseaux informatiques locaux dès les années 1970 avant de migrer en ligne<sup>1</sup>. Ces espaces virtuels se sont beaucoup sophistiqués avec le temps et ont pris de nombreuses formes grâce à l'avènement d'un Internet ultra-rapide, de téléphones portables et de technologies avancées de rendu d'images 3D. Plus de 12 millions d'utilisateurs ont assisté à un concert de Travis Scott dans le jeu vidéo *Fortnite*, et les fans de la plateforme d'avatar sud-coréenne ZEPETO échangent quotidiennement 1,5 million d'objets numériques créés par des utilisateurs. À la base de ces chiffres impressionnants se trouve un besoin humain fondamental de connexion sociale, de créativité et d'expression de soi. Alors que la prochaine génération de consommateurs natifs du numérique émerge, il est tout à fait naturel qu'ils se sentent à l'aise au sein de communautés en ligne, tout comme ils le sont dans le monde physique.

Chez LVMH, nos maisons ont toujours compris et encouragé cet aspect de la nature humaine. Peu importe le secteur ou l'industrie, de la mode aux vins et spiritueux, nos marques sont expertes dans la création de moments magiques grâce à l'artisanat de leurs produits et à la mise en scène d'expériences inoubliables. Et bien que la richesse de l'héritage et le savoir-faire aient toujours été dans l'ADN de nos maisons, le groupe n'est pas étranger à l'innovation numérique. Comme pour toute technologie émergente, LVMH est attentif à la prochaine évolution du métaverse, cherchant à trouver de nouvelles

---

<sup>1</sup> <https://www.deccanherald.com/special-features/the-long-history-of-virtual-worlds-1137606.html>

façons de se connecter émotionnellement avec les clients actuels et futurs grâce à de nouveaux types d'expériences et de narration. Une étude de Grayscale Research prédit que le marché du métavers pourrait valoir plus de 1 billion de dollars de revenus annuels d'ici la prochaine décennie<sup>2</sup>. Ces tendances indiquent un changement significatif dans le comportement des consommateurs, avec un nombre croissant de personnes s'engageant dans des mondes virtuels et des jeux vidéo. Par conséquent, LVMH voit les mondes virtuels comme un moyen de se connecter avec les clients d'une nouvelle manière, et de développer la désirabilité de la marque. Cela signifie quelque chose de différent pour chacune des nombreuses marques de LVMH. Cependant, trois domaines clés ont émergé dans leur approche des mondes virtuels.

## TROIS DOMAINES CLÉS

### Impliquer la prochaine génération sur les plateformes de métavers établies et émergentes

De nombreuses maisons du groupe sont très actives dans le monde du jeu vidéo. Par exemple, Louis Vuitton a conçu des *skins* numériques pour *League of Legends* et le coffret de transport physique pour le trophée du championnat en 2019, et Benefit Cosmetics a lancé son propre flux sur Twitch (une plateforme de *live-streaming* populaire parmi les joueurs) en 2021. Plus récemment, Bulgari a lancé une expérience sociale sur ZEPETO en Corée, offrant aux utilisateurs la chance d'explorer une boutique Bulgari virtuelle, d'essayer des bijoux et même d'assister à des événements exclusifs au sein de la plateforme. Givenchy Beauty s'est également aventuré dans l'espace en créant un monde dans *Roblox*, qui a jusqu'à présent accueilli plus de 8 millions de visiteurs. Ces dernières entreprises montrent que les plateformes de jeu deviennent de plus en plus semblables à des réseaux sociaux. Il est excitant de constater que le nombre de joueurs occasionnels et de femmes joueuses est également en hausse, avec près de 50 % des joueurs aux États-Unis s'identifiant comme femmes<sup>3</sup>. Établir une présence sur ces plateformes permet aux marques de se connecter avec des consommateurs plus jeunes et plus technophiles, d'aborder un nouveau public de joueurs qui apprécient le luxe et le style, et d'étendre la portée des marques au-delà des canaux traditionnels. Cependant, l'objectif final restera toujours de se concentrer sur la vente des produits physiques de la plus haute qualité, artisanaux et tangibles – des produits que l'on peut toucher, que l'on peut porter, qui font se sentir bien en les portant.

### Rendre nos propres plateformes plus immersives

En plus d'explorer diverses plateformes de métavers sur le marché aujourd'hui, LVMH se concentre également sur l'amélioration de ses propres plateformes pour créer des expériences plus immersives pour ses clients. Un nombre croissant de marques et de *retailers* utilisent les technologies et les compétences nécessaires pour développer une présence dans des plateformes de métavers tierces, et les appliquent à leurs propres canaux. Cela comprend la modélisation 3D de produits, la conception d'environnements immersifs et la conception d'expériences « gamifiées ». Un exemple de cette tendance est le développement d'expériences immersives autonomes surnommées « microverses », qui permettent aux clients de s'engager avec les marques dans un niveau plus profond. Plusieurs marques de LVMH, dont LV, Bulgari, Fendi et Hennessy, ont créé de telles expériences immersives,

<sup>2</sup> <https://markets.businessinsider.com/news/currencies/metaverse-1-trillion-opportunity-grayscale-virtual-land-sales-decentraland-2021-11>

<sup>3</sup> <https://www.forbes.com/sites/tomokoyokoi/2021/03/04/female-gamers-are-on-the-rise-can-the-gaming-industry-catch-up/>

certaines achetables, d'autres non, pour transporter les clients au cœur de la marque et favoriser une connexion émotionnelle plus forte. Alors que certains de ces microverses sont conçus pour être expérimentés à l'aide de lunettes de réalité virtuelle, d'autres peuvent être simplement vus sur un écran standard ou avec l'aide de la réalité augmentée.

De plus, de nombreuses marques ont également créé leurs propres jeux. LV a lancé *Louis the Game*, offrant aux clients une manière unique et interactive d'expérimenter la marque Louis Vuitton. Dans ce jeu, les joueurs explorent un monde virtuel, collectent des objets et relèvent des défis, tout en découvrant l'histoire et l'art de la marque. Cette approche innovante de l'engagement de la marque non seulement divertit, mais éduque également les consommateurs sur les valeurs et le savoir-faire de la marque. Kenzo a récemment lancé *Kenzo Run* sur la page d'accueil de son site *web* pour plaire aux joueurs occasionnels et aux fans de la marque, le gagnant ayant le score le plus élevé étant invité à assister à un défilé de mode à Paris.

### L'utilisation de “digital twins”

L'une des avancées technologiques les plus prometteuses dans l'espace de *metaverse* reste la possibilité de connecter un produit physique à son jumeau numérique dans un monde virtuel. Des représentations virtuelles de produits physiques peuvent être utilisées pour améliorer les expériences des clients, améliorer la traçabilité et permettre aux propriétaires de ces produits de montrer leur sens du style dans un métavers de leur choix<sup>4</sup>. Avec cette approche, deux innovations supplémentaires sont nécessaires : 1) la *blockchain* pour assurer l'authenticité et l'unicité de l'objet numérique ; 2) la technologie IoT pour connecter l'objet physique à son homologue virtuel (cela pourrait être NFC, RFID ou même un QR-code).

Une plateforme qui réunit ces deux éléments pour les marques de LVMH est le consortium *blockchain* Aura, une initiative multi-marques visant à accroître la transparence et l'authenticité dans l'industrie du luxe. Cette technologie renforce non seulement le lien entre la marque et le client, mais garantit également l'intégrité de chaque produit tout au long de son cycle de vie. Bulgari a récemment utilisé cette technologie pour sa montre Octo Finissimo Ultra innovante qui donne aux propriétaires accès à un NFT avec un contenu numérique exclusif ainsi qu'à des informations sur la provenance de la montre elle-même.

## PLUSIEURS DÉFIS

Malgré le potentiel passionnant des mondes virtuels, les marques entrant dans cet espace doivent encore faire face à plusieurs défis.

### Technologies émergentes

Bien que les *leaders* de l'industrie estiment que les technologies émergentes, telles que la réalité virtuelle et la *blockchain*, sont essentielles à la réussite de leur entreprise, ces technologies présentent souvent des défis d'utilisabilité, qu'il faut résoudre pour créer des expériences utilisateurs fluides et engageantes. Par exemple, de nombreuses marques manquent encore de l'expertise nécessaire pour créer et déployer du contenu 3D, comme des produits, des avatars et des environnements. De plus, la plupart des plateformes de métavers ne sont pas interopérables, obligeant les créateurs à produire plusieurs versions du même contenu pour différents mondes virtuels, ce qui est à la fois coûteux et chronophage. Avec l'avènement de l'IA générative, qui est maintenant capable de produire du

---

<sup>4</sup> <https://www.voguebusiness.com/technology/fashions-next-nft-use-case-pairing-them-with-nfcs>

contenu de haute qualité pour les plateformes 3D et de jeu, il est probable que la création de tels contenus deviendra plus accessible aux marques.

## Adoption limitée

Pour l'instant, les mondes virtuels attirent encore principalement un public de niche, et l'adoption de la réalité virtuelle est encore à ses débuts. Pour réussir dans le *metaverse* tel qu'il est aujourd'hui, les marques doivent adapter leur stratégie pour plaire à différentes populations, notamment des joueuses ainsi que des joueurs occasionnels, qui s'engagent de plus en plus sur les plateformes virtuelles. Cela impliquera de créer des expériences diverses et inclusives en phase avec ces publics. Bien que les jeux vidéo et la réalité virtuelle ne deviendront jamais populaires auprès de tous, il est probable que la réalité augmentée le sera. Facilement accessible depuis un téléphone, cette technologie gagne en popularité et est susceptible d'amener plus d'utilisateurs dans le métavers.

## Réglementation et protection de la marque

Comme pour toute technologie émergente, naviguer dans le paysage juridique et réglementaire des mondes virtuels peut être difficile pour les marques de luxe telles que celles de LVMH. Les marques et les entreprises souhaitant rejoindre ces espaces doivent travailler étroitement avec des experts juridiques et des régulateurs pour garantir que leur propriété intellectuelle et leur image de marque soient protégées dans ces nouveaux espaces. Cela peut impliquer de collaborer avec les fournisseurs de plateformes pour établir des lignes directrices et des bonnes pratiques pour la protection de la propriété intellectuelle, ainsi que de surveiller activement et de traiter toute utilisation non autorisée des produits de la marque. En même temps, la nouvelle génération de consommateurs s'attend à pouvoir collaborer avec leurs marques préférées et à co-créeer avec elles.

## Savoir-faire et art

Un objectif majeur pour les marques de luxe, et surtout pour les maisons de LVMH, est de transposer leur réputation d'excellence et de savoir-faire du monde physique au monde virtuel. Chaque métavers a son propre style esthétique et *look*, ainsi que son degré de détail et de réalisme. Les marques cherchant à établir une présence dans le métavers doivent veiller à sélectionner une plateforme qui corresponde au style de la marque, et travailler étroitement avec les créateurs pour que le degré de savoir-faire de ses produits numériques soit à la hauteur de la qualité de ses produits physiques.

## QUE SE PASSE-T-IL ENSUITE ?

Bien que les marques doivent encore relever de nombreux défis en ce qui concerne leur participation aux mondes virtuels, l'engagement de LVMH en faveur de l'innovation et de la flexibilité le place dans une position forte pour surmonter ces obstacles. À mesure que nous avançons vers l'avenir, LVMH est impatient de continuer à explorer les possibilités du métavers pour l'industrie du luxe. Au début de cette histoire, notre objectif reste encore axé sur l'éducation et l'expérimentation, car nous croyons que développer une culture d'apprentissage est essentiel pour réussir dans le monde virtuel.

Dans le cadre de cet engagement, le groupe organise souvent des programmes de formation et des conférences pour réunir des individus très divers, passionnés par le métavers. En partageant les connaissances et les ressources entre nos marques, nous pouvons collectivement libérer tout le potentiel de cet espace nouveau et excitant. Plus important encore, il est crucial d'identifier les jeunes talents passionnés par cet espace, souvent présents dans les écoles de jeux et de design, pour leur faire savoir que les jeux vidéo ne sont pas la seule voie professionnelle possible maintenant que toutes les industries

cherchent à entrer dans les métavers. En investissant dans l'éducation et le développement des talents, le groupe peut créer une base solide de professionnels qualifiés capables de créer des produits et des expériences virtuelles qui contribuent à l'image de LVMH en matière de savoir-faire et d'art.

De plus, nous sommes très intéressés par l'utilisation du pouvoir des NFT et de la technologie *blockchain* pour améliorer la propriété numérique et créer des expériences encore plus convaincantes pour nos clients. À mesure que nous suivons l'évolution du Web3 et de sa nature décentralisée, nous explorerons la manière dont elle peut renforcer encore davantage nos offres dans le *metaverse* du luxe.

Un autre aspect prometteur des mondes virtuels est leurs applications internes, parfois appelées « métavers industriels ». En plus de créer des expériences pour les clients, les marques peuvent tirer parti de la technologie pour d'autres cas d'utilisation, tels que la formation, la fabrication, et la collaboration des employés. (Gardez un œil sur les avatars qui arrivent sur Microsoft Teams, l'entreprise déployant Microsoft Mesh auprès d'un nombre croissant d'utilisateurs).

Enfin, nous sommes fiers de continuer à soutenir l'écosystème plus large grâce à plusieurs initiatives. La Maison des Startups, le programme d'incubation de LVMH, héberge déjà de nombreuses *start-up* axées sur les mondes virtuels. L'année dernière, nous avons lancé une nouvelle catégorie de prix d'innovation LVMH lors de Vivatech axée sur la 3D, les métavers et le Web3, et avons présenté au monde LIVI, notre ambassadrice virtuelle de l'innovation. En favorisant l'innovation et en collaborant avec des *start-up*, nous pouvons garantir que le métavers de luxe soit un espace dynamique et passionnant, regorgeant de nouvelles idées et de possibilités.

Chez LVMH, nous nous efforçons de nous adapter au paysage en constante évolution des comportements des consommateurs, et de rester en tête de l'industrie en matière de technologies émergentes. Nous pensons que les mondes virtuels pourront permettre aux marques d'attirer l'attention de la prochaine génération, de créer une fidélité à la marque auprès d'un nouveau public, et de découvrir de nouvelles façons de se connecter émotionnellement avec leurs clients.

# Effet des mondes virtuels sur l'enquête judiciaire

Par Noémie CARON

Auditrice du Conservatoire national des Arts et Métiers (CNAM)

Les mondes virtuels amènent avec eux de nouvelles formes d'infractions et de cybermenaces spécifiques. Ils accentuent le déséquilibre entre la toute-puissance des géants du numérique, et la nécessité d'adapter la justice et ses institutions. Afin d'assurer la souveraineté numérique française, le cadre légal doit s'adapter à ces nouveaux enjeux.

## MONDES VIRTUELS : LES FONDAMENTAUX

La notion de « mondes virtuels » n'est pas nouvelle. La première référence notable à celle-ci provient de l'ouvrage *Snow Crash*<sup>1</sup> de Neal Stephenson, publié en 1992 sous le terme de « métavers ». Certains parlent « du Monde virtuel » tandis que d'autres préfèrent parler « des Mondes virtuels ». Comme l'utilisation du pluriel l'indique, il en existe déjà plusieurs<sup>2</sup> et ils ne cessent de se développer.

Malgré leur pluralité, les mondes virtuels ont des caractéristiques communes : leur persistance, leur utilisation en temps réel et leur aspect immersif et social<sup>3</sup>.

Pour y accéder et y établir une présence virtuelle<sup>4</sup>, il est nécessaire d'avoir recours à des « avatars ». Ces derniers sont définis par le dictionnaire Larousse comme étant des « personnages virtuels que l'utilisateur d'un ordinateur choisit pour le représenter graphiquement, dans un jeu électronique ou dans un lieu virtuel de rencontre ». Ils permettent d'y avoir des interactions sociales, professionnelles, commerciales ou vidéoludiques.

Les possibilités d'utilisation de ces mondes et leur mimétisme plus ou moins marqué du monde réel en font des espaces influencés aussi bien par les enjeux du monde physique que par de nouveaux enjeux inhérents à ceux-ci. Dont des enjeux juridiques tels que des infractions préexistantes à l'émergence des mondes virtuels et qui s'y sont simplement transposées, ainsi que des infractions spécifiques à ceux-ci.

<sup>1</sup> Traduit en français par *Le samouraï virtuel*.

<sup>2</sup> Tels que Horizon Worlds de Meta, *Minecraft*, *Second Life*, *Roblox*, *Fortnite*, the Sandbox, Decentraland et ZEPETO pour les plus connus.

<sup>3</sup> BASDEVANT A., FRANCOIS C. & RONFARD R. (2022), « Mission exploratoire sur les métavers », Rapport officiel édité par le ministère de la culture et le ministère de l'Économie, des finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, <https://www.vie-publique.fr/rapport/286878-mission-exploratoire-sur-les-metavers>, p. 25.

<sup>4</sup> INTERPOL (2022), «Technology assessment report on Metaverse», en anglais dans le texte «*virtual presence*».

## LA QUALIFICATION D'INFRACTIONS DE FAITS COMMIS DANS LES MONDES VIRTUELS

En droit, une infraction est définie comme étant un « comportement actif ou passif (action ou omission) prohibé par la loi et passible selon sa gravité d'une peine principale, soit criminelle, soit correctionnelle, soit de police, éventuellement assortie de peines complémentaires ou accessoires ou de mesures de sûreté »<sup>5</sup>. Il existe trois catégories d'infractions : les contraventions, les délits et les crimes.

Au sein des mondes virtuels, deux types d'infractions peuvent être distinguées : les infractions déjà qualifiées dans le monde physique se transposant aux mondes virtuels, et les infractions inhérentes aux mondes virtuels.

Concernant les infractions transposées, l'enjeu est de déterminer si des actes qualifiés d'infractions dans le monde physique le sont aussi dans les mondes virtuels. La Cour suprême néerlandaise a par exemple qualifié pénalement le « vol virtuel » dans son arrêt en date du 31 janvier 2012. Elle reconnaît donc qu'un item virtuel est un bien susceptible d'être volé, et qu'un tel acte est qualifiable d'infraction même si celui-ci a été commis dans un monde virtuel.

Cependant, toutes les infractions qualifiées dans le monde physique ne le sont pas forcément dans les mondes virtuels. Concernant les faits assimilés à des viols, l'article 222-23 du code pénal qualifie cette infraction uniquement s'il y a « 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 ». Pour que cette infraction soit qualifiée, il est donc nécessaire qu'elle ait lieu dans le monde physique à l'encontre de personnes physiques.

Les infractions inhérentes aux mondes virtuels sont, quant à elles, des infractions qui ne peuvent être commises que dans un monde virtuel *via* ses outils. Dans son document « Technology assesment report on Metavers », Interpol parle même de *darkverse*.

Le *darkverse* fait référence à la transposition du *dark web* et de ses enjeux dans les mondes virtuels. Les actes commis à l'aide du *darkverse* pourraient avoir des conséquences aussi bien dans le monde physique que dans les mondes virtuels. Il pourrait par exemple s'agir d'utiliser les mondes virtuels comme d'un lieu de vente de marchandises illicites livrées dans le monde physique. On peut aussi imaginer que s'y déroulent des échanges d'éléments ayant pour objectif d'affecter les mondes virtuels, en eux-mêmes, par des atteintes portées à leurs infrastructures, leurs logiciels ou leurs données. Il serait opportun d'adapter le cadre légal actuel à la nature même de ces infractions.

## LES ENQUÊTES JUDICIAIRES FACE AUX INFRACTIONS DANS LES MONDES VIRTUELS

Une des difficultés à laquelle doit faire face la bonne tenue d'une enquête judiciaire réside dans la nécessité même de la constatation de l'infraction. Dans un monde virtuel, on peut imaginer que la constatation soit opérée par des « cyberpatrouilles » des forces de l'ordre. Cette présence virtuelle aurait aussi pour but « d'offrir aux citoyens une meilleure accessibilité » aux forces de l'ordre<sup>6</sup>. Ce rapprochement des forces de l'ordre à la population

---

<sup>5</sup> CORNU G. - ASSOCIATION HENRI CAPITANT (2016), *Vocabulaire juridique* (11<sup>e</sup> édition mise à jour), PUF.

<sup>6</sup> GENDARMERIE NATIONALE - SERVICE DE LA TRANSFORMATION (2022), « Pour une intelligence artificielle de confiance au service de la sécurité », *Cultur'IA*, n°8, mars-avril.

pourrait s'appuyer sur divers outils d'intelligence artificielle ainsi que sur des *chatbots* institutionnels qui permettraient par exemple aux utilisateurs de signaler rapidement et facilement tous comportements illégaux. Ce système amènerait donc à la création de mondes virtuels « de confiance ».

Mais la nature même des acteurs des mondes virtuels peut avoir un effet sur l'enquête judiciaire. En effet, ces mondes sont régis par des acteurs privés. Or, le régime juridique encadrant ces acteurs est mal défini. Ce sont eux qui, par les possibilités d'action laissées par les algorithmes, permettent ou non aux utilisateurs d'agir dans les mondes virtuels à travers les avatars. Cette toute-puissance des plateformes entraîne des enjeux de souveraineté numérique influençant directement les processus d'enquêtes judiciaires. Il est donc nécessaire de rééquilibrer les rapports entre ces plateformes et les acteurs étatiques.

Pour cela, certaines obligations à l'encontre des acteurs privés ont été mises en place. Le règlement européen "Digital Services Act" (DSA) et les articles 6 et suivants de la Loi pour la confiance dans l'économie numérique (LCEN) leur imposent de signaler aux forces de l'ordre toute infraction qu'elles auraient été amenées à repérer en conséquence de l'exécution de leur obligation de modération fixée par les mêmes textes.

Concernant la tenue des enquêtes, la section II du second protocole additionnel à la Convention de Budapest contient des dispositions concernant la divulgation, par les acteurs privés envers les forces judiciaires étatiques, de données relatives aux abonnés<sup>7</sup>, au trafic<sup>8</sup> ou au contenu<sup>9</sup>. Ces données sont d'une importance capitale pour les enquêtes, car elles permettent d'obtenir des informations sur l'utilisateur, les caractéristiques de ses communications ainsi que leur contenu.

Les enquêtes relatives aux infractions se déroulant dans des mondes virtuels porteraient sur l'étude de preuves numériques. Aux enjeux traditionnellement attribuables à ce type de preuves s'ajouteraient ceux causés par la nature même de l'espace de commission de l'infraction.

Les mondes virtuels fonctionnent à l'aide de nombreux terminaux susceptibles de contenir des preuves numériques utiles au bon déroulé de l'enquête. On pourrait donc imaginer que les enquêteurs aient accès aux données enregistrées par les casques de réalité virtuelle par exemple, c'est-à-dire, les flux vidéo et sonores enregistrés dans le laps de temps proche de celui de la commission de l'infraction. Si l'exploitation de ces données ne s'avérait pas concluante, il serait aussi imaginable d'utiliser les données haptiques et biométriques enregistrées. L'analyse des données biométriques, que ce soit sur les terminaux de l'auteur de l'infraction ou sur ceux de la victime, pourrait aussi permettre d'obtenir des éléments sur l'état d'esprit des protagonistes, et éventuellement déduire un préjudice psychologique. Cette possibilité reste toutefois à nuancer face au cadre régissant le traitement des données mis en place par le RGPD<sup>10</sup>.

Il serait aussi envisageable d'adapter les techniques spéciales d'enquête à ce nouvel espace. Celles-ci permettraient aux forces de l'ordre d'enquêter sous de fausses identités, voire de se faire passer pour des mineurs dans le but de repérer de potentiels pédocriminels sévissant dans ces nouveaux espaces.

---

<sup>7</sup> Définition à l'article 18 de la Convention de Budapest.

<sup>8</sup> Définition à l'article 1 de la Convention de Budapest.

<sup>9</sup> Dispositions de l'article 21 de la Convention de Budapest.

<sup>10</sup> Règlement général sur la protection des Données (RGPD).

## LA PERSONNALITÉ JURIDIQUE DE L'AVATAR

Pour qu'un acte soit qualifié d'infraction, il faut que l'entité l'ayant commis bénéficie d'une personnalité juridique lui conférant la capacité d'être un sujet actif de droit. La reconnaissance d'une personnalité juridique à une entité permet donc de la sanctionner.

Or, pour pouvoir qualifier d'infractions certains actes commis dans les mondes virtuels par le biais d'avatars, il faut reconnaître à ceux-ci une certaine forme de personnalité juridique. Toutefois, un avatar ne peut pas bénéficier de la même personnalité juridique que celle attribuée aux personnes physiques, car, par principe, un avatar n'en est pas une.

Il est néanmoins envisageable de leur reconnaître une sorte de personnalité juridique propre obtenue *via* l'extension de la personnalité juridique de leur utilisateur. Un cadre légal spécifique à cette personnalité virtuelle<sup>11</sup> pourrait ainsi être institué. La reconnaissance d'une telle personnalité juridique induirait donc la possibilité de sanctionner les actes qualifiés d'infractions commis à travers l'utilisation d'un avatar.

Selon le modèle de personnalité juridique retenu, il pourra être considéré que l'infraction est commise par l'avatar ou *via* celui-ci. On comprend donc que, si l'hypothèse de la création d'une personnalité juridique propre à l'avatar est retenue, il sera question de sanctionner l'avatar en lui-même. À l'inverse, si la personnalité juridique affiliée à l'avatar n'est qu'une extension de celle de son utilisateur, il sera alors question de sanctionner l'utilisateur. Cependant, le fait de sanctionner un avatar peut aussi amener à sanctionner son utilisateur<sup>12</sup>.

L'avatar n'étant qu'un outil pour l'utilisateur, sans existence, libre arbitre ou autonomie propre, c'est donc à son utilisateur d'être sanctionné. Cela pose problème, car de nombreuses situations rendent complexes l'identification même de l'utilisateur d'un avatar et donc l'attribution d'une sanction à celui-ci. En cas d'anonymat de l'utilisateur ou bien de partage de l'avatar entre plusieurs personnes par exemple. Ou encore dans l'hypothèse d'un contrôle de l'avatar par une intelligence artificielle, en l'absence de l'utilisateur, pour le bon déroulé des actions en temps réel prenant place dans ces mondes virtuels.

## CONCLUSION

L'étude de l'effet des mondes virtuels sur les enquêtes judiciaires amène à constater la nécessité des acteurs publics de s'imposer face aux acteurs privés *via* l'adaptation du cadre législatif. On comprend que l'affirmation de la souveraineté numérique étatique ne pourra se faire qu'à travers des partenariats avec les acteurs privés du secteur qui sont en position majoritaire dans le domaine.

Afin de bénéficier de mondes virtuels respectant totalement la souveraineté numérique étatique ainsi que le principe de l'autonomie des enquêtes judiciaires, la création de mondes virtuels étatiques est aussi envisagée. À l'image de la proposition du président de la République française, Emmanuel Macron, de créer un métavers européen respectant les normes juridiques européennes.

---

<sup>11</sup> BOULANGER Q. (2022), « Étude juridico-technique d'un phénomène en hypercroissance : le Métavers », *La plume DJCE*, édition 5, février.

<sup>12</sup> Si l'avatar est placé dans une sorte de prison virtuelle par exemple. Ce qui empêcherait l'utilisateur d'y avoir accès.

## BIBLIOGRAPHIE

BASDEVANT A., FRANCOIS C. & RONFARD R. (2022), « Mission exploratoire sur les métavers », Rapport officiel édité par le ministère de la Culture et le ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, <https://www.vie-publique.fr/rapport/286878-mission-exploratoire-sur-les-metavers>, p. 25.

BOULANGER Q. (2022), « Étude juridico-technique d'un phénomène en hypercroissance : le Métavers », *La plume DJCE*, édition 5, février.

CHAVENT-LECLERE A.-S. (2013), « Le droit pénal dans les mondes virtuels », in DELABRE G. (éd.), *Le droit dans les mondes virtuels, Philosophie et économie*, Larcier, première édition, pp. 39-48.

COMMISSION EUROPEENNE (2022), « Le plan de l'Europe pour prospérer dans le métavers », déclaration disponible sur le *blog* du Commissaire Thierry Breton, septembre, Bruxelles, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/statement\\_22\\_5525](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/statement_22_5525)

CORNU G. - ASSOCIATION HENRI CAPITANT (2016), *Vocabulaire juridique*, (11<sup>e</sup> édition mise à jour), PUF.

DUREZ C. (2013), « Mondes virtuels, droit et jeu », in DELABRE G. (éd.), *Le droit dans les mondes virtuels, Philosophie et économie*, Larcier, première édition, pp. 15-25.

ELKAIM J., SAND C. & SABER S. (2022), « Métavers : réflexions prospectives, propriété intellectuelle, fiscal et pénal », *LEXISNEXIS SA revue pratique de la prospective et de l'innovation*, n°1, avril.

FOURNIE P. (2022), « La protection des droits de la personnalité sur le métavers », *Revue Lamy Droit de l'Immatériel LAMYLINE*, n°191.

FREYSSINET E. (2003), « La preuve numérique, un défi pour l'enquête criminelle du 21<sup>e</sup> siècle », Lavoisier, *Les Cahiers du numériques*, 4(3-4), pp. 205-217.

GENDARMERIE NATIONALE - SERVICE DE LA TRANSFORMATION (2022), « Pour une intelligence artificielle de confiance au service de la sécurité », *Cultur'IA*, n°8, mars-avril.

INTERPOL (2022), "Technology assessment report on Metaverse".

LATIL A. (2013), « La diffamation dans les univers virtuels », in DELABRE G. (éd.), *Le droit dans les mondes virtuels, Philosophie et économie*, Larcier, première édition, pp. 49-60.

LEPAGE X. & DE LA METTRIE A. (2022), « Métavers : enjeux, perspectives... et risques », Association SERVIR- Alumni de l'ENA et de l'INSP, n°515, juin-juillet.

VADILLO F. (2018), « Techniques d'enquête numérique judiciaire : les défis d'une survie dans la modernité », *Annales des Mines – Enjeux numériques*, n°3, septembre.

# Enjeux juridiques et éthiques posés par les mondes virtuels

M<sup>e</sup> Corinne THIERACHE  
et M<sup>e</sup> Caroline LEROY-BLANVILLAIN  
Avocates au Barreau de Paris

Et Hanna LE DERRIEN  
Élève-avocate EFB

Cabinet ALERION AVOCATS

Les enjeux sociaux, politiques, économiques, juridiques, mais avant tout, éthiques, que soulève le développement des métavers et autres mondes virtuels témoignent de la porosité croissante entre la vie réelle des êtres humains et la vie virtuelle de leurs utilisateurs.

Depuis l'avènement d'Internet dans les années 1990, le numérique a révolutionné notre rapport à l'autre. Ce changement de paradigme s'est opéré par un phénomène de virtualisation et d'amplification des échanges, d'ubiquité et d'universalité de leurs effets. Après le Web 1.0 des années 1990 qui permettait simplement de connecter les usagers à des sites Internet, et le Web 2.0 qui a marqué l'émergence des *blogs* et des réseaux sociaux dans les années 2000 en permettant l'interconnexion des usagers entre eux, le *web* évolue vers de nouveaux usages en instaurant un Internet immersif dans lequel les internautes deviennent proactifs, appelé le Web 3.0. Il s'agit ainsi d'un Web décentralisé, constitué de mondes virtuels interconnectés utilisant la réalité virtuelle, la réalité augmentée et l'intelligence artificielle (ci-après « IA »).

Un monde virtuel, également appelé « métavers »<sup>1</sup>, est un monde créé artificiellement par un logiciel, conçu et partagé par des individus afin qu'ils puissent interagir, sous forme d'avatars, dans un monde simulé et personnalisé. Le monde virtuel peut imiter le monde réel, avec ses lois physiques telles que la gravité, le temps, le climat, la géographie, ou tout au contraire être régi par d'autres lois.

Il existe deux types de mondes virtuels : les premiers sont fondés sur le divertissement, les seconds sur l'interaction sociale :

- Dans les mondes de jeux virtuels, les utilisateurs jouent *via* leurs avatars et ont un objectif à atteindre : conquête du monde, victoire dans des batailles, etc. Ces mondes virtuels sont des MMOG – “*massively multiplayer online game*” – et représentent la majorité des mondes virtuels qui existent aujourd'hui (ex. : *EverQuest*, *Les Sims*, *Eve Online*, *World of Warcraft*, etc.).
- Les mondes sociaux virtuels, quant à eux, simulent le monde réel et offrent aux utilisateurs une expérience plus ouverte, où ils sont libres de leurs objectifs, tels que l'exploration de paysages, la pratique de sports d'aventure, la socialisation avec des communautés, la participation à des débats ou à des expériences politiques, la

---

<sup>1</sup> « Métavers » signifie étymologiquement « au-delà de l'univers ».

participation à des sessions éducatives, la formation dans un environnement simulé, et d'innombrables autres possibilités virtuelles (ex. : Komity, Second Life, IMVU, Mamba Nation, Active Worlds, Horizon Worlds, Decentraland, The Sandbox, etc.).

« Le monde numérique envahit et redéfinit tout ce qui nous est familier avant même que nous ayons eu le temps de réfléchir et de décider »<sup>2</sup>. En effet, la numérisation de nos vies nous pousse urgemment à une réflexion continue et évolutive afin d'identifier les valeurs et les normes que nous souhaitons protéger, sans jamais considérer comme acquises les technologies qui s'imposent aujourd'hui à la vie humaine.

Consciente des enjeux sociaux, économiques et environnementaux que ces mondes virtuels impliquent, la Commission européenne a développé sept principes éthiques permettant de définir une IA digne de confiance<sup>3</sup> :

- les systèmes d'IA doivent respecter les droits fondamentaux, sans restreindre ou dévoyer l'autonomie humaine ;
- les algorithmes de l'IA doivent être suffisamment sûrs, fiables et robustes pour gérer les erreurs ou incohérences des systèmes ;
- les citoyens doivent avoir la maîtrise totale de leurs données personnelles, et les données les concernant ne doivent pas être utilisées contre eux à des fins préjudiciables ou discriminatoires ;
- la traçabilité des systèmes d'IA doit être assurée ;
- les systèmes d'IA doivent promouvoir la diversité, la non-discrimination et l'équité ;
- ils doivent être utilisés pour soutenir des évolutions sociales positives, et renforcer la durabilité et la responsabilité écologique ;
- des mécanismes pour garantir la responsabilité à l'égard des systèmes d'IA et de leurs résultats doivent être mis en place.

À l'instar de l'IA, les mondes virtuels, dont le principal objectif est l'immersion totale de l'utilisateur, soulèvent des enjeux éthiques majeurs aux conséquences juridiques importantes, qu'il convient d'analyser afin d'appréhender et de réglementer convenablement ces nouveaux mondes virtuels qui s'ouvrent à nous.

## LES ENJEUX RELATIFS À LA GOUVERNANCE DES MONDES VIRTUELS

Lors de l'avènement du *web* dans les années 1990, d'aucuns promettaient un univers nouveau dans lequel la liberté était la règle, quand d'autres alertaient sur le pouvoir grandissant des intermédiaires techniques qui écrivaient les codes sources régulateurs d'Internet. Aujourd'hui, le développement des mondes virtuels remet au centre des débats la question de la gouvernance de tels mondes.

En 1999, Lawrence Lessig écrivait *Code is Law*, ouvrage dans lequel il expliquait que sur Internet, les comportements étaient régulés, non par les normes juridiques, mais par l'architecture technique du *web* telle que dessinée par les éditeurs des codes sources. Cette réalité s'applique également aux mondes virtuels dans lesquels l'éditeur, qui est généralement une entreprise privée, crée le code source. En effet, c'est le code source lui-même qui va déterminer l'environnement du métavers, sa temporalité, les actions

<sup>2</sup> ZUBOFF S. (2020), *The Age of Surveillance of Capitalism* (traduit de l'anglais).

<sup>3</sup> COMMISSION EUROPÉENNE (2019), « Renforcer la confiance dans l'Intelligence artificielle axée sur le facteur humain », 8 avril.

possibles, ou encore, l'imagerie de l'avatar qui est le reflet virtuel de la personne réelle qui l'utilise. En d'autres termes, le code source détermine l'entièreté de l'univers dans lequel l'utilisateur va s'immerger. L'utilisateur n'a aucun droit de regard sur l'élaboration de ce monde, tandis que l'éditeur y est « tout-puissant »<sup>4</sup>.

Cette absence totale de contrôle pour l'utilisateur est renforcée par l'unique source de droit, d'origine contractuelle, qui régle l'utilisation d'un métavers. Plus précisément, les seules dispositions contraignantes émanent des « toutes-puissantes » conditions générales d'utilisation (ci-après « CGU ») et des contrats de licence de l'utilisateur final (ou « CLUF »), rédigés par les éditeurs du monde virtuel. Ces contrats reflètent nécessairement la vision du monde voulue et imaginée par ses créateurs, et en cela ils sont aussi intéressants sur la philosophie voulue pour le métavers qu'importants quant à l'usage que l'utilisateur consent d'en faire. S'agissant de contrats d'adhésion, tels que définis à l'article 1110 du Code civil, ils sont composés d'« un ensemble de clauses non négociables, déterminées à l'avance par l'une des parties ». De fait, lorsque l'utilisateur souhaite se connecter au monde virtuel, il est obligé d'accepter l'ensemble des clauses des CGU et des licences rédigées arbitrairement et unilatéralement, sans négociation possible.

Ainsi, la réalité du monde virtuel est telle que l'entreprise privée, éditrice du code source et rédactrice des dispositions juridiques applicables, contrôle, de manière absolue, le monde dans lequel les utilisateurs se connectent.

Cette perte d'autonomie de l'utilisateur, non seulement contraire aux préconisations développées ci-avant par la Commission européenne, est également problématique puisque la vie virtuelle représente aujourd'hui une part importante de la vie réelle des utilisateurs<sup>5</sup>.

Parallèlement, les utilisateurs revendiquent une plus grande protection de leurs droits et de leurs créations dans les mondes virtuels, notamment s'agissant de la protection de leur avatar, afin de se prémunir en particulier de toute suppression de compte décidée unilatéralement par l'éditeur. Une suppression du compte équivaldrait en effet parfois à supprimer l'existence virtuelle de l'utilisateur, ce qui peut être vécu de manière très violente par l'utilisateur et peut entraîner des conséquences considérables, qu'elles soient psychologiques, personnelles ou encore économiques – lorsque l'utilisateur est une entreprise qui a créé un magasin virtuel au sein du métavers. Transposé au monde réel, le droit à l'existence virtuelle pourrait s'apparenter au droit fondamental à la vie qui protège l'individu contre tout risque pour sa vie.

Dès lors, dans un monde où la vie devient de plus en plus numérique, la reconnaissance de droits fondamentaux pour l'être virtuel permettrait de garantir le respect d'un socle minimal de droits fondamentaux dans les mondes virtuels, et de rééquilibrer les pouvoirs en présence.

## LES ENJEUX CONCERNANT LA SANCTION DES COMPORTEMENTS ILLICITES VIRTUELS

En mai 2022, une chercheuse, qui effectuait des recherches pour le compte de l'ONG SumOfUs dans Horizon Worlds, a révélé avoir été victime d'un viol numérique dans une salle virtuelle privée, commis par un autre utilisateur, devant d'autres avatars qui observaient la scène. Cette agression a eu un impact réel sur la victime puisque ses manettes vibraient dès que l'agresseur virtuel la touchait. À cet effet, la société Meta, éditeur du Métavers Horizon Worlds, a mis en place un espace vital infranchissable autour des

---

<sup>4</sup> LAVERDET C. (2020), *Aspects juridiques des mondes virtuels*, Thèse de droit, Université Paris II-Panthéon-Assas, 4 mai.

<sup>5</sup> GENSOLLEN M. (2007), *L'économie réelle des univers persistants : Vers une propriété virtuelle ?*

avatars afin d'éviter que les autres ne s'approchent de trop près ou tentent d'agir de manière déplacée.

Ce témoignage révèle que les comportements criminels et délictuels ne sont pas cantonnés au monde réel, mais peuvent aussi être commis dans les mondes virtuels et produire des conséquences dommageables réelles pour la victime. Au sujet du cyberharcèlement sur Internet, le président du tribunal correctionnel de Paris, qui jugeait la fameuse « affaire Mila », avait savamment résumé : « Le réseau social, c'est la rue. Quand vous croisez quelqu'un dans la rue qui vous déplaît, vous vous interdriez de l'insulter, de le menacer, de le moquer. Ce que vous ne faites pas dans la rue, ne le faites pas sur les réseaux sociaux ». Cette métaphore est également transposable aux mondes virtuels.

Dès lors, pour sanctionner pénalement de tels actes, il est nécessaire, dans un premier temps, de qualifier juridiquement ces infractions. Une infraction est juridiquement constituée de trois éléments essentiels, qu'il est nécessaire de réunir pour pouvoir retenir la qualification pénale correcte :

- l'élément légal : l'infraction n'existe que si elle est prévue par un texte ;
- l'élément matériel : l'infraction sera constituée lorsque la personne aura commis un certain comportement ;
- l'élément moral : l'auteur du comportement réprimé doit avoir agi avec intention.

Appliquons ce principe aux faits de viol numérique commis dans le métavers d'Horizon Worlds, tels que décrits dans les développements précédents. Juridiquement, cette qualification pénale ne saurait être retenue par les tribunaux français. En effet, l'article 222-23 du Code pénal définit le viol comme : « Tout acte de pénétration sexuelle, de quelque nature qu'il soit, ou tout acte bucco-génital [...] ». L'élément matériel de cette infraction est la pénétration sexuelle ou l'acte bucco-génital. Or, la vibration des manettes ressentie par la victime ne pourrait *a priori* pas s'apparenter à de tels actes.

De la même façon, pour qu'il y ait tentative de viol, il aurait fallu que l'utilisateur eut cru à la possible réalisation de son acte. Là encore, il est difficile de croire que l'utilisateur n'avait pas conscience de l'impossibilité matérielle de l'acte initié virtuellement. Ainsi, sans nier le ressenti traumatique vécu par la chercheuse, qui témoigne avoir été désorientée et perturbée par ce crime virtuel, force est de constater que l'on se heurte au principe d'interprétation stricte de la loi pénale : la qualification de viol ne pourrait être retenue dans le monde réel, faute de réunir les éléments constitutifs de l'infraction. La solution serait identique pour la qualification d'agression sexuelle, au sens de l'article 222-22 du Code pénal, qui serait écartée faute de pouvoir caractériser l'élément matériel qui impose un contact physique.

Toutefois, rien n'empêche d'envisager que d'autres infractions pénales, qui ne nécessitent pas de contact physique, puissent être retenues, telles que l'exhibition sexuelle, le harcèlement sexuel, ou bien l'incitation à la débauche lorsqu'un mineur est concerné. Enfin, lorsque l'utilisateur qui se dit victime d'une atteinte virtuelle subit un traumatisme psychologique réel, il pourrait être possible de qualifier l'infraction de violence volontaire.

Une fois l'acte virtuel qualifié pénalement, il est nécessaire, dans un second temps, de prouver la commission de cet acte et de rechercher l'identité de l'agresseur afin d'obtenir une condamnation. Dans le monde virtuel, chaque action effectuée est tracée et marquée par la production de données. De même, pour les enquêteurs et les victimes, il pourrait être opportun d'exploiter ces données afin de récolter des éléments de preuve.

Outre l'utilisation des données de connexion, les métavers offrent aujourd'hui la possibilité de collecter des données d'identification des utilisateurs particulièrement précises et intrusives telles que le mouvement du corps, les expressions faciales, l'iris de l'œil ou

la voix<sup>6</sup>. Or de telles données biométriques sont qualifiées de sensibles par l'article 9 du RGPD<sup>7</sup>, dont le traitement est par principe interdit, et qui supposent donc un traitement particulièrement encadré lorsqu'il est possible. En conséquence, les opérateurs du métavers devront recueillir le consentement exprès, libre, et spécifique de l'utilisateur dont les données sensibles sont collectées, et expliquer précisément la finalité d'un tel traitement, par principe attentatoire à la vie privée de l'utilisateur concerné.

## LES ENJEUX DE LA PROTECTION DES CRÉATIONS IMPORTÉES DANS LES MONDES VIRTUELS

Avec le développement croissant des mondes virtuels qui offrent des opportunités économiques nouvelles, beaucoup d'entreprises ont annoncé leur arrivée dans ces environnements numériques.

En effet, de plus en plus d'entreprises sont désormais prêtes à vendre leurs produits virtuels de marque dans les métavers sous forme de *non-fungible tokens* (ci-après « NFT »). À cet égard, le 1<sup>er</sup> janvier dernier, la 12<sup>e</sup> version de la Classification de Nice est entrée en vigueur créant des « fichiers numériques téléchargeables authentifiés par des jetons non fongibles (NFT) » en classe 9. Ainsi, les libellés des marques vont être adaptés pour assurer une protection efficace dans le monde virtuel : les marques devront désigner les programmes informatiques (classe 9), les services de magasins de vente au détail concernant des produits virtuels (classe 35), les services de divertissement (classe 41), les produits virtuels non téléchargeables en ligne et NFT (classe 42), et les services financiers y compris les jetons numériques (classe 36). À titre d'exemple, les sociétés Nike ou Louis Vuitton ont déjà effectué des nouveaux dépôts de marques aux États-Unis et au sein de l'Union européenne dans les classes pertinentes. À noter que, concernant la marque de renommée, celle connue par une partie significative du public, la désignation des classes pertinentes pour les mondes virtuels ne sera pas requise.

Il arrive cependant que certaines entreprises ne souhaitent pas que leurs marques soient présentes dans les métavers. C'est le cas, par exemple, de la société Hermès, qui estime incompatible la vente de produits virtuels avec son image de marque fondée sur la qualité matérielle de ses produits. À cet effet, la société, victime de contrefaçon de son célèbre sac Birkin, repris à l'identique sous forme de NFT – les « MetaBirkins » – et vendus pour plusieurs dizaines de milliers de dollars, a récemment obtenu gain de cause aux États-Unis. Le tribunal de Manhattan a reconnu la contrefaçon de la marque Hermès commise dans le métavers<sup>8</sup>.

De fait, il est possible d'envisager l'application des dispositions de contrefaçon dans les mondes virtuels dès lors que trois conditions, posées par l'article L. 713-2 du Code de la propriété intellectuelle, sont réunies : (1) l'usage doit être fait dans la vie des affaires ; (2) à titre de marque ; et (3) doit générer un risque de confusion dans l'esprit du public. Pour les mondes virtuels de divertissement, la deuxième condition n'est pas systématiquement remplie, car la marque est souvent reproduite pour un usage « artistique », tandis que dans les mondes virtuels sociaux, la marque est davantage reproduite à titre de marque. Ainsi, dans les premiers mondes virtuels, la contrefaçon sera écartée, alors qu'elle sera retenue dans les seconds.

---

<sup>6</sup> PLANQUE J.-C. & JOMBART J. (2023), *Quand l'avatar se met à verser dans la délinquance !*, LexisNexis, Droit pénal, n°1, janvier.

<sup>7</sup> Règlement général sur la protection des données (UE) 2016/679 du 27 avril 2016.

<sup>8</sup> Tribunal fédéral de Manhattan (traduit de l'anglais : District Court of Manhattan), décision du 8 février 2023.

Par ailleurs, les sociétés exploitant les métavers, assimilées à des plateformes au sens du “Digital Services Act”<sup>9</sup>, sont soumises au régime juridique légal applicable aux hébergeurs. À ce titre, elles bénéficient de la responsabilité allégée reconnue aux hébergeurs, qui les dispense de toute obligation de surveillance générale des informations qu’elles transmettent ou stockent, tant que le contenu illicite ne leur a pas été notifié. Dès lors qu’ils ont connaissance du contenu litigieux, les métavers auront l’obligation d’agir promptement pour retirer le contenu ou rendre l’accès à celui-ci impossible, sous peine de voir leur responsabilité engagée.

Par ailleurs, la qualification juridique de plateforme a vraisemblablement pour conséquence l’application de l’article 17 de la directive DAMUN<sup>10</sup> aux mondes virtuels s’il est reconnu que ces plateformes sont des fournisseurs de services de partage de contenus en ligne. Ainsi, dès lors que les utilisateurs organisent dans les métavers des concerts, à l’instar du rappeur américain Travis Scott ou de la chanteuse Billie Eilish, ou d’autres expositions artistiques, celles-ci pourraient être qualifiées de « service de communication au public en ligne ». De fait, la plateforme, à l’origine du métavers, devra respecter les dispositions de l’article 17 de la directive DAMUN : conclure une licence contractuelle pour la mise à disposition des contenus. Elle sera, en outre, soumise à une obligation de surveillance dans le cas où le contenu est diffusé sans autorisation, par dérogation au régime de responsabilité allégée des hébergeurs.

## CONCLUSION

Au-delà des enjeux éthiques qu’il nous faut étudier et appréhender, la fusion du virtuel et du réel créée par les métavers offre d’innombrables opportunités pour l’avenir. Grâce à l’utilisation de lunettes de réalité augmentée ou de casques de réalité virtuelle, les professionnels pourront profiter de ces plateformes pour développer de nouvelles pratiques et tester de nouveaux produits ou services avant de les créer dans le monde réel. À titre d’exemple, la société Boeing, spécialisée dans la construction aéronautique, a d’ores et déjà annoncé vouloir utiliser les métavers pour accélérer et simplifier la production d’avions en construisant une réplique numérique de ses engins dans un métavers afin d’effectuer des simulations. De la même façon, le club de football Manchester City a créé une réplique virtuelle du stade Etihad Stadium, et souhaite intégrer les avatars de ses joueurs et de ses fans, afin d’inciter les fans à participer activement aux activités de l’équipe et donner vie à de nouvelles formes d’engagement des fans avec leurs joueurs préférés. Enfin, dans le domaine médical, les métavers pourraient jouer un rôle non négligeable dans le perfectionnement de la formation des praticiens *via* la réalité augmentée et virtuelle en créant un nouvel environnement éducatif, à travers lequel les étudiants pourront explorer l’anatomie humaine sous toutes les coutures grâce à un hologramme. De la même façon, en chirurgie, il serait possible de réaliser des simulations immersives au plus proche de la réalité afin de rendre les procédures médicales plus fiables et plus rapides.

Aujourd’hui, les possibilités offertes par les métavers n’ont de limite que l’imagination humaine et la régulation éthique.

---

<sup>9</sup> Règlement relatif à un marché unique des services numériques (UE) 2022/2065 du 19 octobre 2022.

<sup>10</sup> Directive sur le droit d’auteur dans le marché unique du numérique (UE) 2019/790 du 17 avril 2019, transposé par l’ordonnance n°2021-580 du 12 mai 2021 notamment aux articles L. 137-1 et suivants du CPI.

## BIBLIOGRAPHIE

BASDEVANT A., FRANCOIS C. & RONFARD R. (2022), « Mission exploratoire sur les métavers », octobre.

COMMISSION EUROPEENNE (2020), « Livre Blanc : Intelligence artificielle, Une approche européenne axée sur l'excellence et la confiance », 19 février.

DE BOISDEFFRE M., RAYNAUD F. & GROSSET M. (2022), « Nous devons penser les réseaux sociaux de demain », *AJDA*, p. 1812.

DEVILLARD A. (2021), « Métavers : le fantasme d'un monde virtuel parallèle », *Sciences et Avenir*, novembre, [https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/web/le-fantasme-d-un-monde-virtuel-parallele\\_159243](https://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/web/le-fantasme-d-un-monde-virtuel-parallele_159243)

ELKAIM J. (2022), « Métavers, droit d'auteur et données personnelles : vers une alchimie numérique », *LexisNexis, Revue pratique de la prospective et de l'innovation*, n°2, novembre.

ELKAIM J., SAND C. & SABER S. (2022), « Métavers : réflexions prospectives, propriété intellectuelle, fiscal et pénal », *LexisNexis, La Semaine juridique*, n°11, 17 mars.

FAVREAU A. (2022), « Métavers et propriété intellectuelle », *Propriété industrielle* n°6, étude 12, juin.

FEUGERE W. (2022), « Compliance et métavers – une éthique réelle dans un monde virtuel », *Revue pratique de la prospective et de l'innovation*, novembre.

LAVERDET C. (2020), *Aspects juridiques des mondes virtuels*, Thèse de droit, Université Paris II- Panthéon-Assas, 4 mai.

LEQUESNE ROTH C. (2022), « Métavers, Web3 : la révolution juridique en trompe-l'œil », *Recueil Dalloz*, p. 1714.

MEILLER C. (2022), « Chronique – martienne – de jurisprudence Droits de propriété intellectuelle et métavers », *Propriété industrielle*, n°7-8, juillet.

NICOLET C. (2022), « Le métavers : les potentiels enjeux juridiques futurs du tout nouveau monde virtuel », *LISA Montpellier*, 2 mars.

PARK K. (2022), « Les marques dans le métavers », *OMPI Magazine*, mars, [https://www.wipo.int/wipo\\_magazine/fr/2022/01/article\\_0006.html](https://www.wipo.int/wipo_magazine/fr/2022/01/article_0006.html)

PLANQUE J.-C. (2019), « Agressions sexuelles - La répression du « cyber-viol » : simple adaptation ou prémices d'une révolution des concepts pénaux ? », *Droit pénal* n°2, étude 4, février.

PLANQUE J.-C. & JOMBERT J. (2023), « Quand l'avatar se met à verser dans la délinquance ! Mondes virtuels, infractions et réalités pénales », *LexisNexis, Droit pénal*, n°1, janvier.

VAMPARYS X. (2020), « L'ambition européenne d'une IA éthique, durable et centrée sur l'humain », *Revue Internationale de la Compliance et de l'Éthique des Affaires*, n°4, comm. 149, août.

VIVANT M. (2019), « Nouvelles frontières, nouvelles technologies : nouveau droit ? », *Revue des Juristes de Sciences Po*, n°17, juin.

# L'éthique, frein aux innovations et interfaces numériques ?

Par le Dr Laure TABOUY

PhD. Neuroscientifique et éthicienne, Équipe Éthique et épistémologie, CESP-INSERM U1018, Espace éthique de l'APHP de l'Île-de-France, Université de Paris-Saclay

La période que nous vivons actuellement en 2023 est palpitante. Si l'innovation technologique apparaît comme un nouvel *eldorado*, l'éthique est en train de se faire une place au cœur des stratégies de l'innovation, des entreprises et des recherches. Le défi est d'apprendre à surfer sur la vague de l'innovation et de la technologie, et de créer des opportunités qui changeront notre vie quotidienne, tout en admettant qu'il faille anticiper les dérives de leurs usages. L'accélération des innovations rend indispensable une réflexion sur les enjeux sociétaux, éthiques et juridiques liés à leurs conceptions et leurs élaborations, à leurs usages, leurs finalités et leurs conséquences. La conception de garde-fous interdisciplinaires, de systèmes d'évaluation et de suivi, mais également de systèmes d'encadrement et de répressions, ainsi que la définition d'une gouvernance adaptée aux valeurs sociologiques, éthiques et juridiques des différents pays, émergent actuellement en France, en Europe et dans le monde entier. Mais dans toutes ces initiatives et réflexions, la pièce maîtresse qui tient l'ensemble est, à mon sens, la place que prend l'éthique dans ce puzzle, car elle va permettre une meilleure acceptabilité des interfaces numériques, tout en invitant toutes les parties prenantes et tous les acteurs, des inventeurs jusqu'aux utilisateurs, à se positionner eux-mêmes face à ces innovations.

## QUELLES PROBLÉMATIQUES

### LES INNOVATIONS ET INTERFACES NUMÉRIQUES

#### POSENT-ELLES AUJOURD'HUI ?

La période que nous vivons actuellement en 2023 est palpitante, excitante par les possibilités et progrès qu'elle ouvre, mais aussi peut désarçonner et quelque peu inquiéter, comme le montrent les derniers avis, cris d'alarmes et recommandations de l'ONU, de l'UNESCO et de l'OCDE depuis 2019. Il est tout de même raisonnable de reconnaître que la transformation numérique et l'arrivée d'innovations d'IA offrent aux entreprises de nouvelles opportunités de marché et des avantages certains. Comme développer son activité professionnelle, augmenter la rentabilité de l'entreprise, favoriser une expérience utilisateur d'une plus grande qualité par l'exploitation des données collectées, encourager les collaborations ou encore améliorer les communications en ciblant directement le public concerné.

Mais à l'heure du *metaverse* et des réalités virtuelles et augmentées qui s'immiscent dans notre vie quotidienne personnelle et professionnelle, à l'heure des robots humanoïdes et

d'une nouvelle version d'intelligence artificielle (IA) conversationnelle comme ChatGPT, encore plus performante que celle de novembre 2022, à l'heure des neurotechnologies non invasives et des algorithmes de plus en plus puissants, qui va prendre le pouvoir sur l'homme ? Cette question quelque peu décalée et osée reflète pourtant l'ampleur des questionnements sous-jacents aux innovations et aux interfaces numériques. Car la vitesse à laquelle ces innovations se déploient maintenant représente un risque pour la démocratie, pour de nombreux emplois, et pourrait aggraver les inégalités entre les individus, les pays et les cultures.

Il devient évident que le monde d'après, que nous imaginions en mars 2020, lors du premier confinement de la crise sanitaire de la Covid-19, sera celui de la *data*, de l'IA, des neurosciences et des neurotechnologies, donc de l'innovation numérique et technologique. Mais ce monde d'après gardera-t-il une âme humaine ? Quel impact cela aura-t-il sur l'espèce humaine, sur chacun des êtres humains ? Que signifie être « un être humain » au temps des interfaces numériques, des neurosciences et de l'IA ?

Dans un contexte international sous haute tension, l'OCDE a adopté, en mars 2023, une recommandation sur les enjeux de l'identité numérique (OECD, 2023), reconnaissant que ce système pourrait simplifier les interactions, permettre la personnalisation des services, et réduire le risque d'erreur et de fraude. Ce positionnement d'ouverture est intéressant, car il oblige à se poser d'autres questions mettant l'éthique au centre de tout le système.

Comment construire un monde respectueux de la vie humaine et de l'être humain, alors que les nouvelles technologies investissent massivement tous les champs de nos vies ? Quelles questions éthiques aussi vastes qu'exigeantes, les entreprises, les chercheurs, les dirigeants, les citoyens vont-ils être amenés à se poser, les invitant immédiatement à réfléchir aux enjeux de responsabilité, d'intégrité et de dignité humaine, d'autonomie, de bienfaisance ?

Le développement d'outils numériques très miniaturisés et plus puissants, facilite l'émergence de l'intelligence artificielle, l'expansion d'algorithmes, et leur convergence avec les progrès des neurosciences. Miniaturiser ces technologies ouvre des possibilités d'innovations, permettant à l'IA de prendre l'ampleur. Ces interfaces numériques et technologiques offrent un champ des possibles quant aux usages dans tous les domaines de la société : comme la recherche, la médecine et la santé humaine (Silva, 2018 ; Rainey et Erden, 2020 ; Surianarayanan et al., 2023), mais aussi les jeux, la défense, le monde du travail, le recrutement, la finance, le marketing et le commerce, le luxe et le bien-être.

Les recherches progressent à une vitesse si vertigineuse, qu'elles rendent indispensables les réflexions sur les enjeux sociétaux, éthiques et légaux qu'elles soulèvent, ainsi que sur la conception interdisciplinaire de certifications, de normes, d'autorisations, de systèmes d'évaluation, de surveillance et de cadres de gouvernance qui soient adaptés aux valeurs sociologiques, éthiques et juridiques de la France et de l'Europe.

Le *metaverse* (Fernandez et Hui, 2022), les interfaces numériques (Tsamados *et al.*, 2021 ; Marcello Ienca, 2020), les neurotechnologies (Salles *et al.*, 2019), les réalités virtuelles et augmentées (Slater *et al.*, 2020 ; Meske et Amojó, 2020) mettent en tension les conceptions de ce qu'est l'être humain en tant que personne autonome, libre et responsable, et les conséquences de leurs utilisations sur l'identité humaine et la société. Ils transforment la conception que nous avons de notre identité, notre perception du monde, de nous-même et de notre relation aux autres. Leurs développements appellent à une « vigilance éthique face au risque d'atteinte à l'intégrité psychique et d'entrave à la liberté de pensée » (By-sa, 2020).

Il est également intéressant de souligner que la place de l'imaginaire et de la science-fiction est centrale dans leurs élaborations et leurs développements, posant l'inévitable question de quel monde voulons-nous et construisons-nous pour demain. Le philosophe Hans Jonas

avait déjà verbalisé cette inquiétude en 1984, dans son livre *Le principe de responsabilité*<sup>1</sup> (Jonas, 1984). Inquiétude que nous pouvons poser par ces simples questions : quel monde allons-nous transmettre aux générations futures ? Est-ce que c'est prendre soin de ce futur que de se jeter dans l'innovation sans réfléchir aux conséquences ?

## L'ÉTHIQUE PEUT-ELLE ÊTRE LA PIERRE ANGULAIRE DE TOUS CES DÉFIS ? ET D'AILLEURS, QU'EST-CE QUE L'ÉTHIQUE ?

Cela n'a échappé à personne que l'éthique est en train de devenir, en 2023, au cœur des stratégies de l'innovation, des entreprises et des recherches.

Pour qu'une innovation soit acceptée et crédible sur la scène nationale et internationale de l'économie de marché, et pour qu'elle puisse se faire une place au cœur de ce « TGV en ultra grande vitesse » mondialisé des innovations numériques et technologiques, elle se doit d'être fiable, rigoureuse, responsable, transparente et de confiance.

De plus, pour que ces interfaces numériques puissent accélérer la transition vers une société plus responsable et plus durable, il est essentiel de diffuser une culture éthique au sein de chaque département et de chaque service des entreprises, qui soit en accord avec les valeurs que celles-ci veulent incarner et défendre. Cette juste protection des innovations permet aux entreprises et aux acteurs des parties prenantes de continuer à être, sur le plan national et international, des acteurs influents majeurs de la valorisation et du transfert vers la société des innovations dans toutes leurs dimensions. Il en va de la confiance que nos concitoyens accordent et vont continuer à accorder aux entreprises, à l'État, aux chercheurs, mais aussi de la souveraineté qu'a la France dans l'écosystème des innovations au niveau international.

Le défi est donc d'apprendre à surfer sur la vague de l'innovation et de la technologie tout en admettant qu'il faille anticiper les dérives de leurs usages. Mais pour cela, il faut comprendre ce qu'est véritablement l'éthique et quelle place va-t-on lui donner dans l'entreprise et dans l'innovation. Car il est évident qu'en 2023, cette discipline n'est pas encore suffisamment formalisée dans les gouvernances de toutes les entreprises.

Elle doit s'appliquer sur et s'impliquer dans toutes les chaînes de valeur de l'entreprise, et devenir une partie prenante à part entière pouvant intervenir dans l'ensemble des processus, de l'élaboration jusqu'à la commercialisation en passant par le développement, la gestion et la coordination de la mise en œuvre du projet.

Or, pour que l'éthique puisse prendre toute sa place, il faut au préalable clarifier les termes, car une confusion trop importante avec la morale, ne lui permet pas d'être ce qu'elle est véritablement. L'éthique et la morale renvoient toutes les deux à l'idée de mœurs, l'une provenant du latin *mores*, l'autre, du grec *ethos*. Elles renvoient à une dimension importante des actions humaines, visible dans des situations de la vie courante. En français, on utilise le mot *ethos* pour parler d'une façon d'agir propre à un groupe d'individus, d'un code de conduite qu'il ne serait pas même nécessaire de transcrire car manifeste (Ricoeur, 1990).

Si l'on veut les distinguer, la morale se réfère à un ensemble de valeurs et de principes qui permettent de différencier le bien du mal, le juste de l'injuste, l'acceptable de l'inacceptable, et auxquels il faudrait se conformer. C'est l'ensemble des principes de jugement

<sup>1</sup> JONAS H. (1998), *Le principe de responsabilité, une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Flammarion, collections Champs, 450 p.

et de conduite qui s'imposent à la conscience individuelle ou collective, comme fondés sur les impératifs du bien.

Alors que l'éthique n'est pas un ensemble de valeurs ni de principes en particulier, comme l'est la morale. Il s'agit d'une réflexion argumentée en vue du bien-agir, partant de la culture commune d'une entreprise, d'un pays ou d'un peuple. Elle va proposer de s'interroger sur les valeurs morales et les principes moraux qui devraient orienter nos actions, dans des situations singulières provoquant des questions liées à un conflit de valeurs à un moment précis, dans le but d'agir conformément à ceux-ci.

Or l'éthique et la morale vont se répondre et dialoguer, lorsque l'une ou l'autre est en tension, c'est la sagesse pratique selon Paul Ricoeur (Svandra, 2016). Une visée éthique est selon lui « le mouvement même de la liberté qui cherche une vie bonne, dans la sollicitude envers autrui et dans un juste usage des institutions sociales ».

Donc réfléchir sur les enjeux éthiques du numérique, des innovations, de l'IA, des données, des neurotechnologies nécessite de s'interroger et de s'ouvrir à la démarche du questionnement de nos actions. Une telle réflexion permet alors de poser factuellement les choses, et peut se faire à différents niveaux, certains plus fondamentaux et d'autres plus pratiques et opérationnels.

Penser éthique, c'est pouvoir se poser, impliquant une prise de recul. C'est entrer dans les méandres des dilemmes qui s'imposent à nous, pour essayer de « tricoter et détricoter » et peser les arguments du plus juste positionnement. Une telle réflexion est essentielle à l'innovation responsable qui requiert un temps de réflexion pour que sa concrétisation dans la société soit sûre et respectueuse des valeurs universelles des droits de l'homme, des principes de dignité, de bienfaisance, d'autonomie, de responsabilité, de liberté de penser et de choix, et ce en prenant appui sur l'engagement volontaire des entreprises et des utilisateurs pour en assurer sa réussite.

### **POUR CRÉER UNE TECHNOLOGIE, UNE INNOVATION DE CONFIANCE, QUELLE PLACE POUR LE RESPECT DE LA VIE PRIVÉE, DE LA PERSONNE HUMAINE, DE LA DIGNITÉ ET DE LA VULNÉRABILITÉ HUMAINE ?**

Les neurosciences modifient nos conceptions philosophiques et éthiques traditionnelles construites à partir de la base biologique de notre comportement, en apportant des informations sur le fondement biologique de notre comportement moral, nos pensées, nos décisions, nos goûts, nos positions, nos fragilités et nos prédispositions.

Elles mettent en question le concept juridique du libre arbitre, donc de la base de la responsabilité juridique, et interrogent sur la notion de consentement et les finalités des recherches, mais également sur la vulnérabilité, l'intérêt et la sécurité de la personne et de la nation, qui doivent être au cœur de ces questionnements éthiques du numérique.

La vulnérabilité nous permet d'entrer en relation avec autrui. C'est une leçon d'humilité, la comprendre permet de prendre soin de l'autre dans une juste relation d'interdépendance, en assumant une autonomie relationnelle. Ce qui est en jeu, c'est la confidentialité de ce que nous sommes en tant qu'être humain singulier qui doit être et rester au centre des enjeux éthiques du numérique et des données.

Donc le défi pour la société, les entreprises, la recherche, est vertigineux. Il est de faire une place significative à l'éthique au sein des organisations, des directions, et en amont des projets et des investissements, afin qu'elle puisse les accompagner jusqu'à leurs termes, diminuant ainsi les risques de contentieux légaux et sociétaux. Le défi est de

rendre opérationnelle l'éthique, tout en lui laissant ce qui la caractérise qui est la place à la réflexion, à l'échange, à la discussion, à la controverse, au doute. C'est finalement envisager l'éthique comme pivot réflexif entre l'intégrité scientifique, donc une démarche normative, et la responsabilité sociale, qui est une démarche sociétale et politique (Coutellec et Weil-Dubuc, 2019 ; Coutellec, 2019).

Pour cela, il faut réunir les conditions d'un questionnement ensemble, de telle sorte que cela permette à chacun de : 1) déplacer son regard, 2) de faire un pas de côté, 3) de prendre de la hauteur et du recul, 4) de relire, 5) de s'approprier et se réapproprier sa capacité de penser et d'analyse, son esprit critique, 6) d'avoir l'envie d'agir dans le sens qui lui semble juste.

Pour résumer, l'éthique va donc favoriser une démarche d'intelligence collective, rendant possible la composition des savoirs et des perspectives de tous projets, en considérant leurs spécificités et leurs singularités. Cette démarche a un potentiel vertueux et structurant, en invitant à la réflexion et à l'échange, afin d'améliorer les processus, les pratiques et les approches responsables des projets d'innovation, car avec le numérique, il va être de plus en plus difficile d'être dans la réactivité face à un problème éthique. Les problématiques éthiques et juridiques vont devenir insolubles si on ne les traite pas en amont de la conception des technologies numériques. L'éthique va permettre d'être proactifs et d'accompagner de manière positive l'innovation, et non pas de brimer ses potentiels ni de la freiner.

Finalement, ce qui est enthousiasmant, c'est que le numérique ouvre de nouveaux champs d'action de l'éthique, en la dirigeant vers une éthique de l'usage, une éthique appliquée, embarquée, impliquée, citoyenne et de terrain, faisant le lien avec la réflexion et la philosophie, qui ouvre un éventail de plus en plus large et diversifié aux actions humaines pour qu'elles soient en cohérence avec les libertés et droits fondamentaux.

L'« éthique *by design* » (Fischer, 2019) qui se dessine au cœur des organisations est l'approche d'une éthique appliquée et embarquée dans la réalité du terrain des entreprises dès la conception et l'élaboration des innovations et des projets afin qu'ils intègrent des dimensions responsables et respectueuses de l'intégrité et de la dignité de l'être humain et de l'espèce humaine. Sa spécificité est qu'elle s'insère dans le concret des projets, en tant que partie prenante de ce dernier, dès le départ, complétant et travaillant



Image générée à l'aide du logiciel Midjourney par Laure Tabouy (D. R.).

ainsi avec la “*privacy by design*”. Car l’arrivée du numérique fait émerger des questions éthiques sans précédent en lien avec des questions juridiques, puisqu’il génère à lui seul un appareil normatif qui peut avoir un impact aussi considérable qu’une loi d’un pays, voire davantage lorsqu’il est mondial. Le but est donc d’intégrer des valeurs et des principes similaires à ceux des êtres humains dès la conception des interfaces numériques et technologiques. Cela se traduit par une réflexion éthique, qui se concrétise ensuite techniquement.

Opérationnaliser l’éthique demande donc d’être imaginatif et créatif dans la mise en œuvre de cette problématique en l’intégrant dans le concret de l’entreprise et qui sera empreinte des valeurs et de la culture de chacune d’entre elle et des pays où elle implantée. Un des exemples est la mise en œuvre des recommandations de l’OCDE de 2019 sur les neurotechnologies en France par l’inauguration d’une charte nationale des neurotechnologies responsables le 17 novembre 2022. Cette charte propose d’accompagner l’innovation sans être une contrainte pour les entreprises et la recherche. Elle est un exemple concret d’application de l’éthique dans le domaine du numérique.

## L’ÉTHIQUE DE L’ANTICIPATION À TRAVERS L’EXEMPLE DES NEUROTECHNOLOGIES

Favoriser l’usage du numérique et des interfaces numériques, le partage et la réutilisation des données, s’interroger sur les modèles économiques de valorisation de celles-ci, faire confiance à l’innovation sont des enjeux cruciaux, dont l’attractivité de la France dépend. L’intérêt suscité par le numérique et les investissements qui y sont consacrés a conduit à la naissance de nombreuses entreprises et à de nombreux projets de recherche français, européens et internationaux visant à faire progresser la connaissance.

C’est le cas de la recherche en neurosciences. Lire dans les pensées, décrypter les rêves, communiquer et écrire par les pensées, télécharger le cerveau dans un ordinateur... Ce monde, qui relève de la science-fiction, est à nos portes. Il est même déjà là, et il m’interroge. Est-ce qu’il est souhaitable que nos pensées et nos intentions soient à la portée de tous ?

Par la convergence des approches moléculaires et cellulaires avec des recherches neurophysiologiques et cognitives plus intégrées et l’informatique, l’IA, les recherches qui visent à comprendre la structure et le fonctionnement du cerveau sont accompagnées du développement d’innovations numériques et de techniques d’exploration du cerveau : les neurotechnologies ou interfaces cerveau-machine.

La charte française des neurotechnologies responsables<sup>2</sup> (MESRI *et al.*, 2022), inaugurée en 2022 et l’OCDE à travers sa recommandation n°0457 de 2019 (OCDE, 2019) ont défini les neurotechnologies comme « des dispositifs et des procédures utilisés pour accéder au fonctionnement ou à la structure des systèmes neuronaux de personnes naturelles et permettant de les étudier, de les évaluer, de les modéliser, d’exercer sur eux une surveillance ou d’intervenir sur leur activité ». Elles permettent de réaliser des interventions d’une grande précision, de moduler les circuits neuronaux associés aux facultés cognitives et comportementales afin d’agir ou de contrôler l’une ou l’autre de ces facultés. Elles sont développées au sein de laboratoires académiques et d’entreprises, et déjà commercialisées auprès d’un public en bonne santé.

À la vue de la progression à une vitesse vertigineuse des innovations, c’est autour de la nécessité de s’accorder sur une éthique appliquée et embarquée aux neurotechnologies

---

<sup>2</sup> <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/presentation-de-la-charte-francaise-de-l-innovation-responsable-en-neurotechnologies-87967>

et à l'IA que se construit la neuroéthique, ou une *neuroethics by design*. Ces recherches permettent aujourd'hui de modéliser la notion d'intelligence au cœur même de la notion d'humanité. Ce qui m'interroge, car l'utilisation d'une sémantique empruntée aux neurosciences entretient dans la société le fantasme d'une IA véritablement intelligente, à la hauteur de l'intelligence humaine. À l'heure où bon nombre annoncent que ces innovations sont sur le point d'acquiescer une conscience, pourraient être capables de raisonnements, d'adaptabilité et de ressentir des émotions, certains posent la question d'accorder des droits aux innovations technologiques similaires aux humains. À l'heure actuelle, les machines n'ont pas les capacités d'adaptation des êtres humains. Il est donc encore possible de distinguer l'intelligence humaine de l'intelligence artificielle, mais pour combien de temps ?

Est-ce éthiquement justifié de leur accorder de tels droits ? Qu'appelle-t-on une machine consciente et intelligente ? Qu'en est-il de la responsabilité qu'elles pourraient endosser ? Quels risques d'abus possible qui pourraient être juridiquement sanctionnables ? Quelle distinction entre la conscience et l'intelligence humaine et artificielle ? Comment les définir ?

Dans une société où la nécessité économique domine, ces machines sont porteuses d'espoir, mais leur capacité à influencer ou manipuler les personnes est inquiétante. Une frontière très poreuse entre les utilisations médicales et non médicales, comme le bien-être, les jeux, le travail, le neuromarketing, le luxe, les RH, les finances, interroge, avec des objectifs et des investissements différents.

Le perfectionnement des technologies sur le marché mondial et la convergence de l'IA et des neurosciences favorisent le développement de neurotechnologies plus miniaturisées, plus efficaces et plus puissantes, l'arrivée de plateformes collaboratives, et la mise en place de *cloud* international. Cette convergence rend de plus en plus possible le développement d'innovations proches de celles imaginées dans la littérature de science-fiction. Effectivement, des algorithmes, de l'IA et l'apprentissage automatique permettent de traiter les données cérébrales capturées. Ils convertissent les ondes cérébrales en signaux numériques qui peuvent ensuite être utilisés pour du *neurofeedback*. Quels sont les enjeux de cette convergence ? Les informations générées par les algorithmes sur l'activité cérébrale et la manière dont ils produisent des connaissances et des idées exploitables interpellent.

La mise en lumière des potentiels et des limites des neurotechnologies remet au centre des préoccupations l'éthique de l'anticipation de celles-ci. En s'interrogeant sur le champ des possibles, à l'aide de la philosophie et la littérature de science-fiction, il est intéressant de penser et de comprendre comment prendre soin du présent et du futur, sans contraindre la promesse d'une innovation utile et prometteuse<sup>3</sup> (Coutellec et Weil-Dubuc, 2019).

Anticiper les futurs, c'est davantage s'interroger sur le champ de possibilités qui s'ouvre lorsque l'on se défait de certains tropismes technologiques. Prises dans l'anticipation projective de la compréhension du cerveau pour enrichir les capacités cognitives et émotionnelles des machines, quelles questions éthiques émergent de la science-fiction et des technologies en cours ?

Cette question met un coup de projecteur sur la place de l'anticipation et de la prédiction, qui sont centrales dans l'élaboration des neurotechnologies et des interfaces numériques. Les recommandations de l'OCDE de 2019, de l'UNESCO en 2021 (Unesco, 2022) et

<sup>3</sup> COUTELLE C. L., JOLIVET A., MOSER S. J., & WEIL-DUBUC P. (éd.) (2019), *Le futur de la santé : Pour une éthique de l'anticipation*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, doi : 10.4000/books.editionsmsmsh.16727

2023 (Unesco, 2023), mais aussi la charte française des neurotechnologies, inaugurée le 17 novembre 2022, ouvrent d'ailleurs la porte à ces questionnements.

La littérature, depuis Jules Verne, les films et aussi les jeux vidéo regorgent d'idées pour de futures utilisations des interfaces numériques. Il est donc indispensable de se pencher sur leur pouvoir de création en analysant les scénarios. Car la question de l'opérationnalisation de l'éthique se pose pour que ces innovations soient adaptées aux valeurs sociologiques, éthiques et juridiques de la France et de l'Europe. Et la science-fiction reflète parfois ces valeurs.

En perspective, il faut privilégier la liberté d'innover en intégrant dans le processus dès la conception des innovations l'éthique, en faisant d'elle une alliée et une partie prenante de tous projets et de toutes innovations.

« C'est prendre soin de la santé du présent et de notre façon d'y être attentif sans contraindre l'espérance d'un futur meilleur. C'est finalement remettre au centre des préoccupations une éthique de l'anticipation comprise comme éthique de notre façon de prendre soin du futur » (Coutellec et Weil-Dubuc, 2019).

Et vous, chers lecteurs, après ce petit intermède sur l'éthique, comment ces sujets, ces innovations, ces questionnements, ces réflexions vous parlent et viennent vous chatouiller, vous titiller, vous toucher, vous bousculer ou vous engager ?

## BIBLIOGRAPHIE

BY-SA C.C. (2020), « Les neurotechnologies sous l'œil de la nouvelle loi de bioéthique », pp. 1-6.

COUTELLEC L. (2019), « Penser l'indissociabilité de l'éthique de la recherche, de l'intégrité scientifique et de la responsabilité sociale des sciences », *Revue d'anthropologie des connaissances* 13(2), pp. 381-398.

COUTELLEC L. & WEIL-DUBUC P.-L. (2019), « Des antidotes pour une éthique de l'innovation », *Soins*, 64(837), pp. 56-59.

FERNANDEZ C. B. & HUI P. (2022), "Life, the metaverse and everything: An overview of privacy, ethics, and governance in metaverse", *Proceedings - 2022 IEEE 42<sup>nd</sup> Int Conf Distrib Comput Syst Work ICDCSW 2022*:272-277.

FISCHER F. (2019), « L'éthique by design du numérique : généalogie d'un concept », *Sci du Des*, n°10, pp. 61-67.

JONAS H. (1984), *The Imperative of Responsibility. In Search of an Ethics for the Technological Age*, University of Chicago Press.

MARCELLO I. & IGNATIADIS K. (2020), "Artificial intelligence in clinical neuroscience: Methodological and ethical challenges", *AJOB Neurosci*, 11, pp. 77-87. Available at: <https://doi.org/10.1080/21507740.2020.1740352>

MESKE C. & AMOJO I. J. (2020), "Ethical guidelines for the construction of digital nudges", arXiv 3:3928-3937.

MESRI, CCNE & OCDE (2022), « Charte de développement responsable des neurotechnologies ».

OECD (2019), "Recommendation on responsible innovation in neurotechnology", *Oecd/Legal/0457*:10.

OECD (2023), "Draft recommendation on the governance of digital identity", pp. 1-9.

RAINEY S. & ERDEN Y. J. (2020), “Correcting the brain? The convergence of neuroscience, neurotechnology, psychiatry, and artificial intelligence”, *Sci Eng Ethics*, 26, pp. 2439-2454.

RICOEUR P. (1990), *Éthique et morale*, pp. 1-9.

SALLES A., EVERS K. & FARISCO M. (2019), “Neuroethics and philosophy in responsible research and innovation: The case of the human brain project”, *Neuroethics*, 12, pp. 201-211.

SILVA G. A. (2018), “A new frontier: The convergence of nanotechnology, brain machine interfaces, and artificial intelligence”, *Front Neurosci*, 12, pp. 1-8.

SLATER M., GONZALEZ-LIENCRES C., HAGGARD P., VINKERS C., GREGORY-CLARKE R., JELLEY S., WATSON Z., BREEN G., SCHWARZ R., STEPTOE W., SZOSTAK D., HALAN S., FOX D. & SILVER J. (2020), “The ethics of realism in virtual and augmented reality”, *Front Virtual Real*, 1, pp. 1-13.

SURIANARAYANAN C., LAWRENCE J.J., CHELLIAH P.R., PRAKASH E. & HEWAGE C. (2023), “Convergence of artificial intelligence and neuroscience towards the diagnosis of neurological disorders - A scoping review”, pp. 1-29.

SVANDRA P. (2016), *Repenser l'éthique avec Paul Ricœur*.

TSAMADOS A., AGGARWAL N., COWLS J., MORLEY J., ROBERTS H., TADDEO M. & FLORIDI L. (2021), “The ethics of algorithms: Key problems and solutions”, *AI Soc*. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01154-8>.

UNESCO (2022), “Ethical issues of neurotechnologies”.

UNESCO (2023), “The risks and challenges of neurotechnologies for human rights”.

# Le baromètre du numérique - édition 2022

Par Michel SCHMITT et Matthias de JOUVENEL  
Conseil général de l'Économie (CGE)

Le baromètre du numérique est un sondage récurrent qui porte sur les équipements et usages numériques des Français. Nous présentons ici un certain nombre de résultats de l'édition 2022 de ce baromètre. Les soixantenaires sont devenus internautes au même niveau que les plus jeunes, et l'équipement en objets connectés continue sa croissance rapide, que ce soit dans la sécurité, l'électroménager ou la santé. Les usages qui ont progressé lors du confinement continuent dans la durée et montrent ainsi leur adoption. Le numérique devient de plus en plus indispensable : plus de 60 % des personnes interrogées affirment ne pas pouvoir se passer d'Internet plus d'une journée, en particulier de messagerie.

## QU'EST-CE QUE LE BAROMÈTRE DU NUMÉRIQUE ?

Il s'agit d'un sondage récurrent sur les équipements et les usages numériques des particuliers en France. Il a été lancé par le Conseil général de l'Économie (CGE) en 2000, rejoint successivement par l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse (Arcep) en 2003, par l'Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT) en 2016 et enfin par l'Autorité de régulation de la communication audiovisuelle et numérique (ARCOM) en 2022. Chaque partenaire oriente le baromètre sur les thèmes spécifiques liés à son champ de compétences. Ainsi, le CGE se concentre sur les usages.

En 2022, l'enquête a été réalisée par le Credoc en ligne et par téléphone. Une enquête *flash* par téléphone auprès de 1 000 personnes a permis de déterminer la proportion de la population ne disposant pas d'une connexion Internet à domicile, donc moins susceptible de répondre à un sondage en ligne. L'échantillon complet compte 4 184 personnes résidant en France métropolitaine, dont 163 personnes de 12 à 14 ans (interrogées par Internet), 573 personnes de plus de 18 ans ne disposant pas de connexion Internet à leur domicile (interrogées par téléphone) et 3 448 personnes de plus de 15 ans (interrogées par Internet). Les résultats ont été redressés selon l'âge, le sexe, la catégorie socio-professionnelle, le niveau de diplôme, la taille d'agglomération et la région.

Le questionnaire (79 questions en 2022) est composé d'un squelette stable dans le temps (taux d'équipement en téléphone fixe, téléphone mobile, *smartphone*, ordinateur à domicile, Internet à domicile, accessibilité), des focus particuliers à chaque année ainsi que des questions à fréquence variable, selon l'actualité (télétravail, déconnexion, empreinte environnementale des téléviseurs...).

Le rapport d'analyse complet comprend 349 pages en raison de la richesse du questionnaire. L'ensemble des documents (présentation utilisée lors de la conférence de presse<sup>1</sup>,

---

<sup>1</sup> Conférence de presse du 30 janvier 2023 en présence de Jean-Noël Barrot, ministre délégué chargé de la Transition numérique et des Télécommunications.

dossier de presse, infographie et la captation vidéo de la restitution) sont disponibles sur le site du CGE<sup>2</sup>. Toutes les données de l'enquête sont accessibles sur la plateforme ouverte des données publiques françaises<sup>3</sup>.

Dans cet article, nous mettons en lumière un certain nombre de résultats marquants de l'édition 2022 du baromètre du numérique. Ce choix des thèmes reflète plus particulièrement les préoccupations du CGE en termes d'usages numériques.

## RÉSEAUX ET ÉQUIPEMENTS NUMÉRIQUES

L'effort de déploiement de la fibre continue sa progression rapide et dépasse en 2022 l'ADSL (respectivement 56 et 39 % en 2022, contre 39 et 54 % en 2020). Néanmoins, des différences territoriales persistent, puisque cette part n'est encore que de 34 % dans le monde rural contre 72 % dans l'agglomération parisienne.

En ce qui concerne les équipements utilisés quotidiennement, après une décroissance continue de l'ordinateur, qu'il soit fixe ou portable, au profit du *smartphone*, l'ordinateur retrouve un usage renouvelé à partir de 2020 (47 % en 2019 ; 62 % en 2022). Cette croissance importante s'interprète par le confinement et l'essor du télétravail avec de nombreuses visioconférences, plus confortables sur un écran d'ordinateur que sur un écran de *smartphone*. Téléphones fixes et tablettes restent globalement constants sur les cinq dernières années.

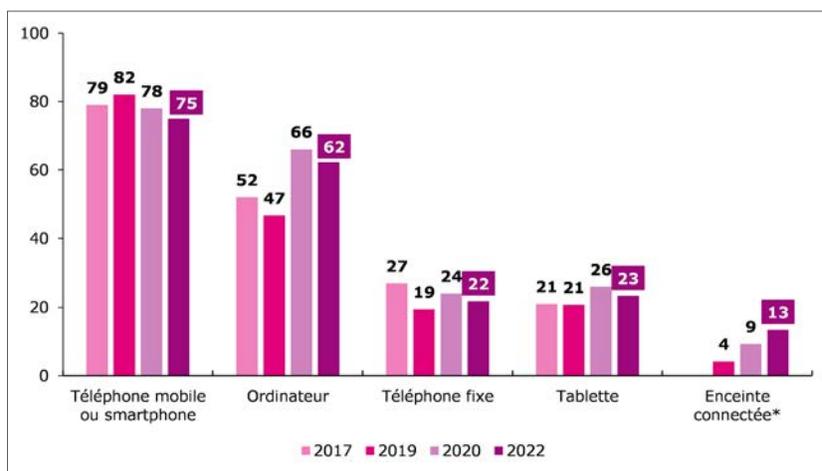


Figure 1. Évolution des utilisateurs quotidiens des différents équipements (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus, en % d'utilisateurs quotidiens).

Les nouveaux équipements progressent rapidement : l'enceinte connectée (31 % en 2022 contre 22 % en 2020 et 9 % en 2019) et les objets connectés (40 % des personnes sont équipées d'au moins un objet connecté en 2022 contre 33 % en 2020). Les objets relatifs à la santé sont les plus répandus (24 %), les objets relatifs à la sécurité se diffusent le plus rapidement (+ 7 points en deux ans). Une majorité des 12-39 ans est déjà équipée et les intentions d'équipement en objets connectés s'accroissent.

<sup>2</sup> <https://www.economie.gouv.fr/cge/barometre-numerique-2022>

<sup>3</sup> <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/barometre-du-numerique/>

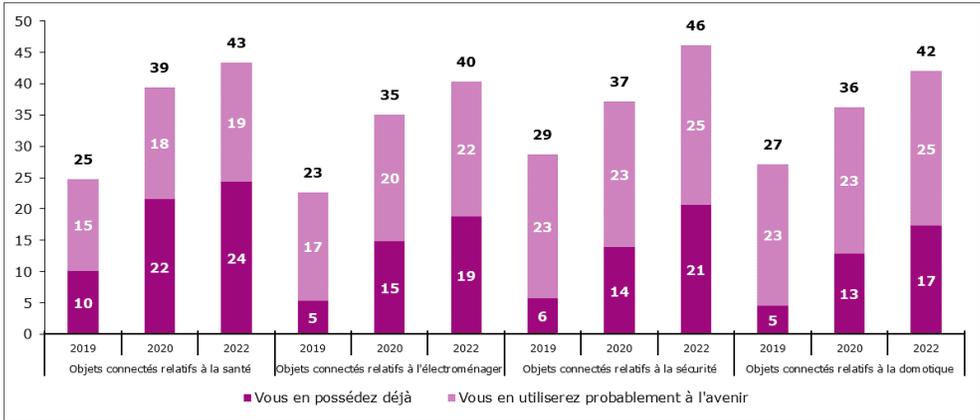


Figure 2. « En dehors des téléphones, enceintes, télévisions et consoles de jeux, on peut disposer à domicile d'objets connectés à Internet grâce à une technologie sans fil de type montre connectée, électroménager connecté, thermostat, sécurité, etc. Par rapport à ces objets, aujourd'hui, quelle est votre situation ? » (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus, en %).

Enfin, l'usage des casques de réalité virtuelle, équipements essentiels pour le métavers, a émergé rapidement. Un Français sur cinq a déjà testé un casque de réalité virtuelle (7 % possèdent un casque, 14 % ont déjà essayé), 19 % n'ont pas encore essayé mais aimeraient le faire.

## LES FRANÇAIS PRESQUE TOUS INTERNAUTES

La proportion d'internautes dans la population est stable par rapport à 2020, à 92 %. Les moins de 70 ans sont internautes à plus de 96 %. Seule une partie des personnes âgées de plus de 70 ans reste éloignée d'Internet, l'élan de la crise sanitaire (71 % d'internautes en 2020 contre 58 % en 2019 dans cette tranche d'âge) est retombé.

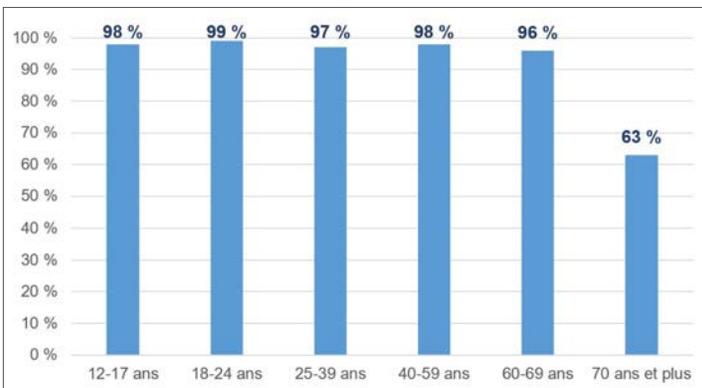


Figure 3. Pourcentage d'internautes selon l'âge (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus, en %).

La tranche d'âge qui évolue le plus de 2020 à 2022 est celle des 60-69 ans, passant de 81 % d'internautes en 2019 à 96 % en 2022.

De nombreux équipements numériques comportent des écrans. Ainsi, en moyenne, les Français passent 32 heures par semaine à regarder un écran. Le nombre moyen d'heures passées à regarder la télévision sur un poste de télévision est en baisse, à 17 heures par

semaine dans l'ensemble de la population (19 heures en 2020). À l'inverse, le temps passé à regarder des vidéos sur Internet atteint 8 heures en moyenne par semaine (6 heures en 2020). Ces usages sont très corrélés à l'âge.

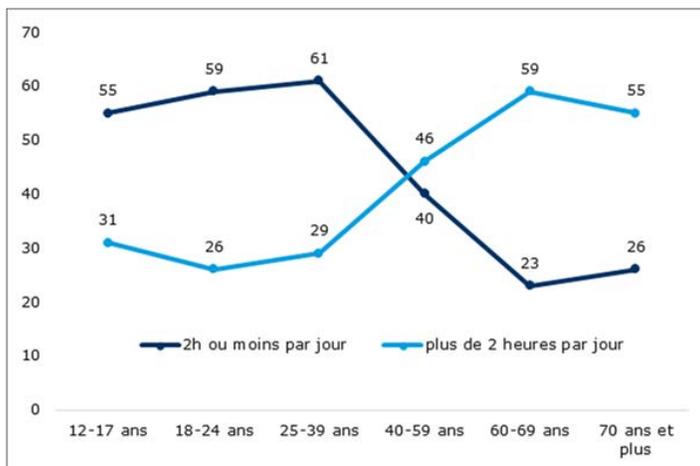


Figure 4. Les plus âgés passent le plus de temps devant leur poste de télévision (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus, en %).

## INTERNAUTES POUR QUELS USAGES ?

### Achats en ligne

La crise sanitaire a relancé les achats en ligne et leur fréquence continue d'augmenter. Un Français sur deux achète en ligne au moins une fois par mois. Ces tendances sont corroborées par les chiffres de la FEVAD<sup>4</sup>.

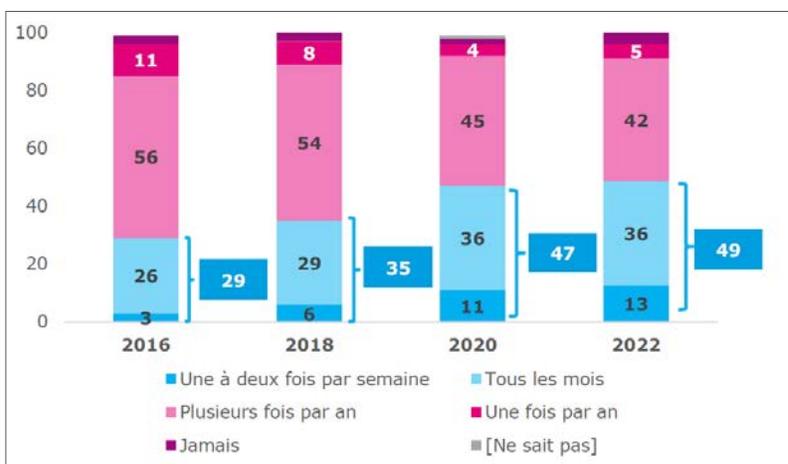


Figure 5. « Pour vos achats de biens uniquement, quelle est la fréquence de vos achats et donc de vos livraisons ? » - Évolution depuis 2016 (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus ayant fait un achat sur Internet au cours des douze derniers mois, en %).

<sup>4</sup> Selon le bilan 2022 de l'e-commerce français, le commerce en ligne a atteint 146,9 milliards d'euros de chiffre d'affaires en 2022, en progression de 13,8 % sur un an.

La réservation d’hôtels ou de taxis, la commande d’un repas se font de manière prépondérante au travers de plateformes, montrant le niveau d’ubérisation de l’économie.

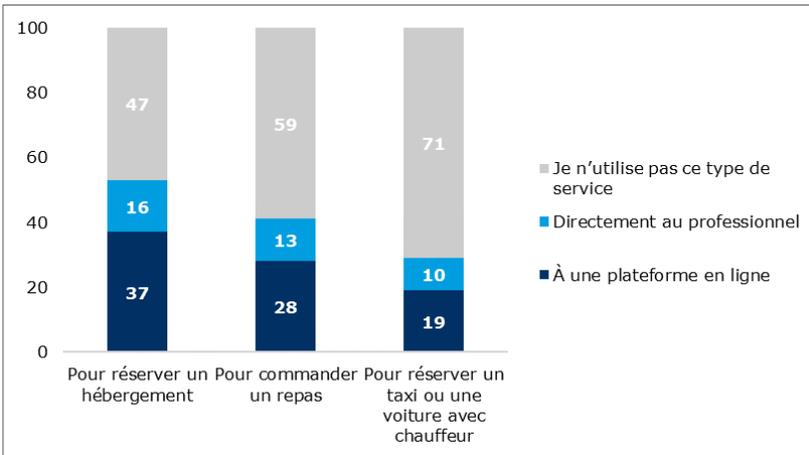


Figure 6. « Il existe, sur Internet, de plus en plus de plateformes en ligne (par exemple Deliveroo, Uber ou Airbnb) qui permettent à l'utilisateur d'accéder à une offre de biens et de services sans s'adresser directement au professionnel qui va prendre en charge ce service. Vous, personnellement, pour les services suivants, vous recourez auquel le plus souvent ? » (Champ : ensemble des internautes de 12 ans et plus ayant une connexion Internet fixe à domicile, en %).

Cette question a été posée pour la première fois et ne permet donc pas encore de dégager la dynamique de ce phénomène.

## Réseaux sociaux

L'usage des réseaux sociaux refluent à 62 %, un peu au-dessus du niveau de 2019 (60 %), après le pic d'usage en 2020 (67 %) lors de la crise sanitaire. Le graphique ci-dessous montre les disparités d'usage selon l'âge, la taille du foyer, le niveau de diplôme et la localisation géographique.

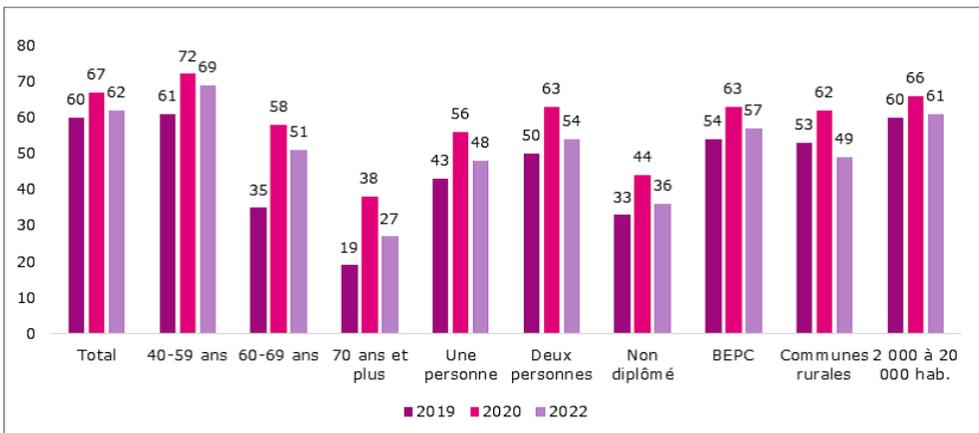


Figure 7. Pic de participation à des sites de réseaux sociaux au cours des douze derniers mois observé en 2020 dans certaines catégories (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus, en %)

## Travail et numérique

Le recours à Internet pour chercher un emploi augmente légèrement (32 % contre 30 % en 2020), et atteint 83 % chez les actifs au chômage (contre 76 % en 2020).

Les personnes qui télétravaillent au moins occasionnellement sont positives sur ses bénéfices : 85 % estiment que le télétravail a un effet positif sur leur vie personnelle, et 78 % sur leur vie professionnelle. Pourtant, 66 % des personnes en emploi déclarent avoir utilisé des outils numériques pour des raisons professionnelles en dehors de leurs horaires et lieux de travail habituels (c'est-à-dire le soir, le week-end, en vacances, dans les transports, à domicile), 39 % le faisant régulièrement.

## Jeux vidéo

En moyenne, les Français jouent à des jeux vidéo sur un équipement numérique 6 heures par semaine (10 heures par semaine pour les joueurs). Six personnes sur dix indiquent aujourd'hui jouer à des jeux vidéo, pris au sens large, en intégrant tous les types de jeux, qu'ils soient accessibles sur *smartphones*, ordinateurs ou consoles. Le plus souvent seul (40 %), en ligne avec d'autres joueurs (18 %), cette proportion dépendant fortement de l'âge. Le téléphone / *smartphone* constitue le principal équipement utilisé pour jouer aux jeux vidéo. Le *smartphone* a élargi le public des joueurs : 47 % des femmes jouent à des jeux sur leur *smartphone* (55 % des hommes). 58 % des 40-59 ans et 28 % des 60-69 ans ouvriers (59 %), employés (59 %) et les cadres (61 %) ou les professions intermédiaires (60 %).

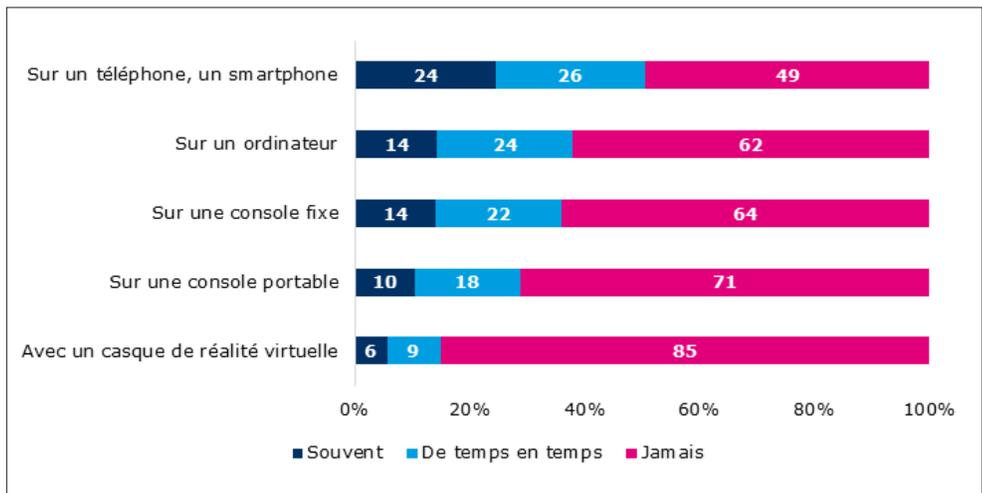
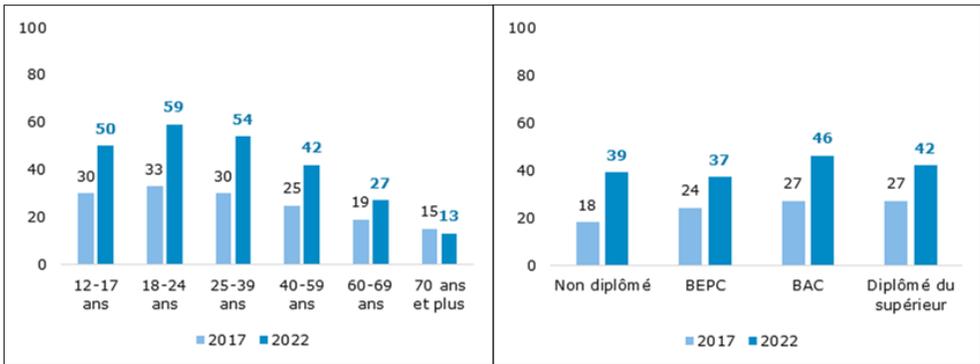
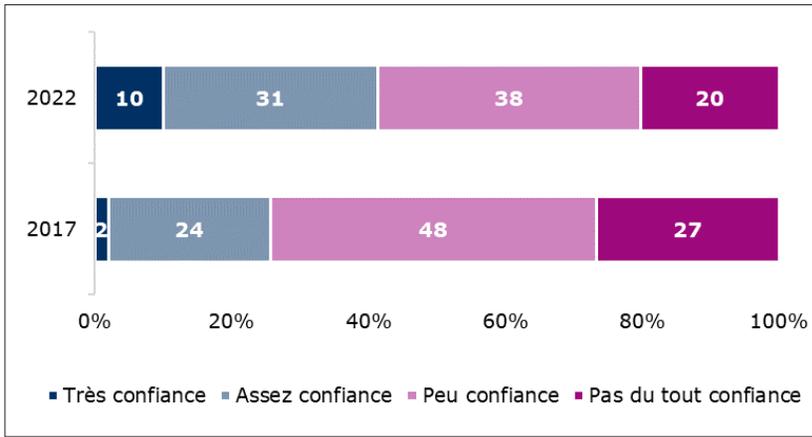


Figure 8. « À quelle fréquence jouez-vous à des jeux vidéo ? »  
(Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus, en %).

## QUELLE CONFIANCE DANS LE NUMÉRIQUE ?

La confiance dans les informations relayées par des particuliers sur les réseaux sociaux s'est fortement accrue depuis 2017 (41 contre 26 %). Cette hausse est largement portée par les plus jeunes et les jeunes adultes, alors que les plus de 70 ans sont 13 % à avoir confiance (-2 points). Les diplômés du supérieur font presque autant confiance que les non-diplômés.



Figures 9 et 10. « Avez-vous confiance dans les informations relayées sur les réseaux sociaux ? » (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus, en %).

Pourtant, les informations relayées au travers des réseaux sociaux font question au regard des violentes contestations des résultats des élections au Brésil et aux États-Unis, facilitées par les réseaux sociaux. La crise sanitaire a été l'occasion d'une vague de désinformation amplifiée sur les réseaux sociaux.

## LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE

Au regard du taux d'équipement en téléphones mobiles (95 % en 2022 contre 94 % en 2017) ou de la part des internautes (92 % en 2022 contre 88 % en 2017), la révolution numérique a déjà eu lieu. D'ailleurs, la majorité de la population (58 %) ne peut plus se passer d'Internet plus d'une journée, alors qu'Internet ne manquait pas à la majorité (61 %) avant plus d'une semaine en 2011. La messagerie est le service dont il est le plus difficile de se passer. Les 12-39 ans citent davantage les contenus vidéo, les réseaux sociaux et les jeux vidéo.



Figure 11. « Combien de temps pouvez-vous vous passer d'Internet sans que ça vous manque ? » (Champ : internautes de 12 ans et plus, en %).

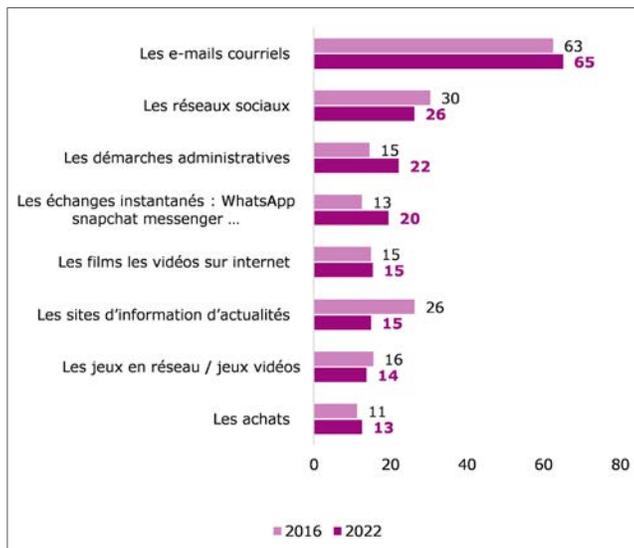


Figure 12. « Quels sont les deux services d'Internet dont vous auriez le plus de mal à vous passer ? » (Champ : internautes de 12 ans et plus, en %).

Depuis 2013, le numérique a rempli les « temps morts » au détriment des pratiques non numériques. Que ce soit dans les transports en commun, dans une voiture, en attente d'une autre personne ou d'un rendez-vous, une part croissante de la population navigue sur Internet (70 contre 30 %), regarde des vidéos (50 contre 13 %) ou joue à des jeux vidéo (47 contre 23 %) ; au contraire, une part décroissante de la population lit un livre ou un journal papier (53 contre 63 %), discute avec d'autres gens autour (71 contre 77 %) ou observe ce qui les entoure (87 contre 94 %).

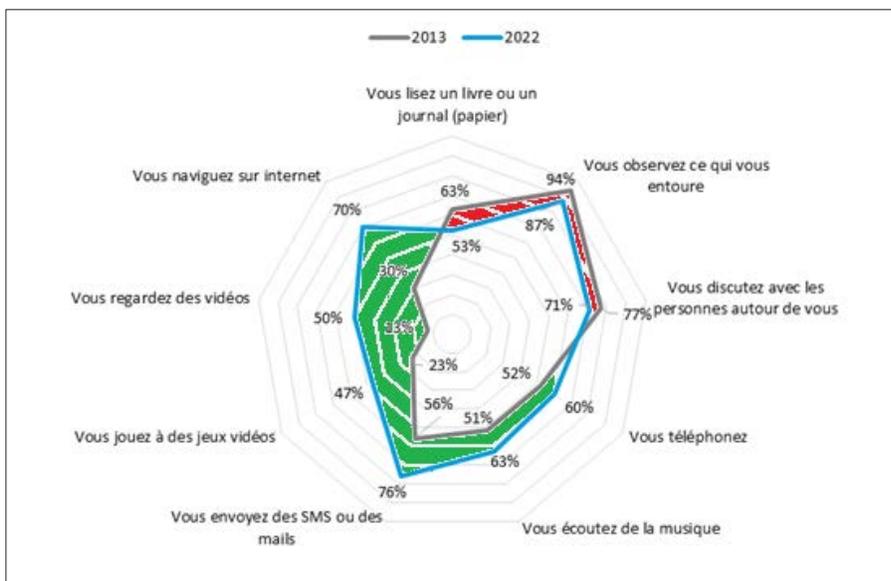


Figure 13. Activités pratiquées pour occuper les « temps morts » (Champ : ensemble de la population de 12 ans et plus ayant une connexion fixe à domicile, en %).

## ET QUAND ON RENCONTRE DES PROBLÈMES ?

La moitié de la population n'a pas de difficultés avec les outils numériques et informatiques (40 contre 31 % en 2019) ou se débrouille seule (11 contre 9 % en 2019). Un petit tiers (29 contre 35 % en 2019) demande de l'aide à quelqu'un de son entourage. Face aux difficultés, seule une minorité de la population abandonne (5 %) ou n'y a jamais recours (7 contre 11 % en 2019).

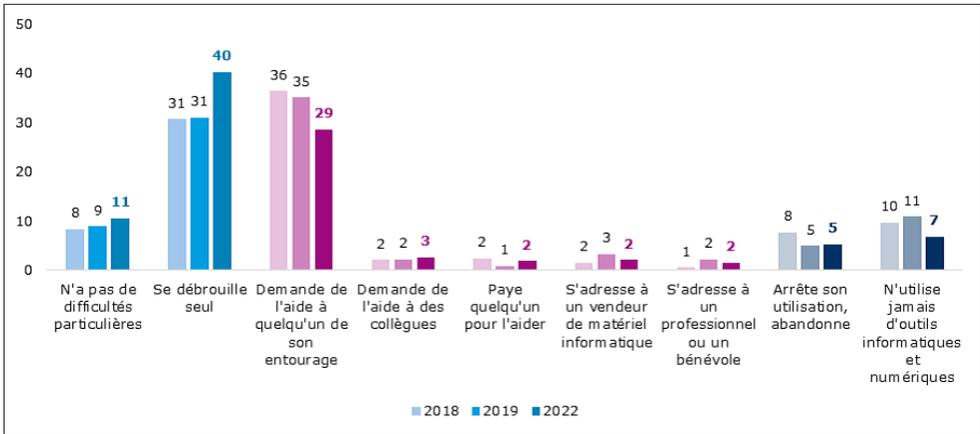


Figure 14. « On peut rencontrer des difficultés quand on utilise des outils informatiques et numériques : ordinateur, Internet, *smartphone*, tablette. Quand vous rencontrez une difficulté de ce type, que faites-vous ? » (Champ : ensemble de la population de 18 ans et plus, en %).

## EN GUISE DE CONCLUSION

Nous avons cherché à illustrer les résultats du baromètre du numérique pour son édition 2022 et les mettre en perspective avec les résultats des éditions précédentes. Nous sommes loin d'avoir épuisé les ressources de cette enquête. La base de données complète permet de croiser différentes modalités et de mettre en lumière des corrélations permettant d'avancer des explications. D'autres points ont été abordés, en particulier les comportements des internautes en matière environnementale, en particulier les habitudes concernant le remplacement des équipements (téléviseurs en 2022 ; *smartphones* en 2020).

# Virtual worlds - Perspectives and issues

## GENERAL INTRODUCTION

- 04 “France wants a development of virtual worlds in line with its values”.  
Interview with Jean-Noël Barrot, Minister Delegate  
in charge of Digital Transition and Telecommunications  
Interviewed on May 11, 2023 by Mélanie Bénard-Crozat.
- 09 Introduction: Virtual worlds - What horizons?  
General Éric Freyssinet
- 12 “The network connection has been lost”  
Essay on the representation and the imaginary of virtual worlds  
Thierry Dufrêne.

In 1940, Adolfo Bioy Casares conceived in *The Invention of Morel* (1940) the most convincing of the “virtual worlds” of our contemporary era. During the years 1960-1970, to the meeting of the lunar space adventure, the development of the mass media, the utopias of the youth and the psychedelism, science fiction – Wells, Asimov and K. Dick – imagines in its turn “virtual worlds”. In the following decade, after the hyperrealism of the visual arts, the simulation and the seduction of the fake fascinate the researchers and the artists as much as the engineers. With the Internet, “virtual worlds” became the norm for human-computer interfaces and computer networks. Interactivity (multi-players) and simulation offer to these worlds what Étienne Souriau called in 1943 an “absolute possibility”: An imaginary of connection is born. This article raises the question of a new pact of anthropological extension where human emulates their double and those of the world. But when immersive devices and interfaces (3D glasses and haptic gloves) will be replaced by transplants to the human body, as transhumanism foretells, what will the meeting of the actual and the virtual bring?

## VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY GAMES AND TECHNOLOGIES

- 20 Virtual worlds in the world of video games  
Leroy Athanassoff.

Virtual worlds have become an important part of the video game world. They allow gamers to immerse themselves in imaginary worlds and have unique experiences. Virtual worlds can take different forms, whether they are online game modes, immersive virtual environments or social platforms, and can sometimes be associated with virtual reality. Virtual reality offers total and absolute immersion, realizing the ultimate dream of putting the player inside the dream. However, the challenges it faces in terms of design, friction, and accessibility should not be underestimated.

- 25 Virtual worlds, new perceptions, new representations  
Thomas Tassin.

Virtual worlds are often – wrongly – considered as the next Internet.

This assertion prevents us from thinking about their real filiations, the deep reasons of their emergence as well as the lasting effects they could have on our relation to the world and to society. We propose here to go beyond an analysis centered on immediate uses, whose relevance is limited concerning a technological and artistic innovation of rupture.

By looking at the arts, especially visual arts and their different supports, it appears that virtual worlds are very close descendants.

Because of this heritage, metaverses are part of the continuous evolution of our perception, our interactions and our representations of reality.

The perspectives they bring are to be considered under this prism.

### 32 **What digital tools for tomorrow's training?**

Interview of François Taddéi by Grégoire Postel-Vinay.

Presentation of François Taddéi

Founder and president of the Learning Planet Institute (formerly the Center for Interdisciplinary Research - CRI in French), François Taddei is a general engineer of the Ponts des eaux et des forêts. An internationally renowned researcher at Inserm, he now devotes himself to the sciences of learning and in particular to the notion of “*Planetizen*”, in order to enable each of us to learn to take care of ourselves, others and the planet.

François Taddei advocates for a large-scale collaboration to build – with the support of UNESCO – a learning planet and the development of learning communities working together to find sustainable solutions in the education and health sectors, as well as in the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs).

### 42 **What to expect from virtual and augmented reality for medical applications**

Jean-Baptiste Masson.

Technologies related to mixed reality (XR), although not an innovation, are experiencing considerable growth due to recent advances in computing, machine learning, and the drastic reduction in the cost of visualization devices. These advances pave the way for expanded use in the medical and healthcare sector. However, like any emerging technology, adopting mixed reality in the medical field must overcome many challenges. Despite these obstacles, future developments in computer vision applied to medicine, mixed reality rendering methods, and reflection on the medical decision-making process are expected to transform these technologies into undeniable assets. They will benefit not only practitioners who implement them, but also patients who will enjoy optimized medical support. In this text, we address both recent advances and challenges inherent in the medical use of these technologies.

### 51 **Training in augmented reality and virtual worlds**

Jean-Michel Lavallard.

Augmented reality and virtual worlds (AR/VW) training is an innovative approach to learning that uses advanced technologies to create virtual environments in which learners can acquire skills and knowledge in simulated situations. This technology offers significant advantages, including immersion, repeatability, safety, and personalization. However, the implementation of these simulations can be costly and complex, requiring advanced technological equipment. Scientific studies have shown that AR/VW training can improve engineering students' understanding of

technical concepts, improve medical students' performance in disease recognition, improve learners' motivation, and improve engineering students' collaboration and communication skills. However, some potential problems, such as nausea and headaches, have also been reported.

### 53 **Disability, accessibility, and training in virtual worlds**

Sylvie Sanchez.

Virtual worlds, whether they are used to create metaverses or video games, are designed to meet a standard need, marginalizing – as in the real world – people with disabilities.

So how can we hope for virtual worlds that are accessible to all?

It is to these issues that the association Créative Handicap, through its C.I.A.R.A. (for Creation, artificial intelligence, and augmented reality) training course, responds by training young people with disabilities to jobs in digital creation. Accessibility, the representation of disability, the new sensorialities to be explored, but also the infinite possibilities of new technologies and the new professions that they generate are all opportunities to be seized by disabled people, as long as they are given the possibility of being actors of it.

## METAVERSES

### 57 **Who are the players of the metaverse?**

Paul Jolie & Emmanuel Caquot.

The idea of a virtual world materialized in 1997 in France, where Canal+multimedia opened Le Deuxième Monde, which allowed players to move, through their avatar, in a 3D reconstruction of Paris, thus forming a virtual community whose members called themselves “Bimondians”. Precursor of the metaverse, it is however closed in 2001, and it is in 2003 that Second Life of Linden Lab will know a first worldwide success. The idea has a renewed interest on a larger scale in 2021 with the announcements of Marc Zuckerberg. While media interest has since waned with the difficulties encountered, the subject remains very active in terms of investments in the United States and at least four Asian countries, with many groups developing platforms and applications. Europe has a mainly regulatory and defensive approach, but nevertheless has assets, including in France, and ambitions that can be based on Dassault Systèmes, Ubisoft, Atos, telecom operators and a network of start-ups.

### 70 **Testimony of the association France Meta Interview with Pierre PAPERON, president of the association**

By Éric Freyssinet.

Presentation of Pierre Paperon

Pierre Paperon is an engineer from Arts et Métiers and has an MBA from HEC. He has been a consultant and managing director in multiple companies including McKinsey, Havas, Apple, Danone group, Lastminute.com... For the past eight years, he has been advising governments and companies on the use of blockchains, NFT and Web3 (anti-money laundering, cinema, “*grands crus classés*” and “*primeurs*”, agriculture, soccer stadium...). In January 2022, he created the France Meta association, which has 1,300 members.

Pierre has seven children, attempted Everest, written three books, and was an officer on the Redoutable for two years.

**75 What is the real potential of the metaverse?**

Frédéric Cavazza.

The metaverse, a concept that originated in the cyberpunk literature of the 1980s, has been unleashing the passions of geeks and entrepreneurs since Facebook's strategic reorientation in 2021, which has made it its new development lever. As a point of convergence for a wide variety of uses, the metaverse crystallizes the hopes and fears of many observers whose understanding of its potential is blurred by projects whose sole objective is to achieve a quick gain in value based on promises that they will be unable to keep. In order to understand what metaverse is or is not, one must step back and put aside one's preconceptions in order to have a pragmatic, and above all realistic, perception. No, the metaverse is not the future of the web, nor is it a disruptive technology, it's a generic term to describe an immersive media that includes online games and virtual universes already used by hundreds of millions of users, as well as innovative services that are more or less mature and whose viability has yet to be proven. Take it for granted: today's gamers are tomorrow's virtual users.

**80 The metaverse at the service of fashion and luxury?**

Pascal Morand & Marine Peyrol.

The digital revolution continues inexorably, invading the world and our lives. The arrival of the metaverse, stimulated by that of the Web3, symbolizes the sharp acceleration of virtualization. The metaverse is a source of increased creativity, of new forms of deployment of the imagination, of new individual and collective experiences. The article shows how it is natural for fashion and luxury brands to seize upon it. It explains the resulting innovations and their modalities. It also examines its limits as well as its impact on human identity and otherness, and on the relationship to fashion and luxury that can result from it.

**86 The adoption of the metaverse:  
Virtual worlds and the luxury industry**

Nelly Mensah.

LVMH is exploring the potential of virtual worlds to connect with customers and increase the desirability of its brands. LVMH sees virtual worlds as a way to appeal to younger, tech-savvy generations, as well as to make more emotional connections with customers, with the metaverse market predicted to be worth more than \$1 trillion in annual revenue by the next decade. LVMH is exploring three key areas in its approach to virtual worlds: Engaging the next generation on established and emerging metaverse platforms; making its own platforms more immersive; and using "digital twins". However, challenges include navigating the regulatory landscape of virtual worlds, the need to replicate the craft and art of the physical version to the virtual, and the limited adoption of virtual reality.

## LEGAL AND ETHICAL ISSUES

**91 The effect of virtual worlds on the judicial investigation**

Noémie Caron.

Virtual worlds bring with them new forms of specific offences and cyber threats. They increase the imbalance between the power of the digital giants, and the need to adapt justice and institutions.

To ensure the French digital sovereignty, the legal framework must be adapted to these new challenges.

**96 Legal and ethical issues raised by virtual worlds**

Corinne Thierache, Caroline Leroy-Blanvillain  
& Hanna Le Derrien, ALERION AVOCATS.

The social, political, economic, legal, and, above all, ethical issues raised by the development of metavers and of other virtual worlds bear witness to the increasing porosity between the real lives of human beings, and the virtual one of such worlds' users.

**103 Ethics, a brake on innovations and digital interfaces?**

Dr Laure Tabouy.

These are exciting times in 2023. If technological innovation appears to be a new Eldorado, ethics is taking its place at the heart of innovation, business and research strategies. The challenge is to learn how to ride the wave of innovation and technology, and create opportunities that will change our daily lives, while recognizing that we must anticipate the excesses of their use. The acceleration of innovations makes it essential to reflect on the societal, ethical, and legal issues related to their conception and development, their uses, their purposes, and their consequences. The design of interdisciplinary safeguards, evaluation, and monitoring systems, as well as supervision and repression systems, and the definition of a governance system adapted to the sociological, ethical, and legal values of the different countries are currently emerging in France, Europe and throughout the world. But in all these initiatives and reflections, the key piece that holds it all together is, in my opinion, the place that ethics takes in this puzzle, because it will allow a better acceptability of digital interfaces, while inviting all stakeholders and all actors, from inventors to users, to position themselves in relation to these innovations.

## MISCELLANY

**112 The digital barometer – the 2022 edition**

Michel Schmitt & Matthias de Jouvenel.

The digital barometer is a recurring survey that focuses on the digital equipment and uses of the French. We present here a number of results from the 2022 edition of this barometer. People in their sixties have become Internet users at the same level as younger people, and equipment in connected objects continues to grow rapidly, whether in security, household appliances, or health. The uses that have progressed during the lockdown continue in the long term, and thus show their adoption. Digital technology is becoming more and more essential: more than 60% of respondents say they cannot do without the Internet for more than a day, especially for email.

*Issue editor*

*General Éric FREYSSINET*

## Ont contribué à ce numéro

**Leroy ATHANASSOFF** a été Directeur de jeu et Directeur créatif sur le jeu en ligne *e-sport Rainbow 6 Siege* pendant six ans, jusqu'en 2022, à Ubisoft Montréal. Son parcours s'est essentiellement concentré sur les jeux de tir à la première personne militaires (*Red Steel, Ghost Recon, Rainbow 6*).

→ *Les mondes virtuels dans le monde des jeux vidéo*

**Mélanie BÉNARD-CROZAT** est Rédactrice en chef de la revue *Sécurité & Défense Magazine (S&D Magazine)* dédiée à l'actualité professionnelle du monde de la sécurité et de la défense, et a débuté sa carrière à l'international. Directrice de communication dans une société privée en Grèce, elle a rejoint le ministère français des Armées où elle a assumé, successivement, les fonctions d'officier de communication dans une unité de renseignement, puis d'officier de communication et responsable des relations internationales au cœur d'une unité parachutiste. Elle a assuré parallèlement des missions de journalisme au profit de l'état-major des armées sur différents théâtres d'opérations dont le Kosovo et l'Afghanistan. En 2011, elle quitte l'institution militaire pour créer sa maison de presse et d'édition. Modératrice de déjeuners, de dîners-débats ou conférences au profit d'institutions, ministères et acteurs majeurs de la sécurité, de la défense et du numérique, en France comme à l'international, Mélanie Bénard-Crozat a également écrit plusieurs ouvrages dédiés à ces thématiques. Elle intervient aujourd'hui auprès des autorités, des sphères politiques, et accompagne de nombreux événements internationaux autour des thématiques précédemment citées.

Elle est engagée depuis 2015, en qualité de journaliste, auteure et editrice, au profit de l'éducation des enfants défavorisés en Asie du Sud-Est. En 2021, elle rejoint le comité scientifique de plusieurs universités afin d'accompagner le développement de nouvelles formations dédiées à la sécurité, la cybersécurité, la défense et la géopolitique. Elle est également présidente du International Digital Peace Funds, fondation œuvrant pour un numérique de confiance et la cyberpaix.

Dans la continuité des actions portées autour des enjeux sociaux, sociétaux et environnementaux, elle lance, avec son équipe, le média IMPACT FOR THE FUTURE en décembre 2022, dont elle est la rédactrice en chef.

→ « *La France veut un développement des mondes virtuels conforme à ses valeurs* » - *Entretien avec Jean-Noël BARROT, ministre délégué chargé de la Transition numérique et des Télécommunications*

**Emmanuel CAQUOT** est né le 5 août 1954.

Il est Ingénieur général des Mines honoraire.

CGE - Conseil général de l'Économie :

Membre associé

2019-2013 Chef de la mission de la tutelle des écoles

2013- 2012 Membre

Ambassades de France :

2012-2009 Chef du service économique d'Oslo (Norvège)

DGE - Direction Générale des Entreprises :

2009-2005 Chef du service des Industries Manufacturières et des Activités Postales

DIGITIP - Direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes :

2005-1999 Chef du service des technologies et de la société de l'information

France Télécom :

1999-1998 Chef du Service du pilotage de la cohérence du système d'information

1998-1997 Directeur de la Prospective et des Programmes, R&D

1997-1994 Directeur développement des Services et Réseaux - Nanterre

CNET - Centre National d'Études des Télécommunications :

1994-1991 Conseiller Spécial du Directeur

1991-1982 Chef de département de recherche - Bagnex

1982-1979 Ingénieur de Recherche microélectronique - Grenoble

→ **Qui sont les acteurs du métavers ?**

**Noémie CARON** est titulaire d'un master mention Droit parcours « Cyberjustice » effectué à la faculté de droit de Strasbourg.

Elle a effectué son stage de fin d'études concernant le master Cyberjustice au sein du Commandement de la gendarmerie dans le cyberspace en tant que rédactrice juridique. Elle est actuellement auditrice du CNAM (Conservatoire national des arts et métiers) au sein du master II Droit, économie et gestion mention criminologie, parcours expertise criminologique (sécurité, défense, renseignement).

→ **Effet des mondes virtuels sur l'enquête judiciaire**

**Frédéric CAVAZZA**, consultant et conférencier, travaille dans les métiers de l'internet depuis plus de vingt-cinq ans. Spécialiste du marketing digital (commerce en ligne, médias sociaux, mobiles, plateformes numériques, Web3, intelligence artificielle...), il accompagne les grandes marques européennes dans leur compréhension des nouveaux usages et leur transformation numérique. En tant qu'entrepreneur, il a co-créé SYSK, cabinet conseil et formation. Il se présente en tant que marketing technologist, et est l'auteur de deux livres (*Social Business* et *Internet mobile*) ainsi que le rédacteur du blog FredCavazza.net depuis près de vingt ans.

→ **Quel est le réel potentiel du métavers ?**

**Matthias de JOUVENEL**, ancien élève de l'École normale supérieure de Cachan (Département d'économie et de gestion 1997-2000) et ancien élève de l'École nationale supérieure des postes et télécommunications (2001-2002), est administrateur de l'État hors classe, chargé de mission au Conseil général de l'Économie (CGE), où il pilote le baromètre du numérique depuis plusieurs années. Il est l'auteur de rapports publics dans des domaines variés (tourisme, devoir de vigilance, économie circulaire, contrefaçon, filières REP...), et il a appuyé plusieurs missions parlementaires dont celle confiée au député Éric Bothorel, « Pour une politique publique de la donnée ».

→ **Le baromètre du numérique - édition 2022**

**Thierry DUFRÈNE** est professeur d'histoire de l'art contemporain à l'Université Paris Nanterre, directeur du master d'histoire de l'art, co-fondateur et directeur de 2007 à 2014, en 2022-2023 de nouveau directeur de HAR (Centre de recherches histoire de l'art représentations), et membre du Conseil scientifique de l'EUR ArTec (Paris 8-Paris Nanterre) (2020-).

Adjoint au Directeur général de l'INHA chargé des relations internationales entre 2007 et 2013, membre du Conseil scientifique du musée du Luxembourg, responsable avec Myoung-Jin Cho de la programmation Art et caméra au sein du Festival d'histoire de l'art de Fontainebleau de 2011 à 2018, il a occupé de 2004 à 2016 la charge de secrétaire scientifique du Comité international d'histoire de l'art (CIHA).

Il est membre du Comité français d'histoire de l'art et de l'AICA.

Ses derniers livres sont *L'Invention de Morel : la machine à images*, Paris, Xavier Barral, 2018 ; *Les Années Cinquante. Les chemins de la liberté*, Paris, Canopé, 2019 ; *Modigliani*, Paris, Citadelles Mazenod, 2020 ; *Maillol Héritage*, Paris, Dina Vierny Galerie, 2022. Il a dirigé la publication des *Actes* du colloque *État de l'art urbain. Oxymores 3*, DGCA, ministère de la Culture (avec Dominique Aris), 2017 ; *L'Art à ciel ouvert. La commande publique au pluriel (2007-2019)*, Paris, Flammarion, 2019 ; *Voir le Chef d'œuvre inconnu. D'après Balzac*, Paris-Musées, 2021, et coordonné les numéros thématiques de la revue *Sculptures* dont il est co-rédacteur en chef : « La sculpture et le vivant », *Sculptures*,

n°4, 2017 ; et « Revoir la commande. L'art et l'espace public », *Sculptures*, n°7, 2019. Il prépare un ouvrage sur la sculpture contemporaine et est co-commissaire des expositions Surréalismes (MNAM- Centre Pompidou, 2024) et Zadkine-Modigliani, une amitié interrompue (Musée Zadkine, printemps 2024).

→ « *La connexion réseau a été perdue* » - *Essai sur la représentation et l'imaginaire des mondes virtuels*

**Éric FREYSSINET** est officier général de gendarmerie, directeur scientifique auprès du cabinet du directeur général de la Gendarmerie nationale, ancien commandant en second de la gendarmerie dans le cyberspace, poste qu'il occupe après vingt-quatre ans de carrière dans différents postes à responsabilité dans le champ de la lutte contre la cybercriminalité. Ingénieur de formation (École polytechnique, X92), il complète sa formation en 2000 par un mastère spécialisé en sécurité des systèmes d'information et des réseaux (Télécom Paris), et en 2015 par une thèse de doctorat en informatique sur la lutte contre les *botnets* (Université Paris 6).

→ *Introduction : Mondes virtuels – Quels horizons ?*

→ *Témoignage de l'association France Meta - Interview de Pierre PAPERON, président de l'association*

**Paul JOLIE** est Ingénieur général des Mines, diplômé de l'École polytechnique et de l'École nationale supérieure des télécommunications devenue Télécom Paris. Il est également titulaire du MBA de l'EDHEC.

Après une carrière passée au centre de recherche de France Télécom et dans différents services opérationnels de l'opérateur, Paul Jolie rejoint l'administration en 2008 pour occuper un poste de DSI adjoint au ministère des Affaires étrangères. Après un passage à l'Inria, il prend le poste de sous-directeur de l'informatique centrale au ministère de l'Économie et des Finances. Après deux ans comme conseiller pour le numérique auprès du ministre d'État de Monaco, il revient à Bercy pour occuper un poste de conseiller au SISSE. Il rejoint le Conseil général de l'Économie en 2020 en tant que référent intelligence artificielle.

→ *Qui sont les acteurs du métavers ?*

**Jean-Michel LAVALLARD** est un expert en nouvelles technologies et en conseil sur la transformation numérique au service de l'enseignement et de la formation, avec plus de quinze ans d'expérience dans ce domaine. Né pédagogue, il est titulaire d'un DEA en sciences de l'éducation et est agrégé d'histoire. Il a évolué dans différents métiers tels que directeur d'école, maître formateur, conseiller pédagogique, conseiller numérique et conseiller en technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement. Son expérience et son expertise lui ont valu de travailler pour de grandes entreprises *high tech*. Il a également fondé une première *start-up*, où il a développé des formations pour aider les enseignants et les élèves à prendre en main les usages numériques. Fort de ses succès, il a ensuite fondé deux *EdTechs*, DIGICOURS et Éducation Digitale, qui sont aujourd'hui des références dans le monde de l'éducation et de la technologie.

Au-delà de ses activités professionnelles, il est également impliqué dans des projets humanitaires. Il a notamment travaillé en tant que consultant à la Banque Mondiale Afrique de l'ouest de l'Unesco, où il a contribué à la mise en place de programmes de formation numérique dans des zones rurales et isolées.

Grâce à sa passion pour l'enseignement, son expertise en nouvelles technologies et sa capacité à innover, Jean-Michel Lavallard a réussi à créer des solutions éducatives novatrices qui ont changé la vie de nombreux enseignants et élèves. Son travail a contribué à façonner le paysage éducatif actuel, et a ouvert de nouvelles perspectives pour les générations futures.

→ *La formation en réalité augmentée et mondes virtuels*

**Hanna LE DERRIEN** est élève-avocate et effectue son stage final au sein des départements Droit des technologies et du Numérique / Propriété intellectuelle, dirigés par Corinne Thiérache, du cabinet Alerion Avocats.

Diplômée d'un master 1 Propriété intellectuelle effectué à Nantes et d'un LLM Droit international et européen effectué à Bergen, complétés par un diplôme universitaire Droit de l'Art et de la Culture de l'Université de Nantes, Hanna Le Derrien est titulaire du master 2 Droit de la création et du numérique de Paris I Panthéon-Sorbonne (2021). Ayant obtenu le CRFPA en 2021, elle a intégré, à ce titre, l'École de Formation des Barreaux de Paris en 2022 en vue de devenir avocate.

→ *Enjeux juridiques et éthiques posés par les mondes virtuels*

**M<sup>e</sup> Caroline LEROY-BLANVILLAIN** est Avocate au Barreau de Paris depuis 2020 et exerce son activité au sein des départements Droit des technologies et du Numérique / Propriété intellectuelle du cabinet Alerion Avocats.

Elle est diplômée d'une double-licence en droit et en langues étrangères appliquées, complétée par un master 2 en Propriétés intellectuelles et un magistère en droit des TIC. Son parcours lui a permis de développer une grande appétence pour les nouvelles technologies et la *data*, domaines dans lesquels elle assiste et conseille une clientèle française et internationale, notamment dans les secteurs de la santé, de l'éducation, de la distribution et des médias. Elle intervient également en contentieux de la propriété intellectuelle, du pénal numérique et en droit de la presse. Elle a ainsi développé une compétence spécifique qui lui permet d'accompagner de manière pertinente les acteurs économiques dans leur mise en conformité au RGPD, et peut assister ces derniers pour mener des actions tant en amont qu'en aval à la suite de cyberattaques. À ce titre, elle est membre de l'AFCDP.

Membre du Comité de pilotage de la force juridique de la Fondation des Femmes, Caroline Leroy-Blanvillain participe régulièrement à des projets *pro bono* en matière de cyberharcèlement et de discrimination. Elle est également chargée d'enseignement et publie régulièrement des articles sur les thèmes entrant dans son champ d'expertise.

→ *Enjeux juridiques et éthiques posés par les mondes virtuels*

**Jean-Baptiste MASSON** est un physicien théorique et le directeur du laboratoire Decision and Bayesian Computation (DBC) de l'Institut Pasteur. Ce laboratoire est également membre du CNRS, et de l'Université de Paris. Il est soutenu dans la gestion du laboratoire par ses deux adjoints (titulaires) Christian Vestergaard (CLV) et François Laurent (FL). Il a également une chaire en intelligence artificielle à l'Institut Prairie et suit le CSO d'avatar medical, une *spin-off* de Pasteur et Curie qui développe des logiciels exploitant la réalité virtuelle pour la planification des opérations chirurgicales. Ses recherches portent sur les principes d'organisation du traitement de l'information biologique. Plus précisément, il cherche ces principes d'organisation dans la physique qui sous-tend leurs calculs et dans celle de leurs environnements sensoriels. Il cherche actuellement à comprendre comment l'évolution façonne de petits réseaux neuronaux biologiques efficaces chez les insectes, leur permettant de traiter des signaux sensoriels complexes dans leur environnement et de générer des comportements complexes. Il aborde ces questions en combinant modélisation physique, inférence bayésienne, simulations numériques, théorie de l'information et expériences biologiques.

→ *Qu'attendre de la réalité virtuelle et augmentée pour les applications médicales*

**Nelly MENSAH** est vice-présidente de l'innovation numérique et des solutions émergentes chez LMVH, où elle dirige les développements en matière de Web3 et de métavers à l'échelle mondiale. Dans son rôle précédent chez Sephora, elle a dirigé l'innovation et l'expérience numérique en magasin. En parallèle, Nelly Mensah est très impliquée dans la *blockchain* depuis plus de cinq ans. Elle a co-dirigé une communauté de développeurs

*blockchain* et a été consultante pour plusieurs projets dans l'espace crypto. Avant Sephora, Nelly Mensah a passé cinq ans chez Deloitte Digital où elle s'est concentrée sur la transformation digitale et le design d'expérience. Elle a travaillé avec plusieurs entreprises du Fortune 100 dans plusieurs industries, et a dirigé des ateliers internationaux sur des sujets tels que l'optimisation des processus d'affaires, la formation aux compétences d'innovation et la pensée future. Elle est titulaire d'un BS en ingénierie industrielle de l'Université de Stanford et d'un MBA du MIT Sloan où elle s'est consacrée à la gestion des technologies, l'innovation dans le *retail*, ainsi que sur le *leadership* conscient.

→ ***L'adoption du métavers : les mondes virtuels et l'industrie du luxe***

**Pascal MORAND** est président exécutif de la Fédération de la Haute Couture et de la Mode, Professeur émérite à ESCP Business School et membre de l'Académie des Technologies. Il est diplômé d'HEC Paris (1978), titulaire d'un DEA en science des organisations (Université Paris Dauphine-PSL, 1979) et d'un doctorat d'État en sciences économiques (Université de Rouen, 1988). Il a été directeur général de l'Institut Français de la Mode (1987-2006), directeur général d'ESCP Business School (2006-2012), directeur général adjoint de la Chambre de commerce et d'industrie Paris Île-de-France (2013-2015). Ses travaux portent notamment sur l'économie de l'innovation et du design, ainsi que sur les relations entre l'économie et la culture. Son dernier ouvrage, *Le Moment Viennois ; Chroniques de la modernité à l'époque de la Sécession Viennoise* (2021), met en lumière la façon dont les grands acteurs de la Sécession viennoise ont annoncé notre modernité.

→ ***Le métavers au service de la mode et du luxe ?***

**Marine PEYROL** est Responsable de la politique digitale et des réseaux sociaux à la Fédération de la Haute Couture et de la Mode. Elle y a en particulier mis en œuvre la Paris Fashion Week® online. Elle est titulaire d'un Bachelor de Management (Kedge Business School, 2014) et d'un MBA en Digital Marketing and Business (EFAP, 2016). Elle a été planneur stratégique chez Publicis (2016-2020), et consultante en stratégie de communication digitale auprès de différentes entreprises et organisations. Elle est chargée de cours en stratégie digitale à l'IAE de Grenoble (Université Grenoble-Alpes) et intervient régulièrement dans d'autres établissements d'enseignement supérieur.

→ ***Le métavers au service de la mode et du luxe ?***

**Grégoire POSTEL-VINAY** est ingénieur général des Mines, membre de l'Académie des technologies et, depuis 2022, rédacteur en chef des *Annales des Mines* au Conseil général de l'Économie. Il a été auparavant responsable de la stratégie à la direction générale des Entreprises du ministère de l'Économie et des Finances (2009-2022).

Il est l'auteur de travaux sur les plans de relance et les réactions publiques à la crise, l'économie de l'innovation, l'investissement immatériel, les éco-industries, la prospective de l'économie numérique, les véhicules décarbonés, la stratégie nationale de recherche et d'innovation, le développement des pôles de compétitivité, la propriété intellectuelle, le programme d'investissements d'avenir, le Conseil national de l'industrie, la Commission nationale pour la croissance française, la prospective industrielle du territoire, la prospective de l'emploi à horizon 2030, l'innovation servicielle, les technologies clés, la culture scientifique, technique et industrielle, la coopération européenne, les stratégies de filières, la concurrence chinoise. Il a apporté des contributions au rapport Gallois, réalisé des travaux sur le budget européen, notamment celui de la R&D européenne. Il a été co-rapporteur des Assises de l'entrepreneuriat.

Il a réalisé des travaux sur l'énergie. Il a été à ce titre expert national sur l'énergie pour le programme H2020, puis Horizon Europe (jusqu'en 2022). Il est membre de nombreux *think tanks* et cofondateur de Silicon Sentier (devenu NUMA). Il a été le président du comité de rédaction de la série *Réalités industrielles* des *Annales des mines*.

Il siège actuellement dans plusieurs conseils d'administration (Universcience (2000-2022) ; IHEST (depuis 2017) ; Institut Mines-Télécom (depuis 2018) ; Armines

(2017-2021) ; FNEP (Fondation nationale Entreprise et performance (depuis 2014)), ainsi qu'à la Commission nationale française pour l'Unesco (depuis 2015) et au conseil d'orientation de La Fabrique de l'industrie (depuis 2011).

→ ***Quels outils numériques pour les formations de demain ? Entretien avec François TADDÉI***

**Sylvie SANCHEZ** est artiste plasticienne.

« Détectée enfant haut potentiel, j'ai toujours eu du mal à trouver ma place vis-à-vis des autres. La création artistique m'a permis d'affirmer mes singularités et de trouver ma voie. Depuis 1992, j'ai décidé d'être une artiste engagée auprès de ceux que l'on a mis au ban de la société et de faire de mes particularités mon aiguillon ».

À la suite à l'obtention, en 1987, de son diplôme à l'ENSAAMA (École Nationale des Arts Appliqués et des Métiers d'Art), elle dirige, pendant 7 ans, des équipes de sculpteurs dans l'événementiel (mode, publicité, tv, théâtre).

Puis le handicap s'invite dans sa vie. En 1993, un de ces amis, artiste, devient aveugle. Après avoir fait le constat que rien n'existe dans la culture pour les personnes déficientes visuelle, elle met en place les premières visites tactiles au Centre Pompidou, au musée Picasso, au Musée des Beaux-Arts.

Elle crée des ateliers d'arts plastiques accessibles à tous dans de nombreux centres culturels à Paris et en banlieue, ainsi qu'au sein de plusieurs associations dédiées au handicap (l'association Valentin Haüy pour les personnes déficientes visuelles, au sein de l'Institut National des Jeunes Sourds, au Centre Augustin Grosselin pour des enfants sourds polyhandicapés, APF).

En 2004, elle fonde l'association Créative Handicap et crée de nombreux ateliers d'arts plastiques et de numérique accessibles à tous, dans un souci de mixité et d'inclusion. En 2021, avec Raphaël Sancho, expert en nouvelles technologies, ils créent la première formation gratuite à destination de jeunes en situation de handicap et décrocheurs scolaires pour les métiers de la création numérique, « C.I.A.R.A. » (création, intelligence artificielle, réalité augmentée) soutenue par l'AGEFIPH, La Banque des Territoires, le CNC (Centre National du Cinéma), la mairie de Nanterre et plusieurs fondations privées. Elle est aussi membre titulaire du CNCPH (Conseil national consultatif des personnes handicapées) et administrateur du CCAS de Nanterre.

→ ***Handicap, accessibilité et formation aux mondes virtuels***

**Michel SCHMITT** est membre du Conseil général de l'Économie, président de la section Innovation, Compétitivité, Modernisation. Titulaire d'un doctorat et d'une habilitation à diriger les recherches en morphologie mathématique, il a successivement occupé des postes dans l'industrie (Laboratoire Central de Recherche de Thalès) et dans l'enseignement supérieur (directeur de la recherche de Mines ParisTech, vice-président numérique de Paris Sciences et Lettres). Ses centres d'intérêt scientifiques concernent le numérique et le traitement des données au sens large – probabilités, analyse d'image, intelligence artificielle, bio-informatique. Il est à l'origine de la création de l'unité mixte INSERM U900 « Cancer et génome : bioinformatique, biostatistiques et épidémiologie des systèmes complexes », ainsi que du Centre de recherche sur les risques et les crises de Mines Paris.

→ ***Le baromètre du numérique - édition 2022***

Le docteur **Laure TABOUY** est neuroscientifique et éthicienne. Guidée par la passion pour la recherche médicale et scientifique en constante évolution, elle a construit et personnalisé son parcours au fur et à mesure des rencontres, ce qui lui a permis d'expérimenter différents milieux de travail, publics et privés, de partir à l'étranger et de travailler avec des personnes venant de tous horizons.

Après l'obtention d'un premier doctorat en neurosciences, génétique et biologie structurale au sein de l'institut BFA à l'Université de Paris-Cité, soutenu le 19 décembre 2012, son parcours en neurosciences s'est d'abord focalisé sur des thématiques autour des régulations

généétique et épigénétique lors du neurodéveloppement. Ces thématiques de recherche en neurosciences se sont élargies au rôle du microbiote intestinal et de l'axe intestin-cerveau dans l'autisme lors de son post-doctorat en Israël à l'Université de Bar-Ilan et à son retour à Paris en 2018, puis au cancer chez MaatPharma, jusqu'en février 2021.

Très interpellée par les révisions de la loi bioéthique en 2018, et travaillée par ces questions depuis le lycée, elle décide de s'investir dans un groupe de travail interdisciplinaire sur les réflexions des enjeux éthiques et juridiques des interfaces cerveau-machine, en parallèle de son travail sur le microbiote.

En 2020-2021, elle décide de continuer son travail sur l'éthique des neurosciences et des neurotechnologies, en validant un master d'éthique de l'Université Paris-Saclay, puis sous la forme d'un deuxième doctorat en éthique / neuroéthique, dans l'équipe de Léo Coutellec, au sein de l'institut du CESP-INSERM U1018 de l'Université Paris-Saclay. Ce deuxième doctorat est enrichi d'une formation certifiante de l'EDHEC Business School de Digital Ethics Officer.

Elle mène donc en 2023 des recherches sur l'éthique des neurosciences, des neurotechnologies et du numérique, et c'est en capitalisant sur son nouveau profil de double PhD / Digital Ethics Officer avec l'EDHEC, qu'elle souhaite continuer son parcours professionnel.

→ *L'éthique, frein aux innovations et interfaces numériques ?*

### **Thomas TASSIN**

X1994 – Mines Télécom

Après une première expérience dans une *start-up* technologique dans les années 2000, Thomas Tassin mène une carrière de consultant en stratégie dans les industries de réseau et dans le domaine de la culture et de l'audiovisuel, notamment autour des problématiques de régulation et d'évolution de modèles économiques. Depuis cinq ans, il est entrepreneur dans des entreprises innovantes mêlant culture et technologie. Il est cofondateur de Mira, monde immersif hyperréaliste qui ouvre des passerelles entre réel et virtuel. [www.mira.world](http://www.mira.world)

→ *Les mondes virtuels, nouvelles perceptions, nouvelles représentations*

**M<sup>e</sup> Corinne THIÉRACHE**, Avocat au Barreau de Paris depuis 1994, est associée au sein du cabinet Alerion Avocats et assume la responsabilité des départements Droit des technologies et du Numérique / Propriété intellectuelle.

Titulaire d'un DEA en droit des affaires et droit économique de l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne et d'un diplôme d'études juridiques en droit allemand, Université Paris X Nanterre, Corinne Thiérache assiste depuis trente ans ses clients en droit des technologies et du numérique y compris en droit de la cybercriminalité et de la cybersécurité, droit de la propriété Intellectuelle, droit de la presse et de l'audiovisuel, de la protection des données personnelles et de la vie privée, et droit pharmaceutique, tant au niveau du conseil que du contentieux, en offrant une vision holistique de ces expertises qui convergent de plus en plus *via* le développement des technologies innovantes et des nouveaux usages.

Elle intervient à des colloques, dirige des travaux de réflexion, contribue à de nombreux rapports et publie régulièrement des articles. Elle dispense également des formations, notamment en matière de cybersécurité et de protection des données personnelles. Elle intervient au FIC, dans le cadre des DU Cybercriminalité et délégué à la protection des données (DPO) / Management de la donnée de l'Université Montpellier I, du master Droit de l'intelligence artificielle de l'ICP et de l'École d'ingénieurs de l'ESTACA. Elle est référente auprès du Conseil de l'Europe et de la Commission européenne dans le cadre de missions de lutte contre la cybercriminalité.

Membre de Cyberlex depuis 1998 dont elle a été présidente et vice-présidente de 2005 à 2015, de l'AFCDP et de l'APRAM, Corinne Thiérache est actuellement Responsable du Groupe DPO du GESTE, et participe au Subcommittee de l'INTA dédié à l'intelligence artificielle.

→ *Enjeux juridiques et éthiques posés par les mondes virtuels*