

# FRANCHIR LA FRONTIÈRE VIRTUELLE

L'ÉCOSYSTÈME DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES DU CANADA



Août  
2020



Recherche par



le Conseil des technologies de  
l'information et des communications

Canada 

Ce projet est financé en partie par le Programme  
d'initiatives sectorielles du gouvernement du Canada.

# PRÉFACE

Le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) est un centre national d'expertise pour l'économie numérique. Fort de plus de 25 ans d'expérience en recherche et élaboration de programmes liés à la technologie, le CTIC vise à renforcer l'avantage numérique du Canada dans une économie mondiale. Grâce à des recherches prospectives, à des conseils stratégiques fondés sur des données probantes et à des programmes créatifs de renforcement des capacités, le CTIC favorise des industries canadiennes novatrices et concurrentielles à l'échelle mondiale, habilitées par une main-d'œuvre talentueuse et diversifiée.

## Pour citer ce rapport

Farmer, T., Matthews, M. (Août 2020). *Franchir la frontière virtuelle : L'écosystème des technologies immersives du Canada*. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). Ottawa, Canada.

Recherche et rédaction par Tyler Farmer (gestionnaire, Transformation opérationnelle et partenariats) et Mairead Matthews (analyste de la recherche et des politiques), avec le généreux soutien de l'équipe de la recherche et des politiques du CTIC.

Les opinions et interprétations de la présente publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.

# REMERCIEMENTS

Les contributions offertes dans le cadre du présent rapport par notre comité consultatif, les intervenants clés et d'autres experts en la matière sont grandement appréciées. Nous aimerions surtout remercier les personnes suivantes d'avoir participé à la production du présent rapport.

Tony Bevilacqua, PDG, Cognitive3D

Julie Smithson, cofondatrice, MetaVRse

Lori Shepherd, membre du conseil d'administration, Interactive Society of Nova Scotia

Devin Horsman, DPT, Arcturus

Ryan Cameron, PDG, Electric Puppets

Michael McCready, président de la section de l'Alberta, VR/AR Association

Alannah O'Neill, cofondatrice, Origami XR

Dogu Taskiran, cofondateur et directeur général, Stambol

Andrea Bielecki, PDG, INVIVO Communications

Justin Sutherland, cofondateur et directeur général, Realize Medical

Yan Simard, directeur général, Kognitiv Spark

Alex Jackson, Hone Virtual Education

Roni Cerga, directeur général, VR Vision

Matt Wright, fondateur, MAMMOTH XR

Angela Robert, directrice générale, cofondatrice et directrice, Conquer Experience Inc.

Joan Roca, ingénieure principale en géotechnique, BGC Engineering Inc.

Rosalinda Hernandez and Lloyd Summers, cofondateurs, Red Iron Labs

# GLOSSAIRE

**Casques de réalité virtuelle photoréalistes** Les casques de réalité virtuelle utilisent des caméras pour transformer le monde réel en réalité virtuelle, créant un environnement de réalité virtuelle qui est identique à l'environnement réel de l'utilisateur. Comme les casques réguliers de réalité virtuelle, ils couvrent complètement les yeux, éliminant tout contact visuel entre l'utilisateur et le monde réel.

**Degré de liberté** Le degré de liberté renvoie aux différentes façons dont un objet peut bouger dans l'espace : vers l'avant et l'arrière, à gauche et à droite, en haut et en bas, et en rotation autour des axes x, y et z.<sup>1</sup> En réalité virtuelle, le degré de liberté renvoie au nombre de façons dont l'utilisateur peut bouger sa tête dans un environnement simulé. L'expression trois degrés de liberté signifie que l'utilisateur peut bouger sa tête en rotation seulement en l'inclinant alors que l'expression six degrés de liberté signifie que l'utilisateur peut aussi bouger sa tête vers l'avant et l'arrière.<sup>2</sup>

**Données spatiales** Les données spatiales sont des données utilisées pour décrire le lieu, la forme et les attributs d'un objet ou d'un groupe d'objets, comme une coordonnée, l'élévation ou la distance entre deux objets. Les données spatiales sont utilisées sous différentes formes dans bon nombre d'industries, notamment l'exploitation minière, pétrolière et gazière, l'architecture, la fabrication et l'ingénierie. Elles servent également à orienter et à créer des applications de technologies immersives.

**Infographie 3D** L'infographie 3D est une combinaison de multiples vecteurs graphiques 2D superposés à un modèle fil de fer pour créer des illusions de profondeur dans le monde numérique.

**Informatique spatiale** L'informatique spatiale utilise des caméras, des capteurs, ainsi que des outils de schématisation et de numérisation 3D pour faciliter les interfaces homme-machine 3D et les techniques d'interaction.

**Modèle 3D** Un modèle 3D est la représentation d'une image qui a le potentiel d'exister dans un plan numérique tridimensionnel. Les modèles 3D peuvent être créés à partir d'images et de scans 3D, lesquels sont traités à l'aide de logiciels.

**Nuage de points** Un point de nuage est un ensemble de points de données brutes représentant un objet 3D dans l'espace, dont les coordonnées x, y et z, la couleur, l'intensité et la position relative par rapport à *en haut ou en bas*.<sup>3</sup> Les nuages de points sont générés à l'aide de différentes technologies de numérisation 3D (p. ex. lasers, images), qui sont elles-mêmes utilisées pour créer des modèles 3D.

<sup>1</sup> « Degrees of freedom ». Google, 21 septembre 2018 : <https://developers.google.com/vr/discover/degrees-of-freedom>.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> Swann Rack. « Was ist eine Punktwolke? ». Holocreators, 25 octobre 2019 : <https://holocreators.com/was-ist-eine-punktwolke/>.

**Numérisation 3D** La numérisation 3D est une technique utilisée pour créer des nuages de points d'objets et d'environnements 3D. Cette technique est amplifiée par différentes technologies de numérisation 3D, comme des capteurs LIDAR.

**Réalité augmentée** La réalité augmentée intègre des informations numériques dans l'environnement réel de l'utilisateur sous la forme de mots, d'images, de vidéos et de sons. L'information numérique est affichée à l'aide de tablettes, de téléphones mobiles, de montres intelligentes et d'autres dispositifs portables. Les casques d'écoute qui produisent une expérience de réalité augmentée, comme le casque HoloLens de Microsoft, sont parfois catégorisés comme de la réalité mixte.

**Réalité étendue** La réalité étendue renvoie à l'environnement immersif généré par un ordinateur et affiché sur un appareil mobile ou un dispositif portable. En ce sens, la réalité étendue remplace les termes réalité augmentée, réalité mixte et réalité virtuelle.

**Réalité mixte** La réalité mixte intègre des informations numériques à l'environnement réel de l'utilisateur afin qu'il puisse interagir simultanément avec les informations numériques et le monde réel. L'information numérique est affichée au moyen de visiocasques munis de caméras ou d'objectifs transparents, lesquels permettent de maintenir une connexion visuelle avec l'environnement. Les casques d'écoute peuvent être autonomes (p. ex. sans fil) ou connectés à un ordinateur ou à une console de jeu. Bien que les casques comme HoloLens de Microsoft offrent des expériences de réalité augmentée, ils sont considérés comme des casques de réalité mixte.

**Réalité virtuelle** La réalité virtuelle immerge complètement l'utilisateur dans un environnement 3D généré par ordinateur, éliminant le plus de liens sensoriels possible avec le monde réel. Des images sont affichées au moyen de casques de réalité virtuelle et de visiocasques, lesquels peuvent être autonomes ou connectés à un ordinateur, à une console de jeu ou à un téléphone mobile. Le son spatial, l'haptique, les contrôleurs interactifs et d'autres composants peuvent aussi être utilisés pour intensifier l'expérience.

**Son spatial** Le son spatial, parfois appelé son immersif ou ambiophonique, utilise une combinaison de techniques audio pour reproduire la façon dont nous entendons des sons dans le monde réel. Grâce au son spatial, les concepteurs et les développeurs peuvent imiter des sons, qui parviennent aux utilisateurs par le haut ou le bas, devant ou derrière, ou la gauche ou la droite. Le son spatial peut être lié à un lieu donné ou répondre aux mouvements de l'utilisateur dans l'espace.<sup>4</sup>

**Vidéo 360°** La vidéo 360°, parfois appelée vidéo sphérique, permet aux spectateurs de voir dans toutes les directions à partir d'un lieu fixe. Ces vidéos 360° sont filmées à l'aide d'une caméra omnidirectionnelle ou d'une combinaison de plusieurs caméras et peuvent être visualisées sur presque tous les appareils, notamment les ordinateurs portatifs, les ordinateurs de bureau, les tablettes et les téléphones mobiles.

**Visiocasque** Un visiocasque est un dispositif d'affichage porté sur la tête ou intégré à un casque doté d'un petit affichage optique devant un œil ou les deux yeux. Il porte aussi le nom de casque d'écoute.

<sup>4</sup> Milou Derksen. « Spatial Audio: The Continuing Evolution ». Abbey Road Institute, 27 mai 2019 : <https://abbeyroadinstitute.nl/blog/spatial-audio-continuing-evolution/>.

# TABLE OF CONTENTS

<b>Préface</b>	3
<b>Remerciements</b>	4
<b>Glossaire</b>	5
<b>Résumé</b>	9
<b>Section I. Introduction</b>	12
<i>Qu'est-ce que la technologie immersive?</i>	12
<i>L'histoire des technologies immersives</i>	13
Chronologie	14
<i>Liens avec d'autres technologies émergentes</i>	17
<i>Principaux cas pratiques</i>	19
<i>Principaux cas pratiques dans les industries verticales du canada</i>	20
<i>Médias numériques interactifs</i>	20
Marketing, expositions commerciales et visites virtuelles	20
<i>Fabrication de pointe</i>	21
Assistance guidée	21
Prototypage	22
<i>Santé et biotechnologie</i>	22
Formation et éducation immersives	22
<i>Technologies propres</i>	23
Planification et conception améliorées	23
<i>Ressources propres</i>	24
Formation améliorée	24
Assistance guidée	24
<i>Obstacles à l'adoption</i>	24
<b>Section II. L'industrie des technologies immersives du canada</b>	26
<i>Aperçu du paysage des technologies immersives au canada</i>	26
<i>Comparaisons provinciales</i>	27
<i>Évolution de l'industrie</i>	31
Nouvelles entreprises	31
Taille des entreprises	33

<i>Modèles opérationnels</i>	36
Entreprises de services	37
Entreprises de produits	38
Entreprises hybrides de produits et services	39
Répartition des entreprises canadiennes par modèle opérationnel	39
<i>Difficultés sectorielles</i>	40
Attirer des investisseurs canadiens	40
Trouver des clients canadiens	41
Pas un manque de compétences, mais une courbe d'apprentissage	43
Manque de diversité dans les rôles de leadership	45
<b>Section III. Travailler dans le secteur des technologies immersives</b>	<b>46</b>
<i>À quoi ressemblent les équipes de technologies immersives?</i>	46
Équipe de technologies immersives	47
Principaux titres de postes de 2017 à 2020	47
Affichage des salaires	47
<i>Quelles compétences possèdent les principaux talents de l'industrie des technologies immersives?</i>	48
Rôles techniques en technologies immersives	49
<b>Conclusion</b>	<b>50</b>
<b>Annexes</b>	<b>51</b>
<i>Annexe a : étude de cas : créer un outil de localisation de réalité mixte</i>	51
<i>Annexe b : répartition détaillée des indicateurs évaluant la force provinciale des technologies immersives</i>	52
<i>Annexe c : méthodologie</i>	53

# RÉSUMÉ

*Franchir la frontière virtuelle : L'écosystème des technologies immersives du Canada* compte plus de 350 entreprises dans 4 grands carrefours d'activité, soit Toronto, Vancouver, Montréal et l'Alberta. Le centre du Canada et le Canada atlantique accueillent plusieurs carrefours de moindre envergure. La technologie immersive fait partie d'une famille de technologies qui englobe toutes les formes de réalité étendue et modifiée par ordinateur, y compris la réalité virtuelle, la réalité augmentée, la réalité mixte et la vidéo 360°. Plus de 100 nouvelles entreprises proposant des produits et des services de technologie immersive ont été créées dans l'ensemble du Canada entre 2014 et 2017, et la réalité étendue devrait ajouter jusqu'à 1,5 billion de dollars américains à l'économie mondiale d'ici 2030<sup>5</sup> quoique cette prévision sera probablement modérée en raison des impacts de la COVID-19 à court terme.<sup>6</sup> Bien que bon nombre d'entreprises de technologies immersives du Canada soient encore relativement jeunes, l'industrie affiche une croissance. Le déploiement subséquent de dispositifs plus petits, plus abordables et davantage portables qui facilite l'adoption par les consommateurs, l'évolutivité commerciale et l'accessibilité a contribué à cette croissance.

Grâce à une première analyse de ce genre, le CTIC définit l'émergence des technologies immersives au Canada et présente un portrait détaillé de l'écosystème des technologies immersives d'aujourd'hui au Canada. Dans le cadre de consultations auprès de chefs de file de l'industrie et d'une collecte exhaustive de données, le CTIC traite des tendances touchant le commerce et le marché du travail, des besoins en talents et compétences, ainsi que des possibilités et des défis relatifs à l'adoption, au financement et au déploiement. Le présent rapport fait état d'un écosystème diversifié qui continue de trouver de nouvelles applications pour la technologie de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée et de la réalité mixte et qui développe sa réputation et ses connexions à l'échelle nationale et internationale.

L'industrie canadienne des technologies immersives compte une répartition presque équitable d'entreprises de produits et de services. Les entreprises de produits, qui représentent environ la moitié du secteur canadien des technologies immersives, offrent des produits comme des jeux vidéo et des expériences de réalité virtuelle à des fins récréatives et sportives, ainsi que des outils de développement de contenu. Les entreprises de services, qui fournissent à leurs clients des solutions personnalisées en technologies de l'information et des technologies (TIC) à un taux facturable, représentent 46 % des entreprises canadiennes de technologies immersives, alors que les entreprises hybrides de produits et de services occupent

<sup>5</sup> Cette prévision tient compte des interactions économiques dans l'économie mondiale relatives au commerce et aux dépenses sur les biens et les ressources entre entreprises, aux dépenses des consommateurs en marchandises, aux décisions d'investissement, ainsi qu'à la dynamique sur le marché (p. ex. demande liée aux capitaux, à la main-d'œuvre, à l'emploi et aux salaires). Elle a été établie avant l'arrivée de la COVID-19 vers la fin de 2019 et ne tient pas compte de l'impact de la COVID-19 sur l'économie mondiale. Les mesures d'éloignement physique découlant de la COVID-19 pourraient influencer la demande pour des types précis de technologies immersives : la demande d'outils axés sur le divertissement ou la collaboration à distance pourrait augmenter à court terme, alors que la demande pour d'autres services comme le marketing et la publicité pourrait plutôt diminuer. PWC (2020). « Seeing is believing: How VR and AR will transform business and the economy ».

<sup>6</sup> IDC (2020). « Pandemic Tempers Growth in AR/VR Spending, but the Long-Term Outlook is Positive, says IDC » : <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prEUR146720420>.

les autres 4 %. De plus en plus, les entreprises de technologies immersives œuvrent dans des secteurs en dehors de l'industrie du divertissement. Au cours des dernières années, de nouveaux cas pratiques de réalité virtuelle, de réalité augmentée et de réalité mixte ont étendu leur portée au-delà du divertissement. Aujourd'hui, 81 % des entreprises canadiennes de technologies immersives œuvrent dans des industries comme la défense nationale et les premières interventions, les industries médicales et pharmaceutiques, l'immobilier, la fabrication et l'équipement lourd, l'énergie, l'exploitation minière et d'autres parties du secteur des ressources naturelles.

Malgré sa croissance, l'industrie canadienne des technologies immersives continue d'évoluer. Environ 91 % des entreprises de l'industrie sont des petites et des moyennes entreprises (PME).<sup>7</sup> Ce chiffre grimpe à 98 % en tenant compte uniquement des entreprises de propriété canadienne et à 100 % pour les entreprises canadiennes qui fournissent exclusivement ou presque entièrement des produits et des services de technologies immersives. Un examen plus détaillé des petites entreprises de ce secteur au Canada révèle que 83 % d'entre elles emploient moins de 26 personnes et 63 % entre 2 et 10 personnes. Le grand nombre de jeunes entreprises et d'entreprises en démarrage dans l'industrie des technologies immersives du Canada pourrait accroître la vulnérabilité de l'industrie aux impacts économiques découlant de la COVID-19 alors que les clients actuels et potentiels connaissent une baisse des flux de trésorerie prévus, possiblement attribuable à la demande décroissante pour des investissements dans le secteur des technologies émergentes et à l'effondrement d'entreprises financièrement vulnérables.<sup>8</sup> Cela dit, certains chefs de file de l'industrie estiment que la demande pour des applications de divertissement à la maison et des outils axés sur la collaboration à distance pourrait augmenter en raison des mesures d'éloignement physique mises en place dans diverses régions du monde.<sup>9</sup>

Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont souligné des difficultés relatives au financement intérieur et à l'adoption de la réalité virtuelle, de la réalité augmentée et de la réalité mixte. Ils laissaient entendre qu'il est difficile d'obtenir du financement auprès d'investisseurs canadiens. Même s'il existe plusieurs fournisseurs de produits et de services de technologies immersives au Canada, l'adoption de la technologie par les entreprises canadiennes est sensiblement moins courante. L'hésitation des investisseurs à adopter des technologies émergentes plus risquées comme la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte pourrait réduire encore davantage la disponibilité du financement offert aux entreprises canadiennes. De même, une réduction des dépenses chez les clients actuels ou potentiels pourrait avoir un impact négatif sur la demande de produits et de services en technologies immersives.

<sup>7</sup> Selon les normes de classification élaborées par Statistique Canada, les PME sont des entreprises employant moins de 500 personnes.

<sup>8</sup> Alexandra Cutean (2020). « Business Continuity in Lockdown: Four Stories Navigating COVID-19 » : <https://www.ictc-ctic.ca/business-continuity-lockdown-four-stories-navigating-covid-19/>.

<sup>9</sup> Kris Kolo (2020). « Interview: 'More people now do 'Social virtual reality' because they feel isolated at home » : <https://www.thevrara.com/blog/2020/6/9/interview-more-people-now-do-social-virtual-reality-because-they-feel-isolated-at-home>.

En raison des difficultés financières, la croissance de l'industrie des technologies immersives au Canada a atteint un plateau depuis 2016. La réalité virtuelle et la réalité augmentée semblaient avoir atteint un point d'inflexion au chapitre de l'adoption répandue chez les consommateurs cette année-là, mais cette adoption n'est pas encore à grande échelle. Le nombre de nouvelles entreprises de technologies immersives lancées chaque année a également diminué au Canada depuis 2016, mais la consolidation du secteur, le matériel de meilleure qualité et les nouveaux cas pratiques prometteurs en matière de technologies immersives dans l'ensemble des différentes industries offrent des occasions uniques de croissance future et d'adoption. Alors que de nouvelles portes s'ouvrent pour favoriser la croissance et l'évolution de l'industrie, tous les yeux sont tournés vers la prochaine révolution matérielle, laquelle pourrait être, comme l'ont mentionné les entreprises interrogées pour la présente étude, un facteur clé dans le déclenchement de la prochaine période de croissance importante.



# INTRODUCTION

L'étude *Franchir la frontière virtuelle : L'écosystème des technologies immersives du Canada* présente d'abord une brève introduction aux technologies immersives, leur histoire, et leurs liens avec d'autres technologies émergentes, et examine ensuite d'importants cas pratiques dans l'ensemble des segments verticaux de l'industrie au Canada. La deuxième section traite des principaux aspects qui composent une équipe de technologies immersives ainsi que des compétences et rôles techniques qui sont importants pour cette équipe. Les ingénieurs en logiciels, les gestionnaires de produits et les architectes principaux sont considérés comme des rôles importants pour le développement d'applications de technologie immersive, et les directeurs artistiques, les artistes 3D, et les concepteurs de l'expérience et de l'interface utilisateur sont tout aussi importants en matière de conception. D'autres rôles, comme les conseillers en réglementation et les spécialistes du déploiement en entreprise, sont également mentionnés.

La troisième section propose une analyse unique en son genre des entreprises qui font partie de l'industrie des technologies immersives du Canada et des carrefours régionaux de son écosystème. À partir d'un ensemble de données sur 353 entreprises, des offres de valeur et des modèles opérationnels déterminants sont recensés ainsi que des tendances quant à la taille et à l'âge des entreprises, ainsi qu'à leurs chances d'expansion régionale et internationale. La troisième section se termine par une discussion des principaux défis et tendances en matière d'adoption, de financement, de compétences et de diversité. Le défi le plus urgent pour les entreprises canadiennes dans l'industrie aujourd'hui consiste à trouver et à obtenir du financement.

## QU'EST-CE QUE LA TECHNOLOGIE IMMERSIVE?

La technologie immersive fait partie d'une famille de technologies qui plonge les utilisateurs dans différents types d'informations numériques pour créer une expérience utilisateur profondément stimulante. Au plus haut niveau, la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte immergent les utilisateurs de trois façons distinctes : en affichant des informations aux utilisateurs en trois dimensions, en intégrant ces informations à l'espace tridimensionnel de l'utilisateur, et en permettant des formes plus naturelles et organiques d'interactions entre

**Réalité virtuelle** La réalité virtuelle immerge complètement l'utilisateur dans un environnement 3D généré par ordinateur, éliminant le plus de liens sensoriels possible avec le monde réel. Des images sont affichées au moyen de casques de réalité virtuelle et de visiocasques, lesquels peuvent être autonomes ou connectés à un ordinateur, à une console de jeu ou à un téléphone mobile. Le son spatial, l'haptique, les contrôleurs interactifs et d'autres composants peuvent aussi être utilisés pour intensifier l'expérience.

**Réalité augmentée** La réalité augmentée intègre des informations numériques dans l'environnement réel de l'utilisateur sous la forme de mots, d'images, de vidéos et de sons. L'information numérique est affichée à l'aide de tablettes, de téléphones mobiles, de montres intelligentes et d'autres dispositifs portables.

**Réalité mixte** La réalité mixte intègre des informations numériques à l'environnement réel de l'utilisateur afin qu'il puisse interagir simultanément avec les informations numériques et le monde réel. L'information numérique est affichée au moyen de visiocasques munis de caméras ou d'objectifs transparents, lesquels permettent de maintenir une connexion visuelle avec l'environnement. Les casques d'écoute peuvent être autonomes (p. ex. sans fil) ou connectés à un ordinateur ou à une console de jeu. La réalité mixte est parfois appelée la *réalité augmentée portable*.

les utilisateurs et les informations numériques. Par exemple, les utilisateurs peuvent choisir des commandes vocales ou des mouvements de la main au lieu d'un clavier, d'une souris ou d'un pavé tactile. Par comparaison, la technologie non immersive affiche des informations aux utilisateurs en format 2D même lorsque ces informations seraient affichées plus naturellement en 3D. De même, la technologie non immersive contraint l'affichage des informations sur un écran 2D, limitant les formes plus créatives d'interactions homme-machine.

La réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte utilisent chacune des combinaisons légèrement différentes d'outils logiciels et matériels pour immerger les utilisateurs d'une manière légèrement différente. Certaines technologies immersives sont accessibles par le biais de tablettes et de téléphones mobiles et d'autres au moyen de casques d'écoute, de visiocasques et d'autres dispositifs portables. Des dispositifs d'affichage visuel, des capteurs, des systèmes de localisation en temps réel, l'infonuagique et le stockage infonuagique peuvent être réunis en d'innombrables configurations uniques pour activer une vaste gamme d'applications propres à l'industrie. D'un œil critique, les types de technologies immersives utilisés dans une application donnée dépendent largement de l'objectif sous-jacent. Le but est-il d'immerger complètement l'utilisateur dans un environnement généré par ordinateur, comme c'est souvent le cas pour la réalité virtuelle ou une vidéo 360°? Le but est-il d'enrichir l'environnement du monde réel de l'utilisateur grâce à des informations virtuelles, comme pour la réalité mixte et la réalité augmentée? Ou est-ce plutôt d'améliorer la communication de données spatiales ou 3D, comme c'est le cas pour les quatre types de réalité? Les types exacts de technologies immersives employées dépendront des réponses à ces questions.

Étonnamment, malgré le fait que ces technologies aient été développées séparément, la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte, grâce à l'intégration multiplateforme et à la convergence matérielle, sont de plus en plus interconnectées. Les casques de réalité mixte de Varjo, qui peuvent supporter simultanément la réalité virtuelle et la réalité mixte, en sont un exemple. La plateforme Modest3D Xplorer de Modest Tree, qui permet aux utilisateurs de collaborer sur les mêmes modèles 3D peu importe leur plateforme matérielle (téléphone mobile, casque, tablette ou ordinateur de bureau), en est un autre exemple. Pour cette raison, des exemples précis de cette technologie, comme une application de vente au détail basée sur la réalité augmentée ou un programme de formation de réalité virtuelle, devraient être considérés simplement comme des points de référence sur un spectre beaucoup plus large de technologies 3D et immersives.

## L'HISTOIRE DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES

La naissance des technologies immersives remonte à quelque 60 ans, mais ce n'est qu'au cours des 4 à 5 dernières années que la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte ont pu réaliser les visions promises à un prix qui permet une adoption élargie chez les consommateurs et au sein de l'industrie. Pendant longtemps, la qualité et la capacité des logiciels et du matériel disponibles ont freiné les particuliers et les entreprises travaillant en recherche et développement. Une brève histoire des technologies immersives, de leur apparition vers la fin des années 1970 à aujourd'hui, est présentée ci-dessous.

## CHRONOLOGIE

- 1968** Ivan Sutherland et Bob Sproull ont créé le premier visiocasque, un appareil offrant des expériences de réalité augmentée en projetant des images dans le monde réel. Le dispositif n'a jamais dépassé la phase expérimentale en raison des contraintes de conception (les utilisateurs le trouvaient lourd et inconfortable).<sup>10</sup>
- 1975** Myron Krueger a utilisé une combinaison de graphiques informatiques, de projections lumineuses, de caméras et d'écrans pour mesurer la position d'un utilisateur et intégrer ces informations dans son laboratoire de réalité augmentée, Videoplace. Videoplace est généralement considéré comme le premier système interactif de réalité virtuelle, bien que sans casque ou visiocasque, en termes actuels, il fonctionnait plutôt comme une projection de réalité augmentée.<sup>11</sup>
- 1985** Les pionniers de la réalité virtuelle Jaron Lanier et Thomas Zimmerman ont créé VPL Research, la toute première entreprise à vendre des casques de réalité virtuelle. Deux ans plus tard, Jaron Lanier a inventé le terme *réalité virtuelle*.<sup>12</sup>
- 1990** Tom Caudell, chercheur chez Boeing, a inventé le terme *réalité augmentée*.<sup>13</sup>
- 1992** Louis Rosenberg, du laboratoire de recherche des Forces aériennes des États-Unis, a créé le premier système de réalité augmentée véritablement opérationnel appelé Virtual Fixtures. Il s'agissait d'un système robotique qui intégrait des informations aux environnements réels des utilisateurs pour augmenter l'efficacité, c'est-à-dire une version antérieure de ce que la plupart des applications de réalité augmentée font aujourd'hui.<sup>14</sup>
- 1993** Sega a annoncé la sortie d'un casque de réalité virtuelle pour sa console de jeu Sega Genesis lors du Consumer Electronic Show. Ce dispositif promettait aux consommateurs une expérience de réalité virtuelle accessible à la maison, y compris un dispositif de suivi des mouvements de la tête et un système de son stéréo intégré. En raison de difficultés techniques, le casque est demeuré un prototype et n'a pas été commercialisé auprès des consommateurs.<sup>15</sup>
- 1995** Après que Sega ait tenté d'offrir un dispositif de réalité virtuelle à la maison aux consommateurs, Nintendo a commercialisé la console Virtual Boy. Le dispositif a réussi à offrir une expérience portable de réalité virtuelle, mais était conçu pour demeurer en position fixe et n'incluait pas de dispositif de suivi des mouvements de la tête. Un an après sa commercialisation initiale au Japon et en Amérique du Nord, la vente et la production de la console Virtual Boy ont été discontinuées.<sup>16</sup>

<sup>10</sup> Joseph Flynt. « The History of VR: When was it created and who invented it? ». 3D Insider, 12 août 2019 : <https://3dinsider.com/vr-history/>.

<sup>11</sup> « Videoplace ». elmcip, consulté en avril 2020 : <https://elmcip.net/creative-work/videoplace>.

<sup>12</sup> « Timeline of Virtual Reality History & Important VR Chronological Events ». All Virtual Reality, consulté en avril 2020 : <https://allvirtualreality.com/tutorials/timeline-virtual-reality-history-important-vr-chronological-events.html>.

<sup>13</sup> "AR at Boeing (1990)", Boeing Inc., Accessed April 2020, <http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/presentations/HCI-history/tsld096.htm>.

<sup>14</sup> Jeremy Norman. « The First Fully Immersive Augmented Reality System ». HistoryofInformation.com, consulté en avril 2020 : <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4696>.

<sup>15</sup> « History of Virtual Reality. Virtual Reality Society, consulté en avril 2020 : <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>.

<sup>16</sup> Ibidem.

<b>1997</b>	Georgia Tech et Emory University ont utilisé la réalité virtuelle pour traiter les troubles de stress post-traumatique chez les anciens combattants. L'exposition contrôlée aux éléments déclencheurs de traumatismes est devenue une partie intégrante du traitement des troubles de stress post-traumatique et demeure encore aujourd'hui un aspect crucial du traitement et de la recherche en la matière. <sup>17</sup>
<b>1999</b>	La NASA a créé un système de vision amélioré hybride pour la navette X-38 afin d'améliorer la navigation lors des vols d'essai. <sup>18</sup>
<b>2000-01</b>	Hirokazu Kato a créé et commercialisé ARToolKit, un logiciel de développement à source ouverte qui, pour la première fois, permettait des interactions entre des objets réels et virtuels. <sup>19</sup>
<b>2005</b>	Un jeu de tennis, l'une des premières applications mobiles de réalité augmentée, a été créé pour un téléphone Nokia. <sup>20</sup>
<b>2008-09</b>	Les premières publicités imprimées amplifiées par la réalité augmentée, lesquelles présentaient des composantes numériques activées par des codes QR, ont été diffusées par BMW et Esquire. <sup>21</sup>
<b>2010-12</b>	Palmer Lucky a créé le premier prototype de casque de réalité virtuelle d'Oculus et subséquemment lancé une campagne de sociofinancement, recueillant 2,4 millions de dollars américains pour ce dispositif de réalité virtuelle appelé Oculus Rift. <sup>22</sup>
<b>2014</b>	Facebook a acheté Oculus pour 2,3 milliards de dollars américains. <sup>23</sup> L'acquisition marquait une division claire entre la série d'échecs commerciaux qui ont défini la réalité virtuelle au tournant du siècle et la révolution moderne de la réalité virtuelle que nous connaissons aujourd'hui. En plus de Google Cardboard, Google a lancé Google Glass, un produit commercialisé comme étant le premier dispositif portable de réalité augmentée. Bien que Google Glass n'ait pas bénéficié d'une grande adoption chez les consommateurs ni du soutien des développeurs pour les applications immersives, le produit a démontré ce que pourrait être la réalité augmentée portable. <sup>24</sup>

<sup>17</sup> Ibidem.

<sup>18</sup> « The History of Augmented Reality ». *Assmblr Blog*, 11 décembre 2018 : <https://blog.assemblrworld.com/the-history-of-augmented-reality/>.

<sup>19</sup> Ibidem.

<sup>20</sup> Charlotte Yianni. « Infographic: History of Augmented Reality ». *blippar*, 8 juin 2020 : <https://www.blippar.com/blog/2018/06/08/history-augmented-reality/>.

<sup>21</sup> Ibidem.

<sup>22</sup> Luke Dormehl. « 8 virtual milestones that took it from sci-fi to your living room ». *Digital Trends*, 13 novembre 2017 : <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/history-of-virtual-reality/>.

<sup>23</sup> Ibidem.

<sup>24</sup> Michael Isberto. « The History of Augmented Reality ». *Colocation America*, 9 mai 2018 : <https://www.colocationamerica.com/blog/history-of-augmented-reality/>.

**2015-16** Oculus (Facebook) a lancé la première version grand public de son casque Rift. Sony, HTC et Google ont lancé d'autres casques de réalité virtuelle et visiocasques alors que Facebook et YouTube ont commencé à supporter les vidéos 360 sur leurs plateformes. Offrant plus d'options et des prix moins élevés, les produits de réalité virtuelle sont devenus pour la première fois considérablement plus accessibles sur les marchés de consommation. Microsoft a également lancé HoloLens 1, le premier casque portable de réalité augmentée à être commercialisé comme de la réalité mixte. Certains soutiennent que le casque HoloLens a offert aux entreprises en dehors de l'industrie du divertissement un produit de réalité mixte à un prix suffisamment bas pour en permettre le déploiement et l'essai en milieu de travail.

**2017-19** Oculus (Facebook) et Google a lancé d'autres casques de réalité virtuelle et visiocasques, alors que Google, Magic Leap, Microsoft et Varjo ont commercialisé de nouveaux casques de réalité mixte. Au fil du temps, les casques sont devenus plus petits, moins chers, plus accessibles et plus perfectionnés que les précédents. Aujourd'hui, certains casques offrent des capacités avancées comme la connectivité infonuagique, l'oculométrie, le suivi des mouvements, l'analytique et la vision par ordinateur.

## LIENS AVEC D'AUTRES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES

Les technologies immersives sont rendues possibles grâce à un ensemble d'autres technologies qui incluent des dispositifs d'affichage, des systèmes de localisation en temps réel et des capteurs. Au fil des ans, alors que de nouvelles technologies émergentes comme les services infonuagiques et l'intelligence artificielle (IA)<sup>25</sup> sont devenues accessibles, elles ont aussi été intégrées dans un ensemble de technologies qui forment la réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte. Cette section explique la relation des technologies immersives avec d'autres technologies émergentes marquantes.

**Infonuagique** Les services infonuagiques<sup>26</sup> permettent de perfectionner les applications de technologies immersives en facilitant l'intégration multiplateforme entre les casques, les ordinateurs, les téléphones mobiles et les tablettes, et en favorisant les environnements collaboratifs à utilisateurs multiples. Combinés aux environnements réseau à large bande passante, les services infonuagiques peuvent aussi permettre de déléster les fonctions d'analyse des données, de traitement des données et d'autres fonctions informatiques à partir de dispositifs matériels locaux.

**Intelligence artificielle** Le traitement du langage naturel,<sup>27</sup> l'apprentissage machine<sup>28</sup> et la vision par ordinateur<sup>29</sup> jouent un rôle clé dans les applications de technologie immersive de pointe. Plusieurs des personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont indiqué que leurs produits et applications utilisent l'IA d'une façon ou d'une autre, que ce soit pour la compression vidéo, la création de contenu, l'interaction homme-machine, l'analyse des données ou la vision par ordinateur. Certains répondants ont aussi précisé qu'ils intégraient l'apprentissage machine dans leurs applications afin de créer des environnements intelligents et réceptifs. Par exemple, dans les applications de formation, les environnements réceptifs font place à des niveaux de difficulté individuellement personnalisés, ce qui peut donc améliorer les résultats en matière de formation. De plus en plus, les fonctionnalités de l'IA sont également intégrées directement aux casques et aux trousseaux de développement. Par exemple, Microsoft et Magic Leap ont intégré la vision par ordinateur à leurs produits afin de faciliter la reconnaissance des objets, la reconnaissance des mouvements et la schématisation spatiale, ainsi que le traitement du langage naturel pour les contrôles et l'apprentissage machine pour l'analyse des données.

**Internet des choses (IdO)** Le nombre croissant d'appareils connectés a permis de créer un nouvel ensemble de données pour les applications de technologie immersive. Les jumeaux numériques sont possiblement l'exemple le plus perfectionné de l'IdO combiné aux technologies immersives : la réalité mixte, la réalité virtuelle et la réalité augmentée offrent une nouvelle valeur aux jumeaux numériques en affichant naturellement et plus efficacement les informations

<sup>25</sup> Ryan McLaughlin et Trevor Quan. *L'ère de demain : La main-d'œuvre amplifiée par l'intelligence artificielle du Canada*. Conseil des technologies de l'information et des communications, décembre 2019, p. 5.

<sup>26</sup> « What is cloud computing ». Microsoft, consulté en avril 2020 : <https://azure.microsoft.com/en-ca/overview/what-is-cloud-computing/>.

<sup>27</sup> McLaughlin et Quan. *L'ère de demain : La main-d'œuvre amplifiée par l'intelligence artificielle du Canada*, p. 5.

<sup>28</sup> *Ibidem*.

<sup>29</sup> *Ibidem*.

spatiales connexes. Par exemple, les renseignements sur la zone d'erreurs commises pendant un processus de fabrication pourraient être saisis par des capteurs de l'IdO, intégrés dans un jumeau numérique, puis communiqués aux techniciens en temps réel grâce à la réalité augmentée ou mixte. Des capteurs de l'IdO pourraient aussi être utilisés pour mettre à jour les modèles 3D alimentés par l'IdO en temps réel afin de permettre la visualisation en réalité virtuelle des changements géologiques touchant un site minier extracôtier en temps réel.<sup>30</sup>

**5G** Les répondants ne s'entendaient pas sur les répercussions exactes de la 5G sur les applications de technologies immersives.<sup>31</sup> Certains estimaient que la 5G est extrêmement importante pour le développement continu des technologies immersives et ses applications potentielles, alors que d'autres insistaient pour dire que l'industrie peut tout de même être prospère sans elle. Aujourd'hui, plusieurs applications de technologie immersive, comme les modèles 3D de base transmis par des dispositifs de réalité augmentée ou mixte, ne nécessitent rien de plus qu'une connexion Internet stable.<sup>32</sup> Dans certains cas, une seule connexion Internet haute vitesse peut supporter jusqu'à 10 casques de réalité mixte qui diffusent des modèles 3D de base à basse fidélité à partir du nuage. Bien qu'il soit amplement évident que les technologies immersives peuvent connaître du succès dans bon nombre de contextes sans la 5G, la qualité et la portée des futures solutions de réalité virtuelle, de réalité augmentée et de réalité mixte profiteront probablement davantage de la capacité accrue du réseau provenant de la 5G. Par exemple, des vitesses de téléchargement accrues et une latence réduite sont essentielles à la collaboration à distance où plusieurs collaborateurs pourront consulter les mêmes modèles 3D et vivre les mêmes expériences à partir de différents endroits. Comme l'a dit l'un des répondants, lorsque plusieurs collaborateurs se connectent à partir d'un même endroit, une connexion Internet fiable suffit, mais lorsqu'ils se rassemblent à partir de différents endroits (à partir de leur domicile, du bureau ou sur place), les connexions Internet existantes peuvent devenir instables, nécessitant ainsi la 5G.

De plus, certaines des personnes interrogées ont souligné que la 5G pourrait jeter les bases de dispositifs matériels davantage portables (et donc plus accessibles). Présentement, la capacité des fabricants de produire des casques et des visiocasques autonomes, plus petits et plus légers est limitée en raison de la grande puissance informatique nécessaire pour faire fonctionner localement les applications de réalité virtuelle, augmentée et mixte.<sup>33</sup> Les répondants ont indiqué que la 5G et l'informatique en périphérie peuvent, ensemble, permettre aux fabricants de matériel de transférer certaines fonctions informatiques de dispositifs locaux vers le réseau, réduisant ainsi la capacité informatique nécessaire intégrée aux dispositifs (et donc, leur taille), et potentiellement l'impact connexe sur la durée de vie des piles. En effet, les casques pourraient devenir plus petits, moins dispendieux et moins complexes si les piles duraient plus longtemps.

<sup>30</sup> L'IdO est un ensemble de dispositifs connectés à Internet et au réseau (p. ex. capteurs, dispositifs portables, etc.) qui agissent comme des intrants pour divers systèmes alimentés par des données, comme des maisons intelligentes, des villes intelligentes et des jumeaux numériques.

<sup>31</sup> « Qu'est-ce que le 5G? ». Gouvernement du Canada, 20 juillet 2017 : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/069.nsf/fra/00077.html>.

<sup>32</sup> Kognitiv Spark, consulté en avril 2020 : <https://www.kognitivspark.com/remotespark/>.

<sup>33</sup> Toutes les composantes matérielles requises sont intégrées directement dans le casque autonome ou le visiocasque. Un ordinateur ou une console de jeu connecté ou différents types de capteurs (comme un système de localisation) ne sont donc plus nécessaires pour obtenir la puissance informatique requise pour exécuter des applications.

## PRINCIPAUX CAS PRATIQUES

Au niveau le plus élémentaire, la technologie immersive est un outil de communication et d'informatique spatiale conçu pour imiter ou amplifier le monde physique au moyen d'expériences visuelles générées de façon numérique. La technologie immersive est dotée d'une capacité unique pour communiquer des informations complexes dans un environnement 3D et en fonction d'un grand nombre de manipulations par l'utilisateur. La liste des cas pratiques qui peuvent profiter de cette capacité est presque infinie. Néanmoins, un ensemble de cas pratiques populaires a fait surface au cours des dernières années (comme l'assistance guidée, la formation par simulation et les tests de conception), dont bon nombre sont interexploitables entre les différentes variations de la technologie. Par exemple, l'assistance guidée est possible au moyen de casques de réalité mixte et d'applications de réalité augmentée, et de même, la collaboration virtuelle est possible en combinant la réalité mixte et la réalité virtuelle. Pour cette raison, les répondants à cette étude ont souvent mis en garde contre l'association de cas pratiques précis à une technologie ou à une autre. Ils soutenaient plutôt que la réalité immersive offrait plusieurs usages potentiels se chevauchant, alors que d'autres usages peuvent être légèrement mieux développés, plus facilement déployables ou simplement plus évolués.

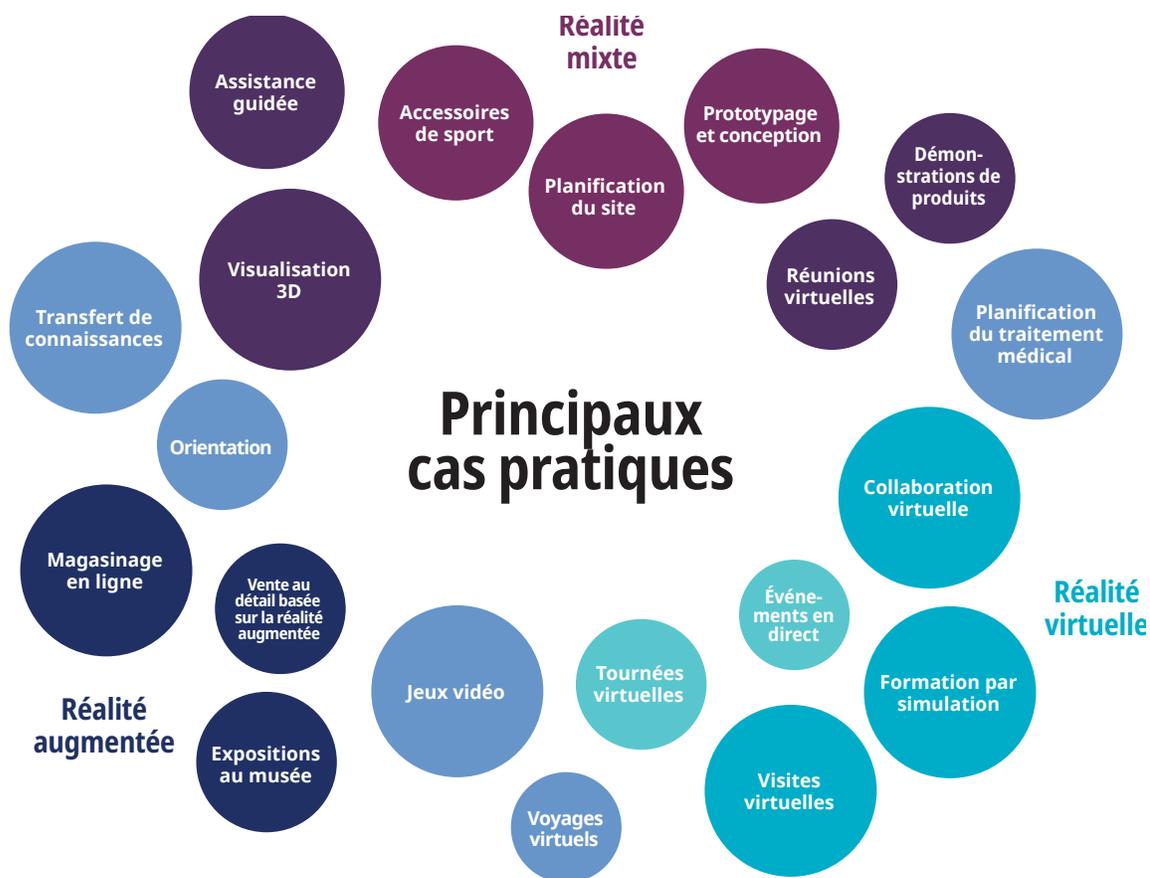


Figure 1. Principaux cas pratiques : réalité augmentée, réalité mixte et réalité virtuelle. CTIC, 2020.

## PRINCIPAUX CAS PRATIQUES DANS LES INDUSTRIES VERTICALES DU CANADA

Les technologies immersives peuvent offrir bon nombre d'avantages aux entreprises, y compris des avantages concrets, comme des économies d'espace, de temps et de coûts, et des avantages moins tangibles, comme une expérience utilisateur améliorée et la communication améliorée des données spatiales. Selon les répondants, les technologies immersives sont surtout utiles lorsqu'elles améliorent ou remplacent des processus onéreux, dangereux et coûteux en temps ou qu'elles rendent possibles de nouveaux processus qui ne l'étaient pas auparavant. En ce qui concerne les industries verticales du Canada, les technologies immersives sont particulièrement intéressantes pour les médias numériques interactifs, la fabrication de pointe, la santé, la biotechnologie, les technologies propres et les ressources propres. La présente section offre une vue d'ensemble des cas pratiques notables dans chacun de ces secteurs.



### MÉDIAS NUMÉRIQUES INTERACTIFS

Les médias numériques interactifs existent à l'intersection des TIC et des industries numériques et créatives. Ils offrent aux entreprises des façons nouvelles et créatives d'afficher les informations internes et externes.<sup>34</sup> Hébergeant les technologies immersives elles-mêmes, ce sous-secteur fourmille de cas pratiques de réalité virtuelle, de réalité augmentée et de réalité mixte.

### MARKETING, EXPOSITIONS COMMERCIALES ET VISITES VIRTUELLES

Les technologies immersives sont particulièrement utiles dans les secteurs qui utilisent de la machinerie lourde : la fabrication, l'automobile, l'aéronautique, la défense, l'exploitation minière et l'énergie. Ces secteurs nécessitent le transport et l'entreposage réguliers de machinerie lourde encombrante pour faciliter les processus opérationnels de base comme les ventes, le marketing et la formation. Sans les technologies immersives, ces entreprises doivent consacrer d'importantes ressources financières au transport et à l'exposition de leurs produits. Elles réduisent considérablement le coût et la complexité liés à l'organisation de ce type de service : à l'aide de la réalité virtuelle, une entreprise isolée de machinerie lourde peut présenter ses produits lors d'une conférence centrale ou dans un bureau à peu de frais supplémentaires.

Les technologies immersives proposent aussi de nouvelles façons d'engager des processus traditionnels tant pour les entreprises de commerce électronique interentreprises que de commerce électronique de détail. Les solutions personnalisées permettent aux entreprises d'offrir à leurs clients une expérience pratique virtuelle de leurs produits et services peu importe l'heure ou le lieu. Elles facilitent les visites virtuelles de biens fonciers et de lieux de travail éloignés qui peuvent élargir des marchés potentiels afin d'inclure des clients de partout dans le monde. De même, les solutions de technologie immersive peuvent permettre aux entreprises d'offrir des visites ou des démonstrations de produits et de bâtiments qui ne sont pas encore construits.

<sup>34</sup> Alexandra Cutean, Rosina Hamoni, Ryan McLaughlin, et autres. *Tendance de croissance au Canada : Aperçu des talents numériques pour 2023*. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). Octobre 2019, p. 17.

En ce qui concerne l'aspect divertissement du marketing, les entreprises ont commencé à demander du contenu attrayant avec lequel les consommateurs peuvent interagir. Ce contenu existe au-delà de la vente d'un objet concret puisque les marques cherchent à s'harmoniser avec des expériences qui pourraient ne pas être à la portée d'une personne moyenne dans son quotidien. TOMS, une entreprise de chaussures basée à Venice, en Californie, utilise la réalité virtuelle dans son magasin principal pour faire vivre une expérience unique aux clients dans laquelle ils sont guidés dans un village éloigné du Pérou lors de l'un des voyages de dons de chaussures de l'entreprise.<sup>35</sup> Grâce à cet engagement, les clients découvrent personnellement la mission de charité de l'entreprise tout en visitant une région éloignée qui n'est pas nécessairement à la portée de tous.



## FABRICATION DE POINTE

Le secteur de la fabrication de pointe utilise des capacités de fabrication de prochaine génération, intégrant des technologies comme la robotique avancée, l'IdO, l'apprentissage machine, la fabrication additive et la technologie immersive pour créer des produits familiers ou nouveaux.<sup>36</sup> Les gains d'efficacité obtenus grâce à la fabrication de pointe découlent de processus numérisés qui dépendent souvent de l'utilisation et de la coordination de l'information, de l'automatisation, de calculs, de logiciels, de la détection et du réseautage.

## ASSISTANCE GUIDÉE

Les technologies immersives, surtout la réalité mixte et la réalité augmentée, se sont avérées particulièrement utiles pour guider les travailleurs de première ligne et sur le terrain lors d'une variété de tâches, comme assembler des véhicules ou de l'équipement, opérer et réparer de la machinerie complexe, et naviguer de grands lieux de travail ou entrepôts. La réalité mixte et la réalité augmentée sont adaptées pour ces types d'application sur le terrain et en milieu de travail : elles ajoutent une couche supplémentaire d'informations au monde physique, plutôt que d'isoler l'utilisateur de son environnement.

Les technologies immersives ciblant l'assistance guidée offrent deux variantes communes : l'assistance automatisée pour les tâches précises et l'assistance humaine par un expert en la matière centralisé. Cette dernière permet un transfert plus efficace des connaissances dans l'ensemble des organisations et parmi les collègues et permet de franchir les obstacles relatifs à la distance ou au temps. Par exemple, l'entreprise Kognitiv Spark basée au Nouveau-Brunswick permet au personnel de niveau supérieur ou plus expérimenté de donner des conseils aux travailleurs moins expérimentés sur des sites plus éloignés à partir d'un emplacement centralisé. Cette assistance guidée accélère les processus d'intégration puisque les nouveaux travailleurs peuvent être déployés sur le terrain avant d'être entièrement indépendants.

Toutefois, l'assistance automatisée est adaptée à des tâches précises et répétitives : à l'échelle, les projets prennent considérablement moins de temps à exécuter.

<sup>35</sup> Jonathan Nafarrete. « TOMS Brings Virtual Reality Giving Trips to Retail Customers ». VR Scout, 24 juillet 2015 : <https://vrscout.com/news/toms-virtual-reality-giving-trips/>.

<sup>36</sup> Cutean, Hamoni, McLaughlin, et autres. *Tendance de croissance au Canada : Aperçu des talents numériques pour 2023*, p. 17.

Les tâches qui englobent des informations spatiales ou 3D, comme la navigation d'un entrepôt ou l'installation de pièces sur un objet fabriqué conviennent particulièrement bien à ce type de solutions. Dans ces contextes, l'assistance guidée permet aux travailleurs de faire leur travail plus rapidement ou avec plus de précision. Par exemple, Lockheed Martin a créé une solution de réalité mixte pour guider les techniciens responsables de fixer des petites pièces à la navette Orion. La solution permet aux travailleurs d'accomplir la tâche en seulement 45 minutes alors qu'il leur fallait 8 heures pour le faire auparavant.<sup>37</sup>

## PROTOTYPAGE

Les entreprises manufacturières ont trouvé de nouveaux cas pratiques pour les technologies immersives dans la conception et la mise à l'essai de produits. Au moyen de tests poussés, les concepteurs et les ingénieurs peuvent prendre des décisions éclairées concernant les choix matériels et les plans de conception, engendrant des économies importantes de temps et de coûts en raison du nombre limité de bons de réusinage. En travaillant avec des modèles dans un environnement immersif, les concepteurs peuvent manipuler et adapter les modèles à la volée et effectuer des essais dans des environnements de tests numériques qui facilitent le prototypage rapide. Dans le contexte d'une usine, les cas pratiques de réalité virtuelle incluent aussi la schématisation, la manipulation et la mise à l'essai de configurations de chaînes de montage afin d'évaluer l'efficacité et la faisabilité d'un processus de production précis. La mise à l'essai de divers modèles de production au sein d'un jumeau numérique de l'atelier de production permet aux entreprises manufacturières de réduire les coûts de main-d'œuvre et les risques pour la santé associés au déplacement de machinerie lourde, en plus du temps passé sur d'autres tâches non productives.



## SANTÉ ET BIOTECHNOLOGIE

Le secteur de la santé et de la biotechnologie inclut la prestation de services et de produits en soins de santé, l'utilisation de la biotechnologie dans d'autres industries comme l'agriculture, les technologies vertes et la fabrication industrielle, ainsi que l'utilisation accrue de la bioinformatique et des données massives pour le séquençage génétique, la recherche liée aux maladies et l'identification de médicaments.<sup>38</sup> Les dépenses en soins de santé représentent une importante partie de l'économie du Canada, faisant du secteur de la santé et de la biotechnologie un terrain naturel pour expérimenter de nouvelles technologies.<sup>39</sup>

## FORMATION ET ÉDUCATION IMMERSIVES

Les entreprises et les organisations du secteur des soins de santé utilisent la réalité virtuelle pour améliorer la formation et l'éducation, permettant ainsi aux médecins de perfectionner leurs compétences sans le risque ou le danger habituel pour les

<sup>37</sup> Kathryn Bloxham. « Webinar: XR for Enterprise: How to Gain Buy In and Prove its Value ». VR Intelligence Ltd, 7 janvier 2020 : <https://www.vr-intelligence.com/webinar-xr-enterprise-how-gain-buy-and-prove-its-value-0>.

<sup>38</sup> Cutean, Hamoni, McLaughlin, et autres. *Tendance de croissance au Canada : Aperçu des talents numériques pour 2023*, p. 17.

<sup>39</sup> Institut canadien d'information sur la santé. *Tendance des dépenses nationales de santé, 1975 à 2019*. Ottawa, Ontario. ICIS, 2019 : <https://www.cihi.ca/sites/default/files/document/nhex-trends-narrative-report-2019-fr-web.pdf>.

patients. Dans un environnement immersif numérique, les professionnels de la santé peuvent visualiser d'infimes détails de toute partie du corps humain dans une reconstruction numérique et créer des scénarios de formation qui reproduisent les interventions chirurgicales les plus courantes. L'entreprise PeriopSim de la Colombie-Britannique a créé un ensemble de simulations de formation immersive pour les professionnels qui s'occupent des chirurgies. De même, l'entreprise Osso VR en Californie a élaboré une plateforme de formation immersive pour les chirurgiens orthopédistes et découvert que ses clients pratiquaient des chirurgies presque deux fois mieux que ceux formés par des moyens traditionnels.<sup>40</sup>

D'un point de vue critique, il existe encore d'importants obstacles en soins de santé relativement à l'utilisation des casques de technologie immersive puisqu'ils ne sont pas encore capables d'afficher le niveau de couleur et d'intensité (fidélité visuelle) nécessaire. Les répondants ont mentionné que les applications médicales requièrent habituellement des modèles 3D dotés de contrastes dynamiques significatifs. De légères variations de gris, de noir et d'autres couleurs sont utilisées pour identifier différentes parties du corps ou des types de tissus dans le monde médical. Jusqu'à présent, les casques portables de réalité mixte sont incapables de fournir le contraste requis. Les dispositifs comme HoloLens 1 et 2 de Microsoft utilisent la lumière pour superposer des images dans le monde réel, rendant ainsi difficile la représentation précise des nuances fondées de couleur ou de noir. Les casques de réalité mixte photoréalistes comme le Varjo XR-1 peuvent offrir le niveau de couleur requis pour les applications médicales, mais à 10 000 \$ US l'unité, ils sont souvent beaucoup trop chers pour un déploiement à grande échelle. Le XR-1 est également incapable de fonctionner de façon autonome (sans l'aide d'un ordinateur externe puissant).



## TECHNOLOGIES PROPRES

Les technologies propres sont un sous-secteur ciblant le développement et la vente de biens et de services écologiques. Les entreprises de ce secteur élaborent et déploient des technologies qui génèrent des gains d'efficacité tout en minimisant les impacts industriels sur l'environnement.<sup>41</sup>

## PLANIFICATION ET CONCEPTION AMÉLIORÉES

La mise à l'essai d'un produit dans un espace technologique immersif va au-delà d'une modélisation 3D spécifique. Les concepteurs et les ingénieurs peuvent numériquement simuler des conditions environnementales variables qui influenceront la mise en œuvre structurelle finale du concept. La réalité augmentée peut être utilisée dans le secteur des technologies propres pour accélérer les processus de conception et de décision, notamment pour créer des prototypes 3D beaucoup plus tôt dans le processus de conception, évaluer l'impact visuel d'un projet de parc éolien sur ses environs, ou créer un modèle de la façon dont les contaminants se déplacent dans l'atmosphère autour d'une usine.

<sup>40</sup> Osso VR, consulté en avril 2020 : <https://ossovr.com/the-osso-story/>.

<sup>41</sup> Cutean, Hamoni, McLaughlin, et autres. *Tendance de croissance au Canada : Aperçu des talents numériques pour 2023*, p. 16.



## RESSOURCES PROPRES

Bien que semblable aux technologies propres, le secteur des ressources propres représente des entreprises qui extraient ou utilisent des ressources naturelles de façons écologiques, neutres en carbone ou favorables au climat. Pilier de longue date de l'économie canadienne, les ressources naturelles représentent une partie considérable du rendement économique du Canada.<sup>42</sup>

## FORMATION AMÉLIORÉE

Les entreprises de ressources propres peuvent utiliser la réalité virtuelle dans la formation des ingénieurs afin d'engendrer des gains d'efficacité et d'obtenir la flexibilité nécessaire. Un des répondants à cette étude a mentionné que les entreprises d'énergies vertes utilisent leurs solutions de réalité virtuelle pour former les ingénieurs, ciblant la maintenance préventive et le soutien technique. La transition vers une expérience de formation virtuelle permet de s'assurer que l'activité pourrait avoir lieu dans un environnement exempt de danger, sans préjudice lié à l'équipement. Un autre répondant a indiqué que cette méthode de formation réduisait le temps de déplacement, les coûts et les émissions de carbone pour 7 000 employés.

## ASSISTANCE GUIDÉE

Comme pour la fabrication de pointe, la réalité mixte et la réalité augmentée se sont avérées particulièrement utiles pour guider les travailleurs de première ligne et sur le terrain dans le secteur des ressources propres. Ce secteur utilise l'assistance automatisée et l'assistance humaine pour guider les techniciens sur le terrain et les autres travailleurs à accomplir une variété de tâches, notamment réparer les infrastructures, opérer et réparer les véhicules et la machinerie complexes, et naviguer les lieux de travail. La réalité mixte et la réalité augmentée sont adaptées pour ces types d'applications sur le terrain et en milieu de travail : elles ajoutent une couche supplémentaire d'informations au monde physique, plutôt que d'isoler l'utilisateur de son environnement.

## OBSTACLES À L'ADOPTION

Avant le déploiement des casques autonomes (c'est-à-dire des casques qui n'ont pas besoin d'être connectés à un ordinateur portable, à un ordinateur de bureau ou à une console de jeu puissant pour fonctionner), la capacité des entreprises de l'ensemble des secteurs d'appliquer la réalité mixte et la réalité virtuelle était beaucoup plus limitée. Par exemple, les casques autonomes ne pouvaient pas être utilisés dans des contextes où il n'y avait aucune prise de courant ou autre source d'énergie. De même, ils n'étaient pas pratiques dans des environnements où des câbles sont dangereux ou contraignants. Aujourd'hui, les casques autonomes et les visiocasques<sup>43</sup> fonctionnent sans ordinateur, donnant aux entreprises plus de latitude

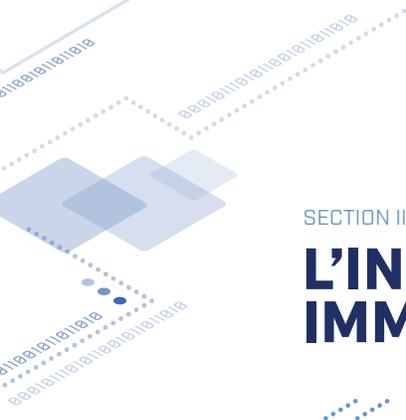
<sup>42</sup> Cutean, Hamoni, McLaughlin, et autres. *Tendance de croissance au Canada : Aperçu des talents numériques pour 2023*, p. 16.

<sup>43</sup> Les casques autonomes comme HoloLens 2 de Microsoft renferment tous les composants requis : les utilisateurs évitent ainsi d'avoir à gérer des câbles et des capteurs qui traînent.

quant aux types de cas pratiques et d'applications qu'elles peuvent envisager. Les casques autonomes sans fil ont également réduit la complexité de la résolution des problèmes techniques.

Cela dit, le matériel de technologie immersive comporte aussi d'autres obstacles à l'adoption. Bien que le coût des casques et des autres matériels ait diminué considérablement, ils demeurent tout de même dispendieux, et il est donc difficile pour certaines petites entreprises de les adopter et de les déployer à l'échelle. Les répondants à cette étude ont dit que la flexibilité est primordiale pour l'adoption de la technologie, même si le rendement des investissements est excellent. Les coûts d'équipement et de maintenance et l'expérience utilisateur (p. ex. facilité d'utilisation, ergonomie, compacité et mobilité, etc.) sont des facteurs importants lorsque l'industrie doit déterminer si l'investissement dans les technologies immersives en vaut la peine. De même, si une entreprise recueille et utilise déjà des données spatiales sur une base régulière, le coût de créer des biens numériques comme les modèles 3D est sensiblement réduit. Lorsqu'une application peut être utilisée avec aisance, à l'échelle, et à faible coût, la technologie immersive peut être un outil très efficace.





## SECTION II

# L'INDUSTRIE DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES DU CANADA

Le Canada héberge certaines des meilleures entreprises de réalité étendue au monde. Nous jouons réellement dans la cour des grands.

— PDG, entreprise de réalité augmentée

## APERÇU DU PAYSAGE DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES AU CANADA

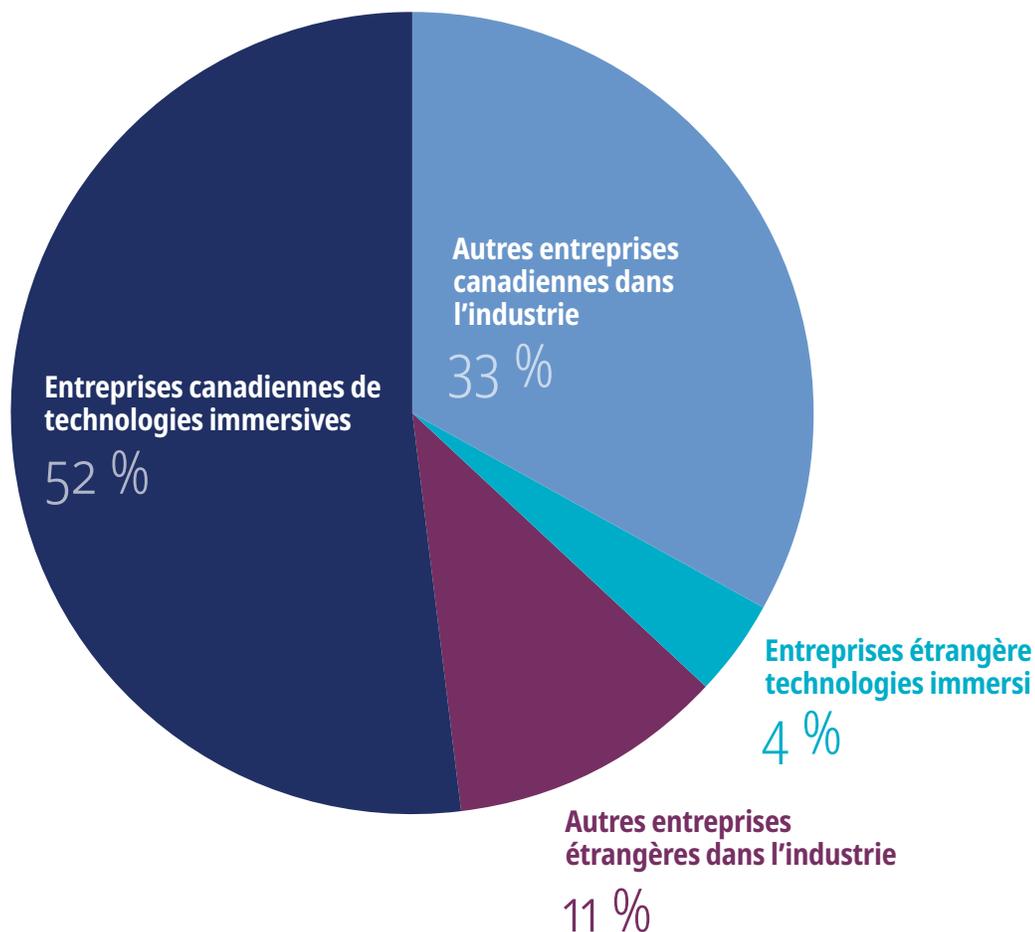
Accueillant plus de 350 entreprises, l'industrie des technologies immersives du Canada est active dans 4 grands carrefours d'activité, soit Toronto, Vancouver, Montréal et l'Alberta, alors que le centre du Canada et le Canada atlantique comptent plusieurs carrefours de moindre envergure. Le succès grandissant de la technologie au Canada est en partie attribuable à ses racines dans plusieurs autres industries solides, notamment les jeux vidéo et les effets visuels à Montréal et à Vancouver, les médias numériques à Toronto, les technologies d'entreprise en Alberta, et la défense dans l'est du Canada (les organisations de défense nationale font partie des premiers utilisateurs de la technologie immersive). Collectivement, l'industrie des technologies immersives du Canada valait quelque 0,6 milliard de dollars en 2018 et devrait atteindre environ 8 milliards de dollars d'ici 2022, la réalité augmentée et la réalité mixte représentant la majeure partie de cette croissance.<sup>44</sup>

La hausse du nombre de jeunes entreprises observée de 2014 à 2017 s'expliquait par de nouveaux débouchés, ainsi que les intérêts personnels, les expériences et les compétences de divers entrepreneurs, surtout parmi les entreprises de technologies immersives. Parallèlement, des services de recherche et développement en technologies immersives ont vu le jour au sein d'entreprises existantes ayant de l'expérience dans la conception de jeux vidéo, de sites Web et d'applications mobiles, la programmation, le développement de logiciels, les effets visuels, les activités d'entreprise et la technologie.

Les entreprises du secteur entrent dans deux grandes catégories : la première inclut celles dont les modèles opérationnels visent presque entièrement, voire exclusivement, les technologies immersives, et la deuxième, celles qui s'intéressent principalement à d'autres types d'activités (p. ex. transformation numérique, création de jeux vidéo, marketing, publicités) et qui n'ont qu'une capacité *limitée* en matière de technologies immersives. Dans le présent rapport, cette première catégorie comprend les « entreprises de technologies immersives » et la deuxième inclut les « autres entreprises » de l'industrie. Étant donné les outils et les compétences similaires qui sont requis pour le développement de différents types de technologies immersives, la plupart des entreprises de technologies immersives hésitent à se spécialiser dans la réalité augmentée, virtuelle ou mixte, ou à n'offrir que ces

<sup>44</sup> Statista, consulté en avril 2020 : <https://www.statista.com/statistics/866903/canada-augmented-virtual-reality-market-size/>.

technologies. Les entreprises de technologies immersives représentent 56 % de l'industrie, alors que les « autres » entreprises constituent les autres 44 % (voir figure 5). En tenant compte exclusivement des entreprises détenues par des intérêts canadiens, près des deux tiers (61 %) d'entre elles se consacrent presque entièrement aux technologies immersives.



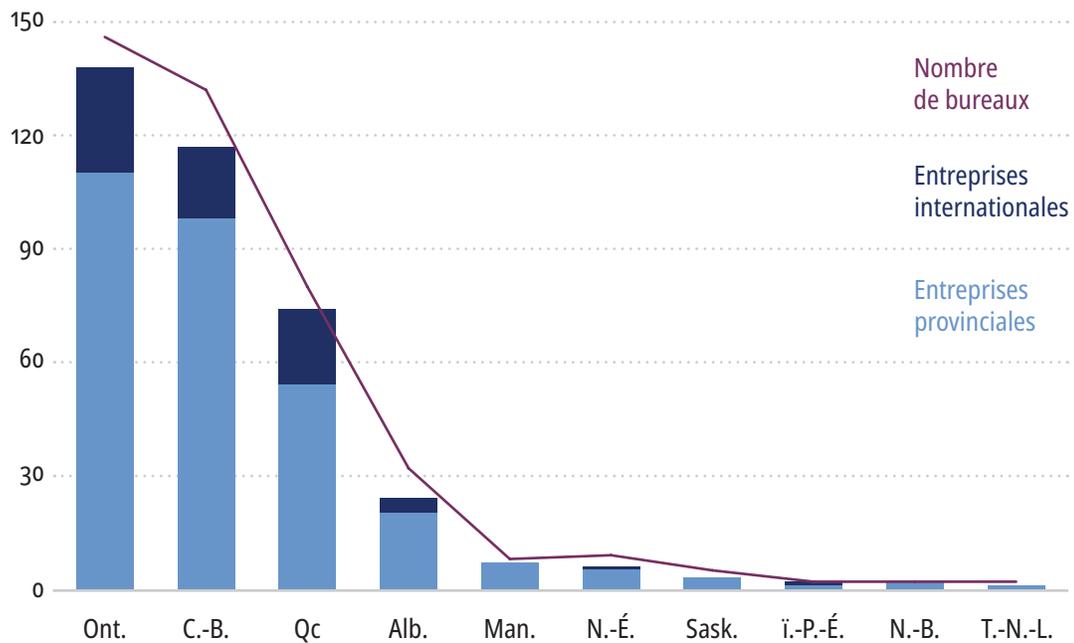
**Figure 2.** Répartition de l'industrie des technologies immersives du Canada selon l'offre de valeur et le pays d'appartenance. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 353 entreprises. CTIC, 2020.

## COMPARAISONS PROVINCIALES

Dans cette section, plusieurs indicateurs servent à mesurer la taille et la portée des écosystèmes provinciaux, y compris la force globale de l'industrie privée et du secteur des technologies, les établissements dans les domaines technologiques clés, et les mesures de soutien des écosystèmes, dont la présence d'associations d'industries. Pour une répartition plus détaillée des indicateurs permettant d'évaluer la force des provinces en matière de technologies immersives, consultez l'annexe C. Comme pour bon nombre de technologies émergentes, la taille et la portée des écosystèmes provinciaux dépendent grandement de la taille du bassin de talents, de

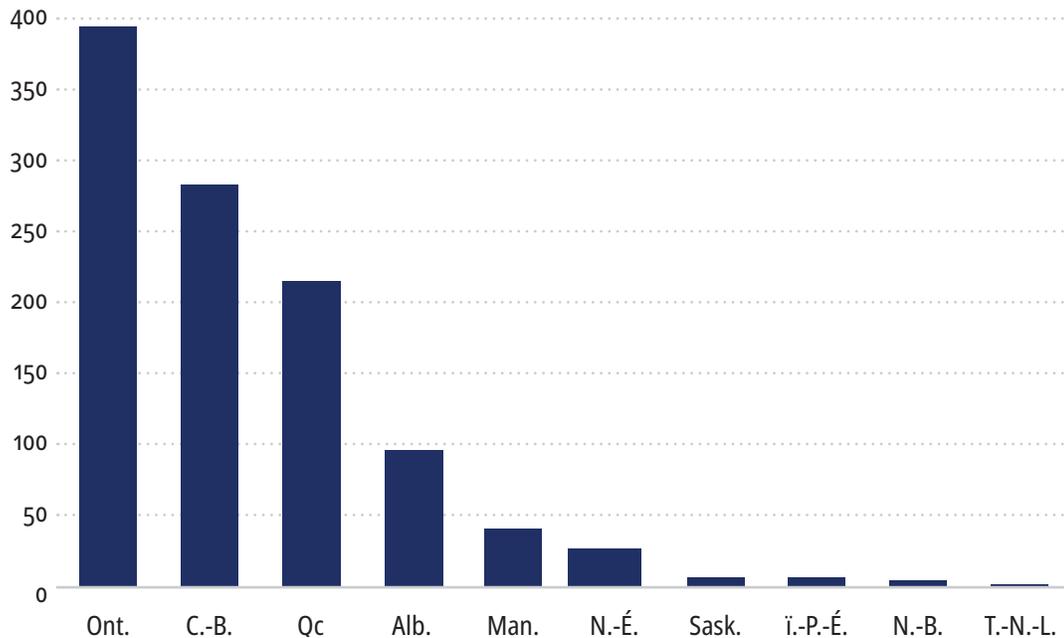
la population et de la disponibilité des talents qualifiés possédant des compétences numériques. Les grandes provinces dont la saturation de talents numériques est plus grande peuvent compter sur des écosystèmes technologies immersifs plus imposants, alors que la technologie est moins présente dans les petites provinces. Particulièrement, l'Ontario, la Colombie-Britannique et le Québec disposent des plus grands écosystèmes provinciaux au Canada. La présence du secteur privé dans chacun des écosystèmes provinciaux est mesurée en utilisant le nombre d'entreprises appartenant à des intérêts provinciaux, d'entreprises étrangères, de bureaux et d'offres d'emploi. Les quatre indicateurs indiquent que l'Ontario dispose du plus important écosystème de technologies immersives du Canada, alors que la Colombie-Britannique et le Québec arrivent en deuxième et troisième, respectivement, et l'Alberta en quatrième place. Les autres provinces arrivent à égalité, seulement une poignée d'entreprises du secteur privé ayant été répertoriées dans chacune d'elles.

### ENTREPRISES ET BUREAUX PAR PROVINCE



**Figure 3.** Nombre d'entreprises et de bureaux dans chaque province. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 353 entreprises. CTIC, 2020. \*Aucune entreprise de technologies immersives n'a été répertoriée dans les Territoires du Nord-Ouest, au Yukon ou au Nunavut.

## AVIS D'EMPLOI UNIQUES PAR PROVINCE (2017 À 2020)



*Figure 4. Nombre d'avis d'emploi uniques par province. Inclut les avis affichés de 2017 à 2020 sur des sites Web sélectionnés. Le faible nombre d'avis d'emploi en Colombie-Britannique pourrait être attribuable au grand nombre d'entreprises créées dans la province entre 2015 et 2016. Données d'Emsi. CTIC, 2020.*

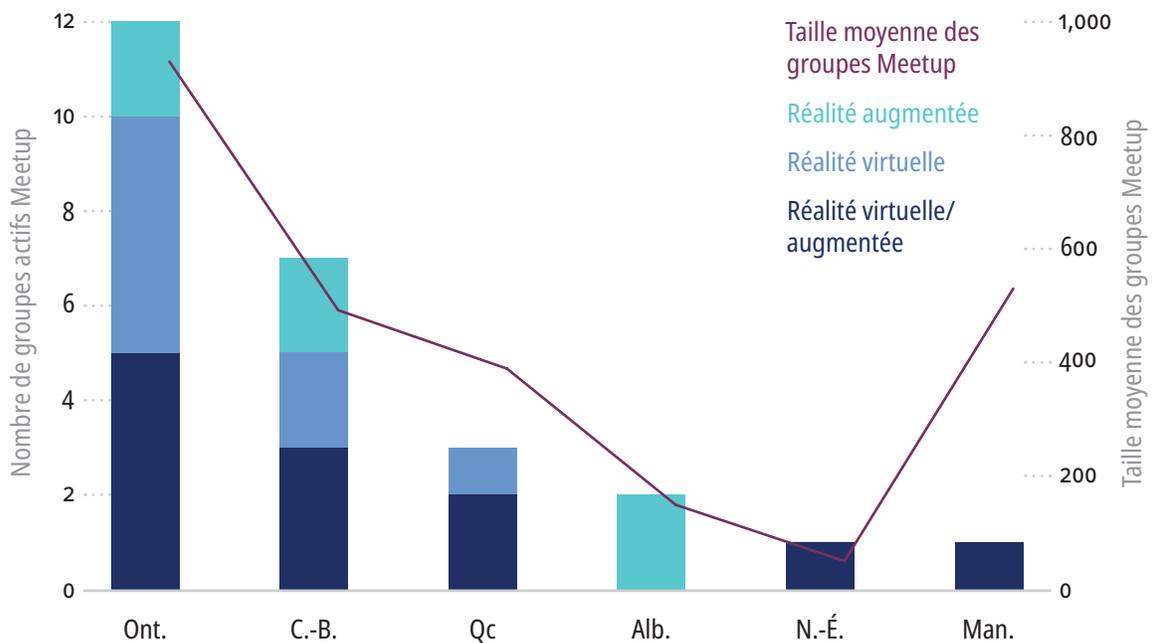
En plus de la présence du secteur privé, la force des établissements d'enseignement et des autres activités de l'industrie a été mesurée en fonction des données accessibles au public sur les programmes universitaires, les associations d'industries et les groupes sociaux. Les plus importants écosystèmes provinciaux du Canada, soit l'Ontario, la Colombie-Britannique, le Québec et l'Alberta, offrent des programmes universitaires visant précisément la réalité virtuelle, mixte ou augmentée, en plus de programmes étroitement liés à la conception de jeux et 3D. De même, ces provinces hébergent aussi des associations d'industries précisément consacrées aux technologies immersives. Le nombre de groupes sociaux sur Meetup.com dans chaque province suivait un modèle similaire, l'Ontario, la Colombie-Britannique, le Québec et l'Alberta enregistrant la plus forte présence. Même si l'Alberta ne compte qu'un seul groupe Meetup, le nombre de membres est étonnamment élevé.

## PROGRAMMES UNIVERSITAIRES ET ASSOCIATIONS D'INDUSTRIES

	Ont.	C.-B.	Qc	Alb.	Man.	N.-É.	Sask.	ï.-P.-É.	N.-B.	T.-N.-L.
Programme(s) universitaire(s) en réalité virtuelle, augmentée ou mixte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Programme(s) universitaire(s) en conception 3D ou conception de jeux	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Associations d'industries en réalité virtuelle, augmentée ou mixte	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Associations d'industries en médias numériques interactifs	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

**Figure 5.** Programmes universitaires et associations d'industries par province. CTIC, 2020. Aucun programme universitaire ou association d'industries n'a été répertorié dans les Territoires du Nord-Ouest, au Yukon ou au Nunavut. L'Association Pinnguaq, un organisme sans but lucratif d'Iqaluit, offre des cours notamment en conception de jeux, modélisation 3D et arts 3D. Il est possible que certains programmes n'aient pas été pris en compte dans le cadre de la présente analyse en raison de leur présence limitée en ligne ou lorsque les programmes ont été établis après la collecte de données.

## GROUPES MEETUP PAR PROVINCE



**Figure 6.** Nombre et taille des groupes Meetup par province. Chiffres fondés sur les données accessibles au public à partir des données sur Meetup.com. CTIC, 2020. Aucun groupe Meetup n'a été répertorié dans les régions qui ne sont pas nommées.

## ÉVOLUTION DE L'INDUSTRIE

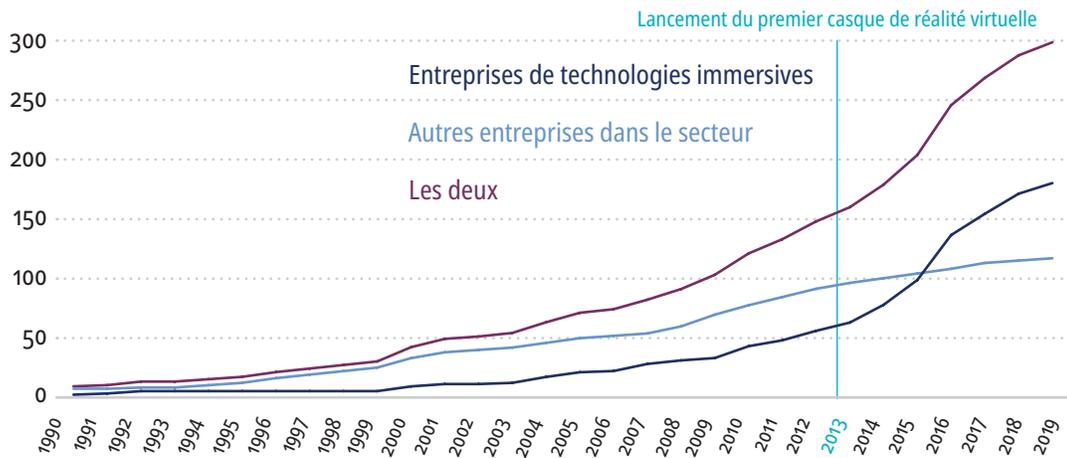
L'écosystème canadien des technologies immersives est nouveau, mais il montre des signes de maturité. Le nombre de nouvelles entreprises et d'avis d'emploi a augmenté au fil du temps, 2013 et 2014 ayant été des années charnières au Canada tant pour la technologie que l'industrie, ainsi que pour de nombreux nouveaux programmes de technologies immersives. Un très grand nombre d'entreprises de ce secteur emploient de 2 à 10 employés, mais certaines en comptent plus de 10 000. Quant à l'expansion régionale et internationale, 14 % des entreprises du domaine des technologies immersives ont ouvert un deuxième bureau au Canada ou à l'étranger.

## NOUVELLES ENTREPRISES

Bien qu'il repose sur une technologie relativement nouvelle, le mouvement des technologies immersives du Canada a ses racines dans plusieurs industries bien établies. Cet écosystème émergent repose donc sur une base solide, certaines entreprises ayant été fondées avant les années 1990. Le nombre de nouvelles entreprises a augmenté de façon constante au fil du temps, mais une forte augmentation a été observée de 2013 à 2016. Après avoir atteint un sommet en 2016, le nombre de nouvelles entreprises s'est stabilisé dans ce secteur, et la croissance annuelle du nombre de nouvelles entreprises affiche maintenant une tendance à la baisse. Cependant, plusieurs des répondants ont fait remarquer que le financement est devenu plus rare dans l'industrie au fil du temps, ce qui explique peut-être la récente baisse du nombre de nouvelles entreprises créées.<sup>45</sup> Il est intéressant de souligner qu'un peu moins de la moitié (49 %) des entreprises du secteur canadien des technologies immersives ont été fondées avant 2013, année où Oculus a lancé le premier casque de réalité virtuelle. Certaines de ces entreprises ont développé de nouveaux produits ou services à l'interne, alors que d'autres ont entièrement orienté leurs activités pour répondre aux besoins du secteur émergent. Le reste (51 %) du secteur est constitué de jeunes entreprises âgées de 1 à 7 ans.

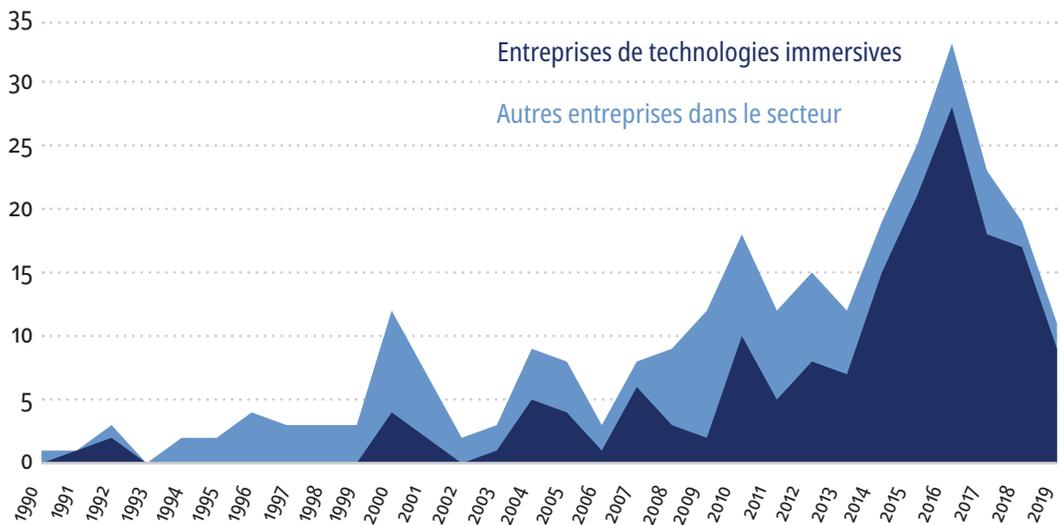
<sup>45</sup> Les répondants ont fourni plusieurs explications possibles à la pénurie possible de financement dans le secteur. Ils ont rappelé l'afflux massif d'investissements qui s'est produit de 2014 à 2016 et évoqué la possibilité que l'afflux élevé pendant cette brève période explique en partie le ralentissement relatif observé depuis. Certains répondants ont également fait remarquer qu'une bonne part des jeunes entreprises de réalité virtuelle, de réalité augmentée et de réalité mixte fondées en 2014, 2015 et 2016 ont disparu depuis, n'ayant jamais été rentables. Les répondants ont aussi mentionné que les investisseurs qui ont investi dans ces entreprises pourraient y penser à deux fois avant d'investir à nouveau dans les technologies immersives. Les répondants ont également relevé que des investisseurs pouvaient attendre le prochain « grand bond » qui surviendra dans le domaine des technologies immersives, avant de décider où et comment investir. En effet, les avancées relatives à la qualité et aux capacités des casques d'écoute et des autres matériels, à l'intégration multiplateforme et aux logiciels de distribution, et même aux autres technologies étroitement liées comme la technologie 5G, pourraient avoir un impact considérable sur la future direction que prendra l'industrie.

## NOMBRE TOTAL D'ENTREPRISES CANADIENNES AU FIL DU TEMPS



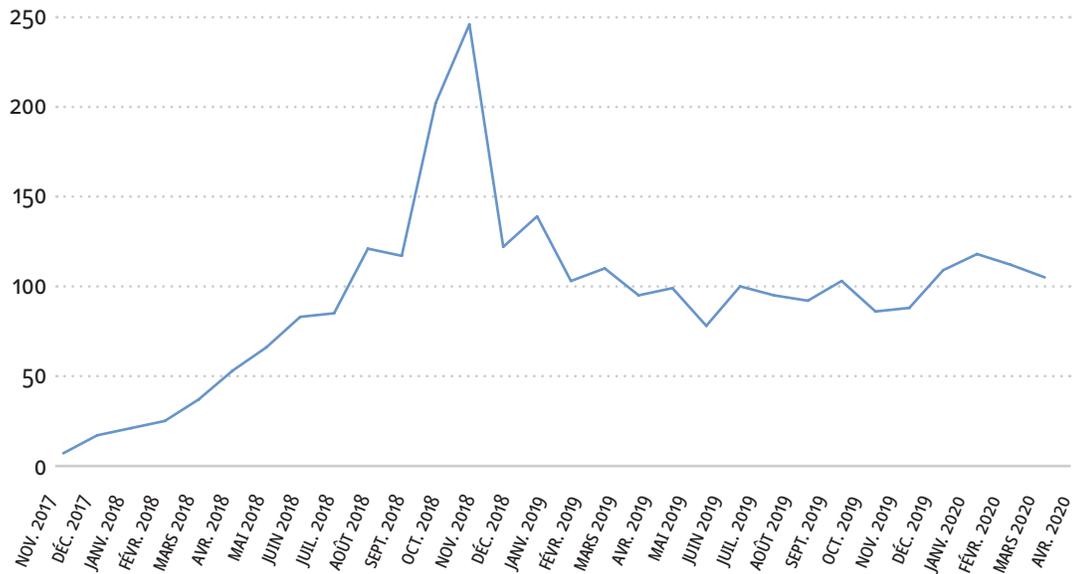
**Figure 7.** Nombre d'entreprises canadiennes dans l'industrie. N'inclut pas les entreprises étrangères. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 299 entreprises. CTIC, 2020.

## ENTREPRISES CANADIENNES FONDÉES PAR ANNÉE (DONNÉES EMPILÉES)



**Figure 8.** Nombre d'entreprises fondées par année par offre de valeur. N'inclut pas les entreprises étrangères et les entreprises qui n'existent plus. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 299 entreprises. CTIC, 2020.

## AVIS D'EMPLOIS UNIQUES PAR MOIS



**Figure 9.** Nombre d'avis d'emploi uniques par mois depuis novembre 2017. Les chiffres incluent seulement les emplois canadiens affichés sur des sites Web sélectionnés. Données d'Emsi. CTIC, 2020.

## TAILLE DES ENTREPRISES

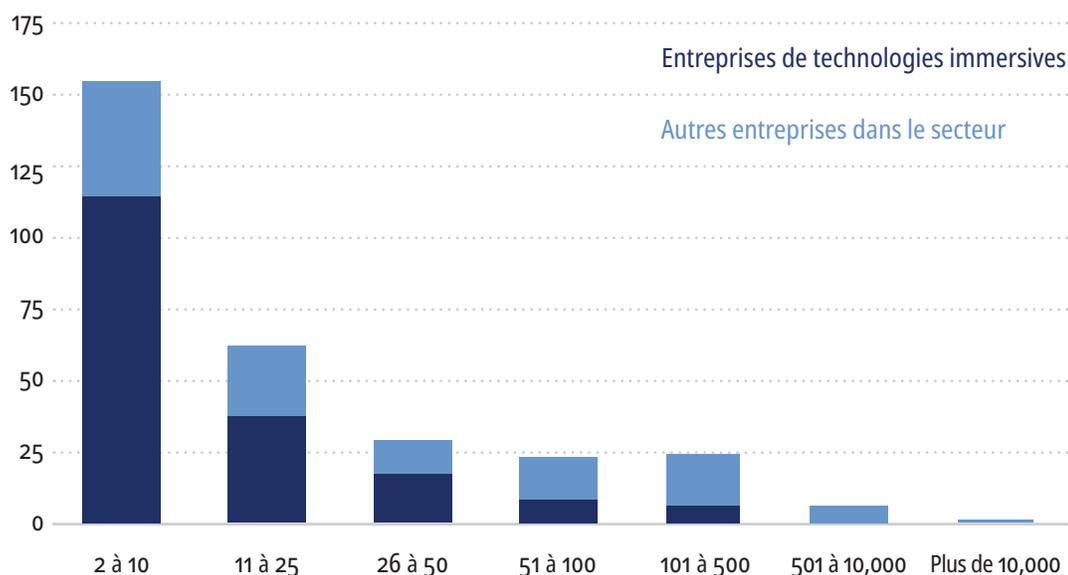
Selon les approches traditionnelles relatives à la taille des entreprises, 91 % des entreprises du secteur canadien des technologies immersives appartiennent à la catégorie des PME.<sup>46</sup> Ce pourcentage grimpe à 98 % lorsque seules les entreprises canadiennes sont prises en compte, et à 100 % pour les entreprises de technologies immersives appartenant à des intérêts canadiens. En d'autres termes, parmi les entreprises canadiennes se concentrant presque entièrement sur les produits de technologies immersives, aucune ne peut être considérée comme une grande entreprise. Un examen plus approfondi des petites entreprises de technologies immersives au Canada révèle que 83 % d'entre elles comptent moins de 26 employés et que 63 % emploient de 2 à 10 personnes. Ces chiffres ne sont pas hors du commun pour un secteur canadien émergent. En fait, les PME représentent 99,8 % de toutes les entreprises du pays.<sup>47</sup> Les entreprises canadiennes en TIC ont également tendance à être de petite taille. En 2018, 85,3 % de toutes les entreprises canadiennes en TIC comptaient de 1 à 9 employés.<sup>48</sup>

<sup>46</sup> Selon les normes de classification établies par Statistique Canada, les PME sont des entreprises qui comptent moins de 500 employés.

<sup>47</sup> « Principales statistiques relatives aux petites entreprises – Janvier 2019 ». Gouvernement du Canada, 6 décembre 2019 : [https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/fra/h\\_03090.html](https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/fra/h_03090.html).

<sup>48</sup> Profil du secteur canadien des TIC 2018 : Direction générale de l'automobile, du transport et des technologies numériques. Gouvernement du Canada, 2019, p. 4.

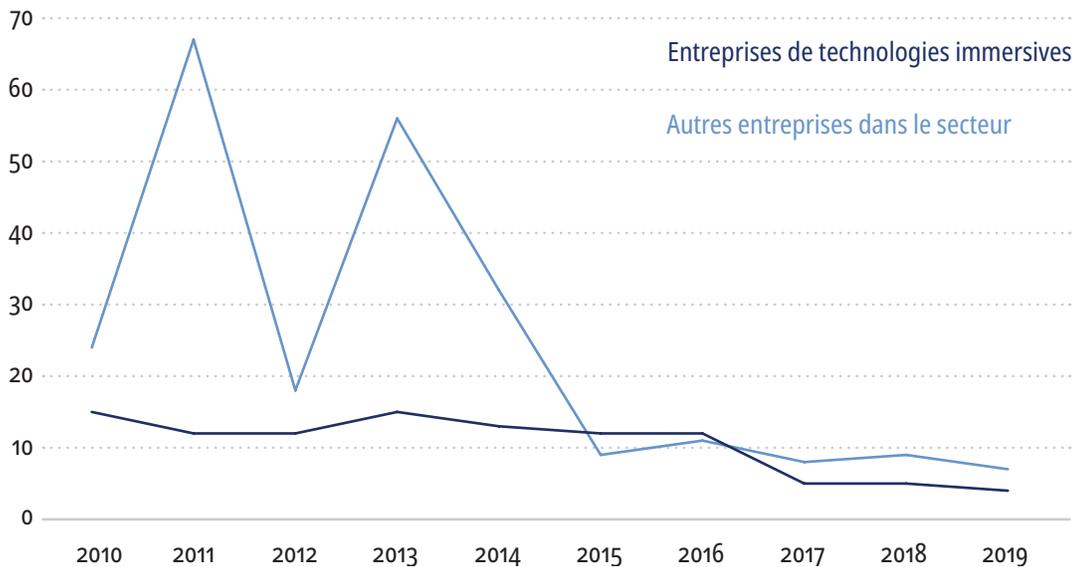
## ENTREPRISES CANADIENNES PAR TAILLE ET OFFRE DE VALEUR



**Figure 10.** Répartition des entreprises canadiennes dans l'industrie selon la taille et l'offre de valeur. Les entreprises étrangères ne sont pas incluses. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 299 entreprises. CTIC, 2020.

Le nombre d'entreprises de technologies immersives fondées au cours des sept dernières années montre que les entrepreneurs canadiens sont désireux d'exploiter une entreprise dans ce secteur et qu'ils souhaitent adopter des technologies immersives ou orienter leurs activités dans ce domaine. Il est toutefois intéressant de noter que certains types d'entreprises ont conservé une taille relativement petite au fil du temps. La figure 17 compare la croissance des entreprises de technologies immersives à celle des entreprises de l'industrie qui fournissent d'autres types de produits et services *en plus* des technologies immersives (comme des jeux vidéo et des produits de médias numériques). Les entreprises dont les modèles opérationnels ciblent exclusivement ou presque entièrement des produits et des services de technologies immersives sont généralement plus petites que d'autres entreprises du secteur, indépendamment de leur date de fondation.

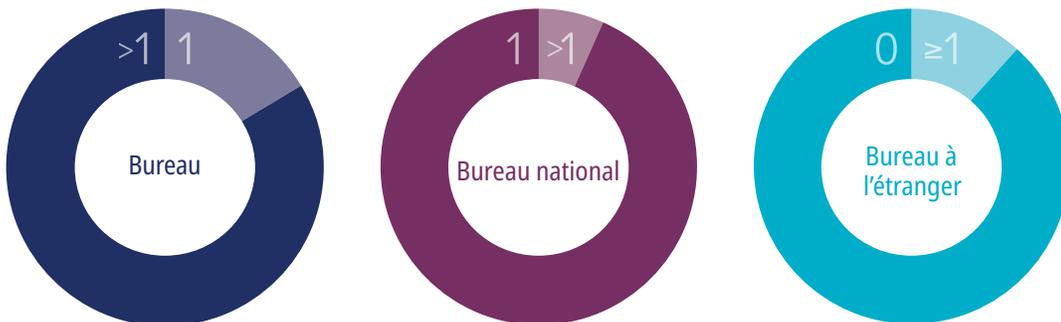
## TAILLE MOYENNE DES ENTREPRISES SELON L'ANNÉE DE FONDATION



**Figure 11.** Taille moyenne des entreprises canadiennes dans l'industrie par année de fondation et offre de valeur. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 299 entreprises. CTIC, 2020.

## EXPANSION NATIONALE ET INTERNATIONALE

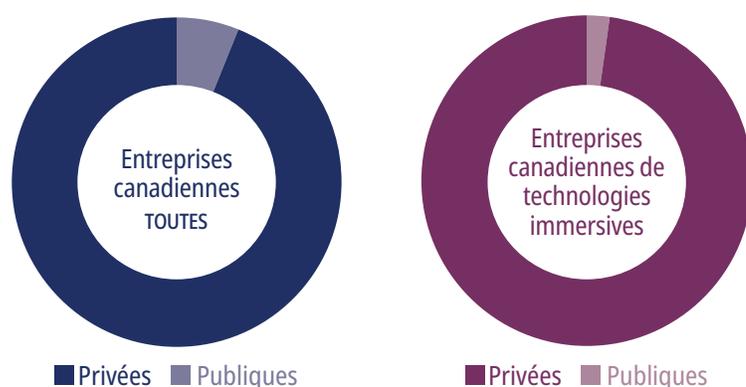
Hormis la taille des entreprises, le pourcentage d'entreprises étant présentes dans plus d'une région peut être considéré comme un bon indicateur de la maturité d'un écosystème. Parmi toutes les entreprises canadiennes de ce secteur, 20 % ont au moins deux bureaux, 15 % ont un bureau à l'étranger et 9 % ont plus d'un bureau au Canada. Toutefois, parmi les entreprises canadiennes qui offrent des produits et des services technologiques plus ou moins immersifs, ces chiffres sont légèrement inférieurs, se situant respectivement à 15 %, à 12 % et à 7 % (voir la figure ci-dessous).



**Figure 12.** Pourcentage d'entreprises canadiennes de technologies immersives dans l'industrie qui disposent de plus d'un bureau, de plus d'un bureau national, et d'au moins un bureau à l'étranger. N'inclut pas les entreprises étrangères et les autres types d'entreprises canadiennes dans l'industrie. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 182 entreprises. CTIC, 2020.

La plupart des entreprises ayant des bureaux à l'étranger sont établies en Colombie-Britannique, en Ontario, au Québec et en Alberta. Lorsqu'elles s'installent à l'étranger, les entreprises canadiennes de technologies immersives sont plus susceptibles d'ouvrir des bureaux aux États-Unis, en Asie et au Royaume-Uni, une tendance qui semble se dessiner également dans le reste du secteur des TIC.<sup>49</sup> Réciproquement, les entreprises étrangères du secteur sont plus susceptibles de provenir des États-Unis, alors que seulement un petit nombre d'entre elles sont établies en Asie, en Europe et au Royaume-Uni. Lorsqu'elles choisissent de s'installer au Canada, ces entreprises ouvrent généralement des bureaux à Toronto, à Montréal ou à Vancouver.

## POURCENTAGE D'ENTREPRISES PUBLIQUES ET PRIVÉES DANS L'INDUSTRIE DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES



**Figure 13.** Environ 6 % des entreprises canadiennes dans l'industrie des technologies immersives sont des entreprises publiques. Ce chiffre diminue à moins de 2 % pour les entreprises canadiennes des technologies immersives uniquement. Cela dit, il faut noter les entreprises publiques ont souvent une présence bien établie en ligne et sont donc plus susceptibles de figurer dans les recherches en ligne. Pour cette raison, les pourcentages réels pourraient être inférieurs à ceux présentés dans cet ensemble de données.

## MODÈLES OPÉRATIONNELS

Leur polyvalence inhérente est l'une des principales caractéristiques des technologies immersives : il n'y a pratiquement aucune limite quant au nombre d'applications possibles pour cet outil informatique spatial et de communication. Par contre, les possibilités propres aux modèles opérationnels sont beaucoup plus limitées. Les entreprises de technologies immersives appartiennent généralement à l'une (et parfois à deux) des catégories suivantes : les entreprises de services, les entreprises de produits et les studios.

<sup>49</sup> Ibidem, p. 5.

## ENTREPRISES DE SERVICES

**Offre de valeur** Les entreprises de services élaborent, à un taux facturable, des solutions de TIC sur mesure pour leurs clients. Certaines entreprises du secteur des technologies immersives offrent une gamme de solutions de TIC se limitant exclusivement ou presque à des solutions qui utilisent d'une façon ou d'une autre la réalité augmentée, mixte ou virtuelle, alors que pour d'autres, l'offre de services est beaucoup plus étendue. Variant d'une entreprise à l'autre, l'offre de services peut comprendre le développement d'applications Web et mobiles traditionnelles, le marketing, la publicité et la transformation numérique. Les entreprises de services varient également en fonction de leur degré d'automatisation : certaines créent pour leurs clients des solutions de réalité augmentée, mixte ou virtuelle à l'aide d'un processus simplifié et semi-automatisé, tandis que d'autres partent de zéro pratiquement pour chaque nouveau projet. Le degré d'automatisation de la production a souvent une incidence sur le coût facturé au client pour les services offerts. Deux consultants de l'industrie expliquent l'offre de valeur de leur entreprise.



Nous faisons absolument tout. Nous créons le contenu, mais nous créons aussi la technologie et les programmes de base qui font fonctionner tout le contenu. Nous fournissons également le matériel et les services professionnels nécessaires, en veillant à les intégrer efficacement à l'infrastructure technologique actuelle de chaque client. Nous fournissons aussi un soutien technique aux clients qui en ont besoin.

— **PDG, entreprise de réalité virtuelle et de réalité augmentée, Toronto**



Nous créons des expériences immersives ou interactives à des fins d'éducation et de formation, lesquelles peuvent aller de la vidéo 360° à des expériences de type jeu vidéo, en passant par des simulations d'entraînement.

— **PDG, entreprise de réalité virtuelle et de réalité augmentée, Calgary**

**Avantages** Grâce au modèle de services, les clients peuvent représenter une autre source de financement initial lorsque d'autres options de financement ne sont pas disponibles. Cet avantage peut aider à financer d'autres secteurs d'activité, comme la recherche et le développement. Les entreprises de production et les studios doivent souvent chercher du financement bien avant de mettre leurs produits sur le marché, tandis que les entreprises de services peuvent dans une certaine mesure compter sur leur clientèle pour obtenir un financement durable pendant toute la durée d'un projet.

**Défis** Les répondants qui ont donné leur avis dans le cadre de la présente étude ont relevé plusieurs défis liés au modèle de services. Ils ont mentionné notamment que les entreprises fondées sur la prestation de solutions sur mesure peuvent avoir plus de difficulté à prendre de l'expansion puisque leurs produits sont souvent créés dans le but de répondre aux besoins particuliers d'un seul client. En plus d'assurer

la maintenance et la mise à jour des projets terminés, les entreprises de services doivent constamment trouver de nouveaux clients pour continuer de générer des revenus. Compte tenu du nombre croissant d'entreprises de services et, pour le moment, du nombre limité de clients disponibles, la recherche de nouveaux clients peut s'avérer longue et coûteuse pour certaines, et plus la technologie est nouvelle pour un client potentiel, plus le cycle de vente peut prendre du temps.

## ENTREPRISES DE PRODUITS

**Offre de valeur** Les entreprises de produits créent des produits généralisés pouvant être utilisés par des clients dans toutes sortes de situations. Ces produits appartiennent généralement à l'une ou l'autre des trois catégories suivantes :

**les outils matériels et logiciels** utilisés pour créer des solutions de technologies immersives, comme des numériseurs 3D, des détecteurs de mouvement, des casques de réalité virtuelle, des composants de l'Internet des objets, des outils et des plateformes de développement de contenu, des plateformes de distribution et de gestion de contenu, et des logiciels d'analyse

**les solutions de technologies immersives grand public** vendues elles-mêmes en tant que produits, comme des simulations généralisées de formation, des lunettes de sport à réalité augmentée, et des outils de soutien pour les travailleurs à distance

**le contenu créatif**, comme les jeux vidéo, les jeux géolocalisés, et le contenu créatif ou narratif.

La structure des bénéfices utilisée dépend en grande partie du type de produit. Les entreprises peuvent choisir de vendre leurs produits à l'unité pour un prix fixe ou selon un modèle de licence ou d'abonnement.

**Avantages** Les répondants ont relevé la grande facilité à assurer l'expansion d'une entreprise comme étant le principal avantage associé au modèle de produits. Bien que le coût lié à l'attraction de nouveaux clients ou au maintien de la clientèle existante puisse varier, une fois que le produit est créé, les coûts associés aux nouveaux clients sont généralement minimes<sup>50</sup>. Les entreprises de produits ont donc une plus grande capacité d'élargir leur clientèle. Les entreprises de services, en revanche, peuvent être limitées par le nombre de clients et de projets que leur équipe peut prendre en charge simultanément. Les consultants de l'industrie ont également fait remarquer que le cycle de vente tend à être plus court pour les produits que pour les services, surtout lorsque le matériel et l'expérience nécessaires à l'utilisation du produit sont limités ou peu coûteux.<sup>50</sup>

<sup>50</sup> Les entreprises de produits sont susceptibles de devoir payer des frais de fonctionnement et d'entretien associés à la clientèle existante ainsi que des frais de marketing, de vente et d'adoption liés aux nouveaux clients, mais les coûts relatifs aux nouveaux clients seront probablement moins élevés pour ces entreprises de produits que pour les entreprises de services. En ce qui concerne ces dernières, la prospection d'un nouveau client peut exiger la conceptualisation d'idées auprès de ce client potentiel, l'établissement d'un plan pour les futurs services, l'élaboration d'une solution sur mesure, l'intégration de cette solution dans l'infrastructure de TI déjà en place, ainsi qu'une aide pour son adoption et les essais.

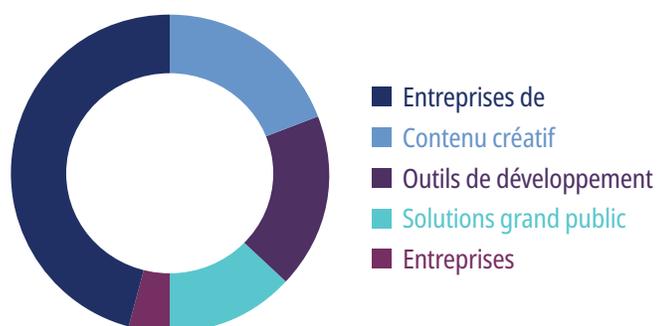
**Défis** Le financement est l'un des principaux défis auxquels font face les entreprises de produits. Certains répondants ont souligné qu'en tant qu'entreprises de produits, ils devaient d'abord se procurer du financement avant de créer leurs produits et de les commercialiser. Contrairement aux entreprises qui sont passées de la prestation de services à la création de produits, les entreprises de produits ne pouvaient généralement pas compter sur leurs clients comme autre source de financement initial. Les entreprises de ces répondants dépendaient presque exclusivement de fonds publics, d'investisseurs providentiels, de capital privé et de capital-risque. Un autre défi consiste à créer des outils de développement ou des solutions technologiques grand public qui sont interexploitables entre différents appareils. Pour que les solutions demeurent pertinentes, elles doivent pouvoir s'harmoniser avec les nouveaux casques d'écoute et dispositifs portables ainsi que les autres dispositifs qui seront ultérieurement déployés sur le marché.

## ENTREPRISES HYBRIDES DE PRODUITS ET SERVICES

**Offre de valeur** Certaines entreprises passent de la vente de produits ou de services uniquement à la vente de produits et de services. Par exemple, c'est ce qui se passe lorsqu'une entreprise de services décide de « productiser » les outils logiciels qu'elle utilise pour créer des solutions. En offrant à la fois des produits et des services sur le marché, les entreprises peuvent parfois diversifier leurs offres de valeur et sources de revenus, créant ainsi un modèle opérationnel plus stable.

## RÉPARTITION DES ENTREPRISES CANADIENNES PAR MODÈLE OPÉRATIONNEL

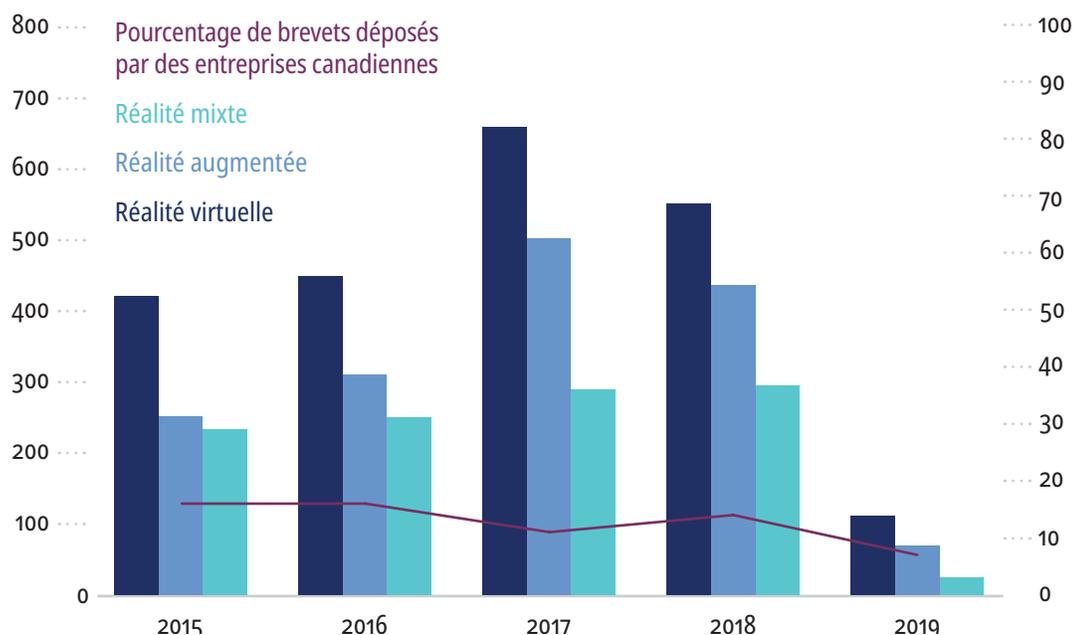
L'industrie canadienne des technologies immersives est diversifiée, la répartition étant presque égale entre les entreprises de produits (50 %) et de services (46 %). Parmi les entreprises qui offrent uniquement des produits, il existe aussi une diversité de types d'entreprises. Les entreprises de contenu créatif offrant des jeux vidéo et des expériences de réalité virtuelle à des fins de divertissement représentent 38 % des entreprises canadiennes de produits, alors que celles fournissant des outils matériels et logiciels totalisent 36 %. Les autres 26 % incluent des entreprises offrant des solutions grand public comme des simulations généralisées de formation, des lunettes de sport de réalité augmentée, et des outils de soutien pour les travailleurs à distance.



**Figure 14.** Répartition des entreprises canadiennes de technologies immersives par modèle opérationnel. N'inclut pas les entreprises étrangères et les autres types d'entreprises dans l'industrie. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 183 entreprises. CTIC, 2020.

En moyenne, au cours des 5 dernières années, seulement 12 % des brevets de technologies immersives déposés au Canada ont été déposés par des entreprises canadiennes. Plusieurs répondants ont mentionné que des bailleurs de fonds leur avaient conseillé de prioriser le dépôt de brevets aux États-Unis plutôt qu'au Canada, une tendance qui, si elle se répand, pourrait influencer la façon dont les entreprises canadiennes déposent des brevets au Canada. Selon les répondants, du point de vue de la rentabilité, alors que le financement s'est fait de plus en plus rare au cours des dernières années, les dépenses relatives à la protection d'un brevet peuvent être difficiles à justifier.

## BREVETS DÉPOSÉS AU CANADA PAR ANNÉE



**Figure 15.** Nombre de brevets de technologies immersives déposés au Canada par année, et pourcentage des brevets de technologies immersives déposés au Canada par les entreprises canadiennes. Données accessibles au public auprès de l'Office de la propriété intellectuelle du Canada. CTIC, 2020..

## DIFFICULTÉS SECTORIELLES

### ATTIRER DES INVESTISSEURS CANADIENS

Hormis les subventions gouvernementales et les programmes de crédit d'impôt, il est difficile pour les entreprises de technologies immersives de trouver du financement au Canada.<sup>51</sup> En 2018, des représentants de l'industrie de Toronto et de Vancouver ont précisé que l'industrie canadienne des technologies immersives montrait des signes d'investissements intérieurs peu substantiels.<sup>52</sup> Deux ans plus tard, des commentaires similaires ont été formulés par les répondants à la présente

<sup>51</sup> Certains répondants ont indiqué que le financement était devenu plus rare dans l'industrie, ce qui explique peut-être la récente baisse du nombre de nouvelles entreprises fondées.

<sup>52</sup> « Canadian augmented and virtual reality industry lacks homegrown investors ». *The Canadian Press*, 1er février 2018 : <https://www.cbc.ca/news/business/augmented-virtual-reality-investors-1.4513809>.

étude. Presque toutes les entreprises interrogées par le CTIC pour le présent rapport tirent la majeure partie de leur financement auprès d'investisseurs étrangers, la plupart étant des sociétés de capital-risque et des investisseurs providentiels des États-Unis. Des répondants ont dit que le fait de devoir compter sur des investisseurs étrangers augmente les coûts des affaires pour les entreprises canadiennes : il faut plus de temps et d'argent pour établir et maintenir des relations extérieures. D'autres ont indiqué que les investisseurs étrangers ne connaissaient pas les programmes de financement et de crédit d'impôt du Canada et qu'il incombe souvent aux entreprises canadiennes de fournir ces renseignements. Les répondants ont parlé de deux enjeux qui pourraient expliquer pourquoi il est aussi difficile d'obtenir du financement auprès d'investisseurs canadiens.

« À bien des égards, les investisseurs canadiens ont une grande aversion pour le risque. » Lorsque vient le temps d'investir dans les jeunes entreprises ou les nouvelles technologies, les investisseurs canadiens sont très prudents, selon les répondants. Ils ont tendance à investir dans les entreprises de phase tardive (des entreprises qui sont presque rentables), alors que les jeunes entreprises de technologies immersives ont besoin de soutien financier au début du processus.

« La connaissance de la technologie est faible. » En plus de leur aversion au risque, les investisseurs canadiens ne connaissent pas aussi bien les technologies immersives (et ses avantages) que les investisseurs étrangers, selon les répondants, ce qui rend difficiles les arguments de vente et les autres discussions sur les investissements. La connaissance de la technologie tend à être plus faible en dehors des principaux carrefours de technologies immersives du Canada.

Selon de nombreux répondants, lorsque des investisseurs canadiens sont prêts à investir dans leur entreprise, leurs conditions ne reflètent pas du tout les réalités de l'industrie. Comparativement aux investisseurs étrangers, les investisseurs canadiens veulent davantage d'équité pour un prix moins élevé. Ils imposent aussi plus de conditions de financement que leurs homologues étrangers, comme des exigences de reddition de comptes excessivement laborieuses et qui nécessitent beaucoup de travail. Les investisseurs étrangers ont été décrits comme davantage disposés à investir et plus susceptibles d'imposer des conditions raisonnables.

## TROUVER DES CLIENTS CANADIENS



Nous sommes de bons producteurs de technologies, mais pas de bons adoptants de technologies.

— **PDG, entreprise de réalité virtuelle et de réalité augmentée, Vancouver**

Malgré la présence de bon nombre de fournisseurs de produits et de services de technologies immersives au Canada, l'adoption de ces technologies au sein des entreprises canadiennes est un peu moins courante. Un tiers des entreprises interrogées par le CTIC (n=17) dépendent *exclusivement* ou *presque entièrement* sur les clients étrangers, ce qui pourrait expliquer pourquoi 7 % des entreprises

canadiennes de technologies immersives choisissent d'ouvrir un bureau à l'étranger avant d'ouvrir un deuxième bureau au Canada et pourquoi 12 % d'entre elles ont des bureaux à l'étranger. Les autres deux tiers des entreprises interrogées par le CTIC travaillent avec des clients étrangers et canadiens, mais celles qui travaillent avec des clients canadiens le font surtout avec des entreprises établies et des organisations gouvernementales.<sup>53</sup> Bien que l'adoption au Canada soit en hausse,<sup>54</sup> il semble que les technologies immersives soient quelque peu hors de portée pour de nombreuses PME du pays. Les répondants indiquent plusieurs raisons possibles pour la faible adoption de ces technologies chez les entreprises canadiennes.

« **Les technologies immersives sont coûteuses.** » Plusieurs des répondants ont parlé du coût des produits de technologies immersives faits sur mesure, lesquelles peuvent coûter entre 250 000 et 500 000 \$ l'unité, comme obstacle potentiel à l'entrée sur le marché. Les entreprises canadiennes ont tendance à fonctionner selon des budgets moins élevés que les multinationales, rendant possiblement les services trop dispendieux pour plusieurs. Cela dit, le coût élevé des produits sur mesure a ouvert de nouveaux marchés pour des logiciels de développement de contenu faciles d'utilisation. En plus du matériel plus abordable, ce type de logiciels facilite l'accès aux technologies immersives à moindre coût.

« **Elles n'ont pas encore montré ce qu'il était possible de faire.** » Plusieurs des répondants ont mentionné la complexité perçue des technologies immersives comme raison pour la faible adoption. Bon nombre d'entreprises ne connaissent pas les possibilités des technologies immersives ni ses applications pratiques et ne savent pas vraiment comment les appliquer dans leurs activités. D'autres ont parlé de la complexité excessive des plateformes de développement de contenu « libre-service » (des plateformes de développement de contenu offertes aux clients pour qu'ils créent leur propre contenu de technologie immersive).

Selon plusieurs répondants, alors que d'autres régions du monde, comme les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Europe, sont très flexibles en matière d'adoption, les entreprises canadiennes veulent s'assurer que les nouvelles technologies sont sécuritaires et que leur valeur a été mise à l'essai et validée par d'autres auparavant. L'adoption pourrait croître parmi les petites entreprises canadiennes au fur et à mesure que le matériel connexe (p. ex. ordinateurs, ordinateurs portatifs, contrôleurs, etc.) devient moins dispendieux et que les entreprises se familiarisent avec les outils de développement faciles à utiliser et presque autonomes qui se trouvent aujourd'hui sur le marché. Les technologies immersives sont intuitives et s'intègrent facilement aux pratiques opérationnelles existantes dans les industries qui utilisent déjà largement la technologie 3D ou les données spatiales, comme

<sup>53</sup> Dan Burger, Alex Chuang. *Reality Check: The State of Vancouver and BC's VR/AR Ecosystem*. Vancouver Economic Commission, Vancouver VRAR Society, et VIFF, avril 2020.

<sup>54</sup> Bien que l'adoption au Canada ait connu une croissance soutenue au cours de la dernière année, les consultants dans l'industrie anticipent une forte hausse de l'intérêt parmi les entreprises canadiennes et internationales dans l'après-COVID. Les entreprises désirent souvent adopter des solutions de technologies immersives pour s'adapter aux nouvelles exigences de télétravail et d'apprentissage à la maison. Maintenant qu'il est plus difficile, plus coûteux et, dans de nombreux cas, plus dangereux de voyager, les avantages des solutions de technologies immersives comme la collaboration à distance, les événements virtuels et les visites virtuelles l'emportent de plus en plus sur les coûts.

l'exploitation gazière et pétrolière, l'architecture et la conception. C'est parce que bon nombre de ces industries utilisent déjà les pierres d'assise fondamentales des modèles 3D (nuages de points et autres types de données spatiales). Comme l'a dit un conseiller de l'industrie, « en ce moment, les outils de réalité virtuelle et de réalité augmentée ne sont pas plus difficiles à apprendre que Microsoft Word » [traduction].

L'adoption pourrait aussi progresser du fait de l'émergence de la fonctionnalité multiplateforme comme pratique exemplaire de l'industrie. En rendant les solutions de technologies immersives accessibles à partir de n'importe quel appareil et écran (p. ex. casques, téléphones mobiles, ordinateurs de bureau, ordinateurs portatifs, etc.), un plus grand nombre d'employés peut accéder à des modèles 3D et à d'autres contenus, que du matériel spécialisé soit disponible ou non pour eux, ce qui signifie que les entreprises pourraient commencer à petite échelle et se développer progressivement selon les besoins, sans avoir à investir massivement au départ.

## PAS UN MANQUE DE COMPÉTENCES, MAIS UNE COURBE D'APPRENTISSAGE



La technologie est tellement unique qu'il est presque impossible d'affirmer qu'ils doivent comprendre le développement de la réalité virtuelle spécifiquement. Mais en ayant les compétences fondamentales requises, comme Unity, C# ou la modélisation 3D, ils peuvent facilement transférer ces compétences vers la réalité virtuelle..

### — PDG, entreprise de réalité virtuelle et de réalité augmentée, Toronto

Dans l'ensemble, les entreprises de technologies immersives ont accès aux talents dont elles ont besoin pour faire croître leurs activités. Les répondants dont les entreprises développent des solutions immersives indiquaient que les talents ayant de l'expérience dans le développement de logiciels sont assez compatibles aux rôles de développement en réalité augmentée ou virtuelle, mais nécessitent un certain perfectionnement ou une formation en milieu de travail. Bien que certaines régions, comme le centre du Canada, le Canada atlantique et Montréal, semblent connaître plus de difficultés que d'autres pour accéder à des talents qualifiés, la plupart des répondants ont expliqué qu'ils n'ont pas de difficulté à attirer des talents qualifiés.<sup>55</sup> Néanmoins, bon nombre de programmes universitaires et collégiaux du Canada en réalité virtuelle, réalité augmentée et réalité mixte sont nouveaux, certains des plus récents cours et certificats remontant à 2017,<sup>56</sup> ce qui signifie qu'une grande partie de la main-d'œuvre est autodidacte : les personnes ayant de l'expérience en programmation, développement de logiciels et conception de jeux ont appris à utiliser de nouvelles applications, du matériel et des trousseaux de développement logiciel au fur et à mesure de leur lancement.

<sup>55</sup> Les répondants de Montréal, par exemple, ont décrit une concurrence féroce de la part des entreprises de jeux vidéo pour les grands talents en technologie 3D. Ceux de l'Alberta ont expliqué qu'il peut être difficile de trouver des talents possédant l'expérience pratique de la vente de solutions technologiques, par rapport aux produits pétroliers et gaziers.

<sup>56</sup> Jocelyne Leszczynski. « Microsoft announces education partnership for BCIT ». BCIT News, 1er novembre 2017 : <https://commons.bcit.ca/news/2017/11/37584/>.

Bon nombre des rôles qui sont importants pour les technologies immersives d'aujourd'hui existaient déjà dans d'autres secteurs sous une forme ou une autre, y compris les ingénieurs en logiciels, les concepteurs de l'expérience et de l'interface utilisateur, et les artistes 3D. Bien que les répondants à cette étude aient décrit la courbe d'apprentissage comme relativement mineure dans la transition vers les technologies immersives, elle varie selon les rôles. Pour un artiste 3D ou un ingénieur en logiciels qui travaille dans une industrie connexe, les répondants affirmaient qu'il était relativement facile de faire la transition vers les technologies immersives. Toutefois, pour une personne travaillant comme concepteur de l'expérience et de l'interface utilisateur, la transition peut être un peu plus difficile. Il faut tenir compte des complexités qui accompagnent les nouveaux styles d'interactions comme l'oculométrie et les mouvements de la main ou encore les nouvelles considérations concernant le champ de vision de l'utilisateur.

De même, les répondants ont indiqué que les talents ayant de l'expérience dans la conception de jeux vidéo ou d'autres industries axées sur le divertissement peuvent faire face à une courbe d'apprentissage lorsqu'ils sont embauchés par des entreprises offrant des services à d'autres entreprises. La conception et la fabrication de produits pour les consommateurs à des fins de divertissement sont très différentes de la conception et de la fabrication pour les entreprises desservant d'autres entreprises. Sur ce dernier point, le principal but est de résoudre un problème opérationnel, et l'intégration de nouveaux outils dans l'infrastructure existante de sécurité et de technologie de l'information est une compétence importante. Pour l'autre, l'objectif principal est le divertissement des consommateurs, et aucune intégration en entreprise n'est nécessaire.

## MANQUE DE DIVERSITÉ DANS LES RÔLES DE LEADERSHIP

Les déséquilibres de genre sont courants dans le secteur des TIC en général, et encore plus parmi les rôles techniques. Les femmes représentent 31,8 % des professionnels du secteur des TIC en général, mais seulement 20 % des rôles en TIC dans le secteur des TIC.<sup>57</sup> Bien qu'il existe d'importants déséquilibres de genre chez les talents en technologies immersives, la disparité est surtout évidente au sein des rôles de leadership. Selon les données recueillies par le CTIC, seulement 8 % des entreprises canadiennes de technologies immersives emploient des cadres féminins, que ce soit à titre de PDG, de président ou de directeur général. Cependant, les entreprises dirigées par des hommes représentent 89 % des professionnels, alors que les autres 3 % des entreprises sont codirigées par des duos homme-femme (voir la répartition ci-dessous).



**Figure 16.** Pourcentage d'entreprises canadiennes de technologies immersives dirigées par un homme, dirigées par une femme, et codirigées par un homme et une femme. Chiffres fondés sur les données accessibles au public pour 182 entreprises. CTIC, 2020.

<sup>57</sup> Statistique Canada, ICTC.

# TRAVAILLER DANS LE SECTEUR DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES

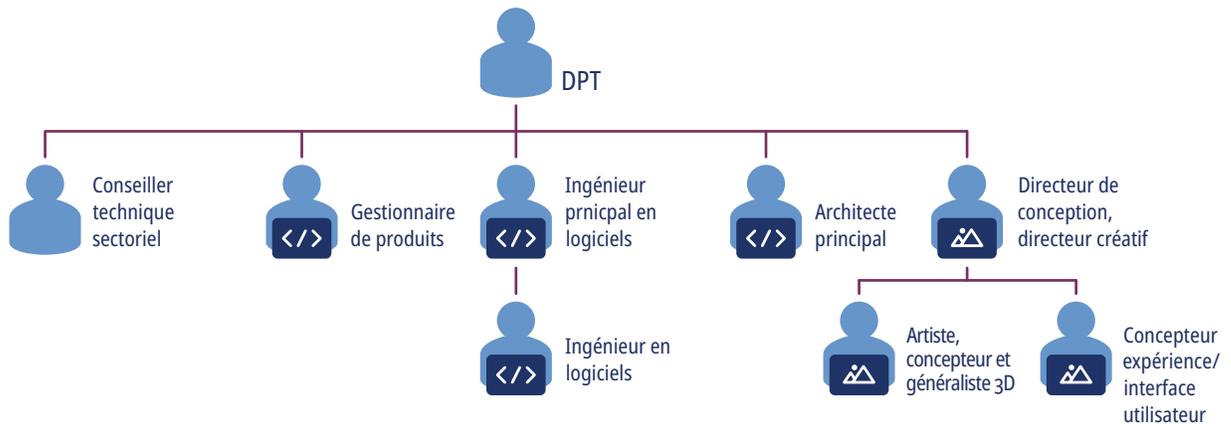
## À QUOI RESSEMBLENT LES ÉQUIPES DE TECHNOLOGIES IMMERSIVES?

Bien que la composition exacte d'une équipe de technologies immersives dépende de la taille de l'entreprise et de son modèle opérationnel, fondamentalement, toutes les équipes de technologies immersives ont besoin de personnes ayant des compétences en développement technique et d'autres possédant des compétences en conception créative. Les plus petites équipes tendent à compter moins de membres ayant des compétences diversifiées qui se chevauchent, alors que les équipes plus grandes incluent davantage de membres occupant des rôles distincts. La plupart des équipes incluent des développeurs et des ingénieurs de logiciels, des gestionnaires de produits et des architectes de systèmes au chapitre du développement, ainsi que des directeurs artistiques, des artistes 3D et des concepteurs de l'expérience et de l'interface utilisateur du côté créatif.

Les répondants ont fait remarquer que les équipes de développement technique incluait de plus en plus des conseillers techniques propres au domaine. C'est le cas des conseillers en matière de protection de la vie privée pour les applications ayant d'importantes répercussions sur la vie privée comme celles nécessitant l'oculométrie ou un enregistrement audio. Les autres exemples incluent les conseillers en médecine ou réglementation pour les applications utilisées comme dispositifs médicaux ou en formation médicale, ainsi que les conseillers en accessibilité qui s'assurent que les applications respectent les exigences en matière d'accessibilité. Les entreprises qui élaborent des solutions personnalisées pour les clients peuvent aussi embaucher des spécialistes du déploiement et de l'exploitation en entreprise ou des spécialistes en assurance qualité pour gérer les relations avec les clients. De même, les entreprises qui intègrent des données massives, l'analyse ou l'apprentissage machine dans leurs solutions peuvent aussi employer des scientifiques ou des ingénieurs de données.

En moyenne, deux postes sur trois dans les entreprises interrogées par le CTIC nécessitent des compétences techniques en TIC, alors que ceux de l'autre tiers concernent les ventes, le marketing, les ressources humaines et le développement des entreprises. En plus des compétences techniques, les répondants ont relevé une exigence fondamentale pour des compétences en affaires (p. ex. arguments de vente, financement, etc.) en raison du grand nombre de nouvelles entreprises et de jeunes entreprises dans l'industrie. De même, la capacité et l'aptitude à apprendre étaient considérées comme importantes en raison de la nouveauté relative et de la nature évolutive du secteur technologique. Selon les répondants à cette étude, de nouveaux dispositifs, programmes logiciels et matériels sont déployés et intégrés dans l'écosystème existant environ tous les six mois, ce qui nécessite une base de talents flexibles et qui perfectionnent constamment leurs compétences.

## ÉQUIPE DE TECHNOLOGIES IMMERSIVES



**Figure 17.** Rôles techniques en technologies immersives. Ce graphique résume les principaux rôles en technologies immersives. Les rôles ont été établis lors d'un moissonnage du Web (p. ex. avis d'emploi, profils de talents) et de discussions avec des représentants de l'industrie. CTIC, 2020.

## PRINCIPAUX TITRES DE POSTES DE 2017 À 2020

Une analyse de 1 070 avis d'emploi uniques de 2017 à 2020 a permis d'établir les 6 principaux titres de postes suivants dans l'ensemble du secteur des technologies immersives.<sup>58</sup> Pour être inclus dans l'analyse, les emplois devaient faire partie du secteur canadien des TIC, et les avis devaient inclure l'un des termes clés suivants : *augmented reality*, *AR*, *réalité augmentée*, *virtual reality*, *VR*, *réalité virtuelle* et *mixed reality*.

- 1 Ingénieur en logiciels
- 2 Concepteur d'interface utilisateur
- 3 Développeur Web
- 4 Programmeur<sup>59</sup>
- 5 Animateur
- 6 Concepteur graphique

## AFFICHAGE DES SALAIRES

Une analyse de 112 avis d'emploi de 2017 à 2020 a montré un salaire moyen annoncé de 80 300 \$ CA, le salaire le plus fréquent se situant entre 70 000 et 95 000 \$ CA dans le secteur des technologies immersives. Pour être inclus dans l'analyse, les emplois devaient faire partie du secteur canadien des TIC. Les avis d'emploi devaient inclure des données accessibles au public sur le salaire ainsi que l'un des termes clés suivants : *augmented reality*, *AR*, *réalité augmentée*, *virtual reality*, *VR*, *réalité virtuelle*, ou *mixed reality* (seulement 10 % des avis affichés pendant cette période affichaient les salaires).

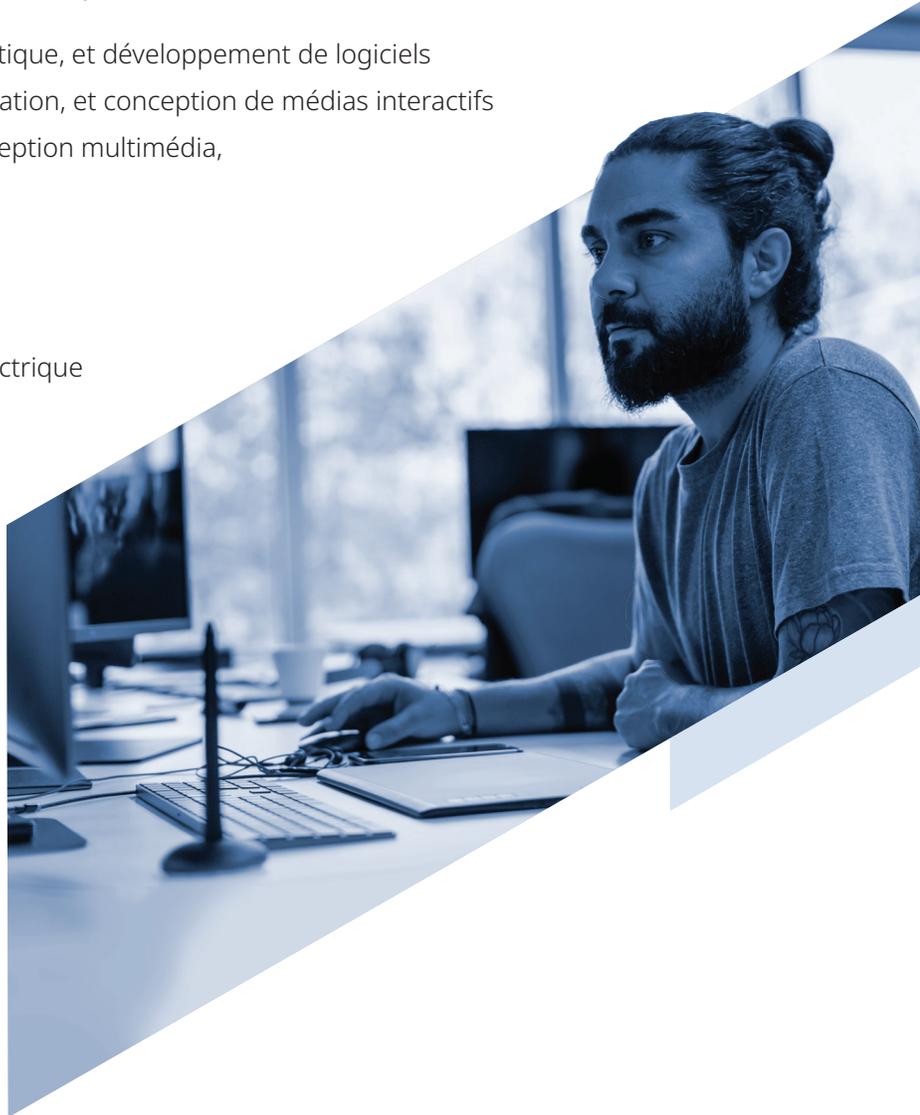
<sup>58</sup> Emsi, 2020.

<sup>59</sup> Maîtrise des langages de programmation C#, C++, et C (fortement pondéré).

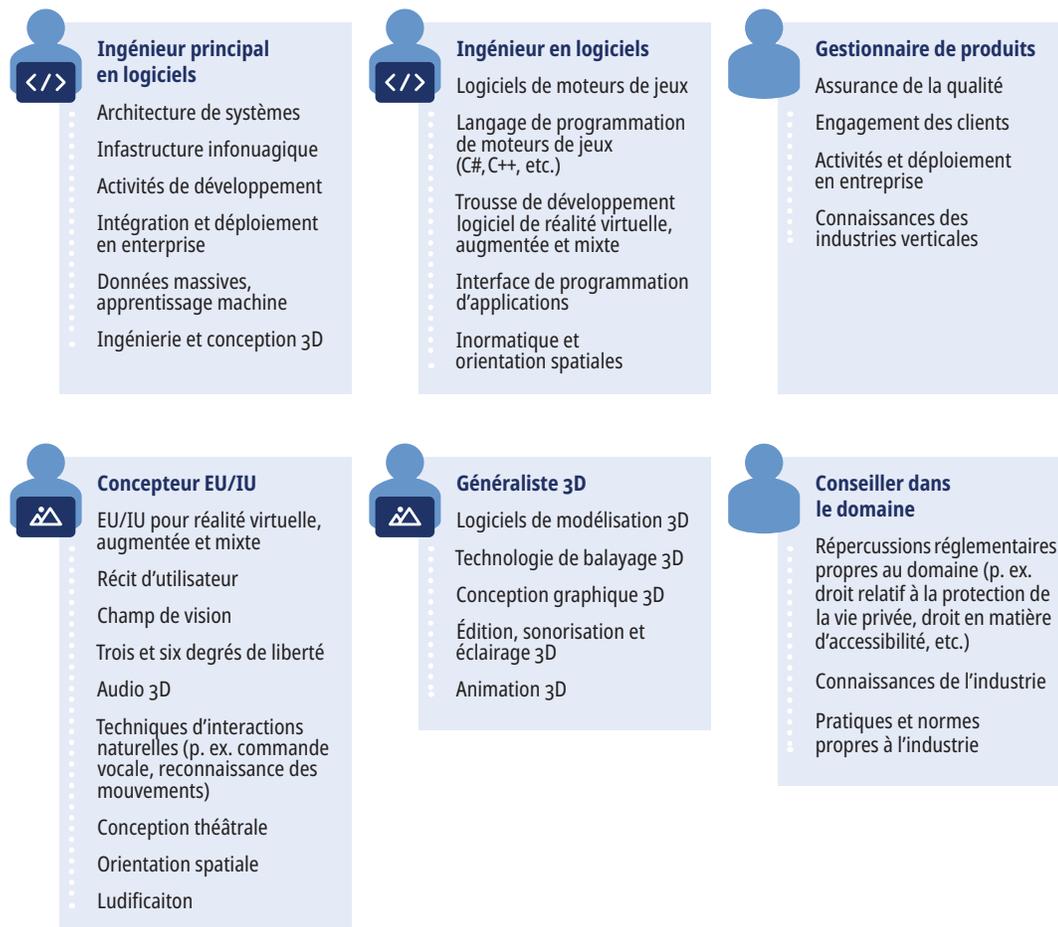
## QUELLES COMPÉTENCES POSSÈDENT LES PRINCIPAUX TALENTS DE L'INDUSTRIE DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES?

Les répondants interrogés pour cette étude ont parlé des programmes collégiaux et universitaires comme étant essentiels pour le développement de nouveaux talents en technologies. Surtout, les programmes relatifs à la conception de jeux, au développement de logiciels et au génie informatique étaient considérés comme importants pour les rôles de développement technique. De même, les programmes liés aux médias numériques interactifs, aux arts et à la conception sont perçus comme essentiels pour les rôles axés sur la conception. Une analyse de 100 entreprises du secteur des technologies immersives du Canada a révélé que l'informatique, le génie informatique et le développement de logiciels représentaient les parcours universitaires les plus fréquents parmi les talents en technologies immersives. Les domaines de la conception de jeux vidéo, de l'animation, des médias interactifs, de la conception graphique, de la conception multimédia et des communications visuelles suivaient de près.

- 1 Informatique, génie informatique, et développement de logiciels
- 2 Création de jeux vidéo, animation, et conception de médias interactifs
- 3 Conception graphique, conception multimédia, et communications visuelles
- 4 Marketing et publicité
- 5 Télévision et cinéma
- 6 Arts visuels et de la scène
- 7 Génie civil, mécanique et électrique



## RÔLES TECHNIQUES EN TECHNOLOGIES IMMERSIVES



**Figure 18.** Compétences essentielles en technologies immersives. Ce graphique résume les principales compétences en technologies immersives. Les compétences ont été établies lors d'un moissonnage du Web (p. ex. avis d'emplois, profils de talents) et de discussions avec des représentants de l'industrie. CTIC, 2020.

## CONCLUSION

Les technologies immersives ne datent pas d'hier, mais malgré cette histoire qui remonte à plus de 50 ans, ce n'est que tout récemment que la réalité augmentée, la réalité virtuelle et la réalité mixte sont devenues suffisamment perfectionnées pour que les entreprises en fassent l'expérience et l'adoption. Les premiers casques modernes de réalité virtuelle et de réalité augmentée ont été créés en 2013 et 2014. Depuis, plus de 150 nouvelles entreprises de produits et de services de technologies immersives ont été fondées au Canada. Aujourd'hui, l'industrie des technologies immersives compte plus de 350 entreprises, la plupart étant situées en Ontario, en Colombie-Britannique, au Québec et en Alberta. Un nombre croissant de ces entreprises obtiennent du succès en dehors de l'industrie initiale du divertissement immersif dans des secteurs comme la santé, la biotechnologie, les technologies propres, les ressources propres et la fabrication de pointe. Malgré cela, l'adoption de la réalité virtuelle, augmentée et mixte par les entreprises canadiennes est légèrement moins avancée. L'industrie fait présentement face à certaines difficultés pour obtenir du financement et trouver des clients canadiens.

Pour accroître l'adoption des technologies immersives au cours des prochaines années, les casques et les autres dispositifs matériels devront être moins dispendieux et plus accessibles, et les cas pratiques et leurs avantages devront être mieux compris au Canada. Grâce à une adoption accrue, les technologies immersives pourraient avoir un impact considérable dans l'ensemble des secteurs non technologiques traditionnels, engendrant des gains d'efficacité et créant des solutions uniques aux problèmes opérationnels. La planification « sur place » au moyen de la réalité virtuelle dans les régions éloignées au sein du secteur des ressources naturelles, ainsi que l'assistance automatisée en usine par une couche de réalité augmentée pour faciliter l'exécution de tâches répétitives en sont quelques exemples. Dans un avenir plus lointain et plus connecté, les technologies immersives pourraient répondre aux besoins élargis à la fois des consommateurs et des entreprises en matière de produits et de marchés. Il sera essentiel de définir et de créer des cas pratiques clairs, d'obtenir le financement nécessaire, et d'attirer et de soutenir une base de talents qualifiés pour répondre à la nouvelle demande des consommateurs pour cette industrie canadienne florissante.



# ANNEXES

## ANNEXE A : ÉTUDE DE CAS : CRÉER UN OUTIL DE LOCALISATION DE RÉALITÉ MIXTE

Prenons les étapes à suivre pour créer un outil de localisation de réalité mixte afin d'aider les travailleurs d'entrepôt à se déplacer dans un nouvel entrepôt de 600 000 pieds carrés pour trouver et identifier des pièces d'équipement précises. Pourquoi la réalité mixte? Sur le plan fonctionnel, les travailleurs seraient appelés à maintenir un contact visuel avec leur environnement réel pour se déplacer dans l'entrepôt sans avoir les mains pleines afin de transporter des pièces d'équipement. En d'autres termes, pour cette application, un casque de réalité mixte serait probablement l'option matérielle la plus mieux adaptée.

### CRÉER UN JUMEAU NUMÉRIQUE

La première étape du processus consiste à créer un modèle 3D de l'entrepôt, soit à partir de zéro en utilisant une plateforme 3D comme Unity ou Unreal à partir d'un nuage de points usant d'un scanner 3D (p. ex. logiciel LIDAR ou par caméra) ou une combinaison des deux.

### SCHÉMATISER LE JUMEAU NUMÉRIQUE

La deuxième étape consiste à attribuer des valeurs uniques à chaque section de l'entrepôt et à relier ces valeurs à chaque pièce d'équipement, permettant ainsi à l'application de guider les travailleurs du point A (l'emplacement du travailleur) au point B (l'emplacement de l'équipement) dans l'entrepôt.

### INTÉGRER UN MÉCANISME DE LOCALISATION

La troisième étape consiste à intégrer un système de localisation afin de connaître l'emplacement du travailleur en temps réel. Selon la portée de la localisation requise, un GPS de base, un système tiers de localisation à six degrés de liberté, ou un casque de réalité augmentée déjà équipée d'un système à six degrés de liberté peut être utilisé. L'application pourra ainsi localiser le travailleur alors qu'il se déplace dans l'entrepôt et mettre à jour les instructions en temps réel.

### PROGRAMMER LES INSTRUCTIONS

La quatrième étape consiste à programmer un ensemble d'instructions pour guider les travailleurs dans l'entrepôt et vers des pièces d'équipement précises. Il est possible de le faire notamment en programmant un ensemble de macro-instructions pour guider les travailleurs entre les sections définies de l'entrepôt (p. ex. entrepôt séparé par îlots) et en établissant un ensemble de micro-instructions pour guider les travailleurs à l'intérieur de ces sections (p. ex. îlots séparés par des sous-sections définies, par exemple, des tablettes au bas, au centre et en haut).

### PERMETTRE LA VÉRIFICATION DE L'ÉQUIPEMENT

La dernière étape consiste à créer des modèles 3D de chaque pièce d'équipement et à les intégrer à l'application. Une version de base de l'application pourrait afficher des images 3D de l'équipement pour le travailleur d'entrepôt, alors qu'une version plus perfectionnée pourrait intégrer un outil de vision par ordinateur afin de vérifier chaque pièce de façon autonome.

## ANNEXE B : RÉPARTITION DÉTAILLÉE DES INDICATEURS ÉVALUANT LA FORCE PROVINCIALE DES TECHNOLOGIES IMMERSIVES

### SECTEUR PRIVÉ

- 1 Nombre d'entreprises fondées dans cette province (p. ex. appartenant à des intérêts provinciaux)
- 2 Nombre d'entreprises fondées en dehors du Canada qui ont ouvert des bureaux dans cette province (p. ex. appartenant à des intérêts étrangers)
- 3 Nombre total de bureaux dans cette province (p. ex. nombre de bureaux)
- 4 Nombre d'avis d'emploi uniques pour des rôles en technologies immersives publiés sur des sites sélectionnés entre 2017 et 2020 (p. ex. avis d'emploi uniques)

### MILIEU UNIVERSITAIRE

- 5 Offre de programmes universitaires en technologies immersives (p. ex. programmes universitaires en réalité virtuelle, augmentée ou mixte)
- 6 Offre de programmes universitaires dans un domaine connexe (p. ex. programmes universitaires en conception 3D ou de jeux)

### SOUTIEN DE L'ÉCOSYSTÈME

- 7 Présence d'associations d'industries pour les entreprises de technologies immersives et les professionnels (p. ex. associations d'industries en réalité virtuelle, augmentée et mixte)
- 8 Présence d'associations d'industries dans un domaine connexe (p. ex. associations d'industries dans le secteur des médias numériques interactifs)
- 9 Nombre et taille des groupes Meetup en lien avec les technologies immersives (p. ex. groupes Meetup par province)

## ANNEXE C : MÉTHODOLOGIE

Les conclusions formulées dans le présent rapport se fondent sur les recherches primaires et secondaires menées par le CTIC. Cette section sur la méthodologie traite des sources utilisées, ainsi que des limites de la recherche.

### SOURCES DES RECHERCHES PRIMAIRES

#### DONNÉES QUALITATIVES

**Entrevues auprès de répondants clés** Entre janvier et mars 2020, le CTIC a mené 17 entrevues semi-structurées auprès d'entreprises clés de l'industrie des technologies immersives du Canada. Les participants occupaient des postes de haut niveau au sein de leur entreprise, notamment présidents-directeurs généraux, agents en chef des recettes, fondateurs, présidents et directeurs. Lors de ces entrevues, le CTIC avait pour objectif de définir les tendances nationales et régionales dans l'industrie des technologies immersives en matière de talents et de compétences, de financement et d'adoption, de cas pratiques, et d'innovations. Les questions des entrevues ont été établies en fonction d'une analyse documentaire réalisée au début du projet.

Les participants ont été identifiés selon leur titre de poste actuel et la position de leur entreprise dans l'industrie des technologies immersives. Des participants et des entreprises diversifiés ont été choisis pour s'assurer d'obtenir une vaste gamme de perspectives et de données pour le présent rapport (taille, emplacement et maturité de l'entreprise, type de produits et de services offerts). Les participants provenaient de l'Ontario, de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, du Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse. L'Ontario et la Colombie-Britannique représentaient 52 % des répondants. Les dates de fondation des entreprises interrogées variaient de 1990 à 2019, 46 % d'entre elles ayant été fondées entre 2014 et 2016. L'échantillon incluait des petites entreprises (2 à 10 employés) et des entreprises de plus grande taille (101 à 500 employés). La répartition entre les entreprises qui fournissent seulement des produits et des services de technologies immersives et les entreprises offrant d'autres types de produits et de services, comme des solutions liées au marketing, à la publicité, aux médias sociaux et aux TIC, était presque égale. De même, parmi les entreprises de technologies immersives, la répartition des entreprises offrant des produits et celles offrant des services était égale.

**Comité consultatif** Le CTIC a tenu deux rencontres du comité consultatif, en plus d'entrevues, pour discuter des résultats de recherche, et les valider, et recevoir les commentaires de l'industrie. Ces rencontres ont eu lieu en mars et mai, une autre peu de temps après le début de l'étude, et une autre vers la fin. Neuf membres du comité consultatif proviennent de l'industrie et d'entreprises du secteur civil, dont la taille, l'emplacement et la fonction variaient également. Les membres du comité provenaient d'entreprises de la Colombie-Britannique, de l'Ontario, de la Nouvelle-Écosse et de l'Alberta. Ces entreprises employaient entre 2 et 50 personnes.

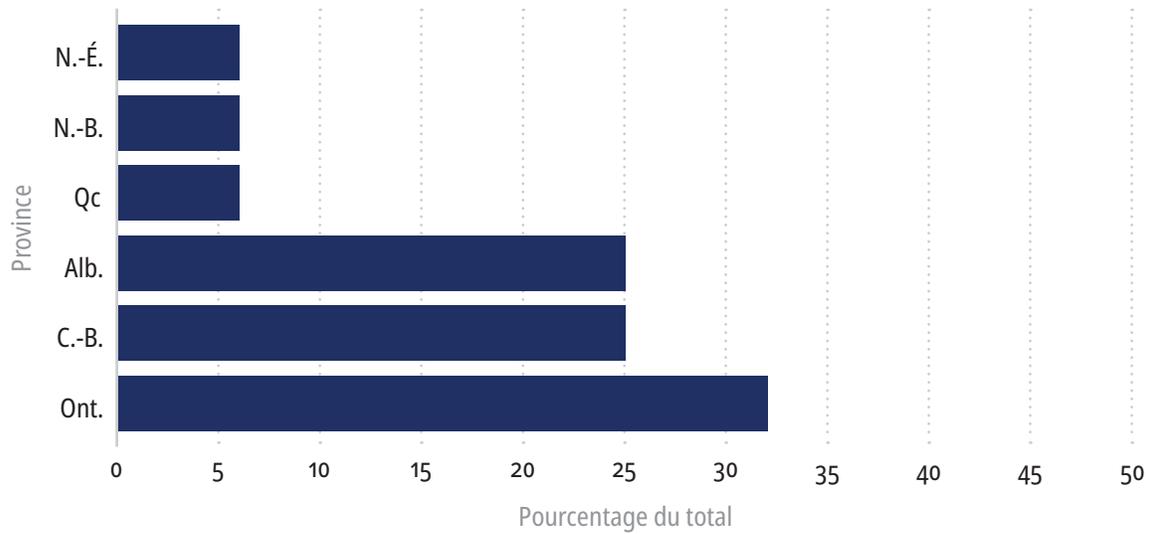


Figure 18. Répartition des répondants par province (pourcentage du total). CTIC, 2020.

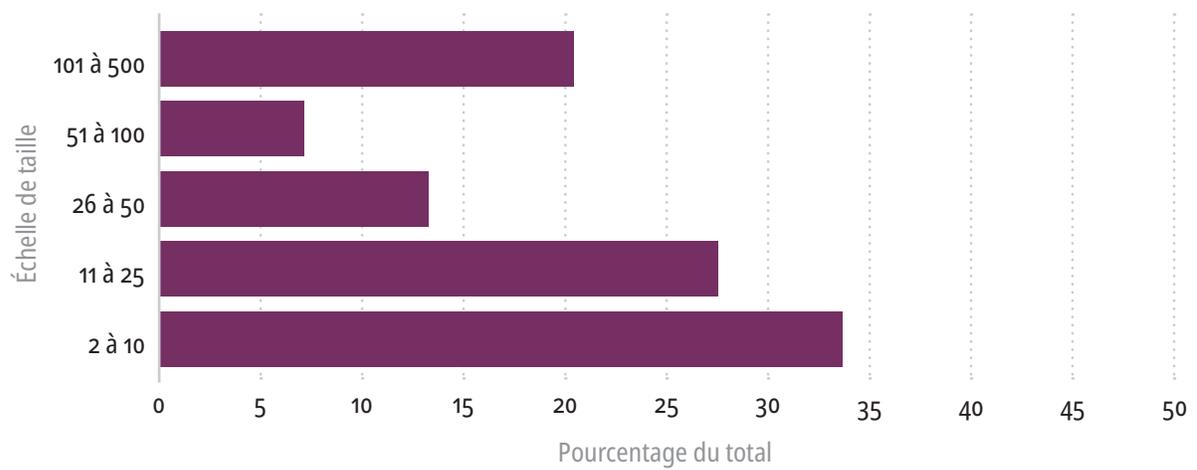


Figure 19. Répartition des répondants par taille d'entreprise (pourcentage du total). CTIC, 2020.

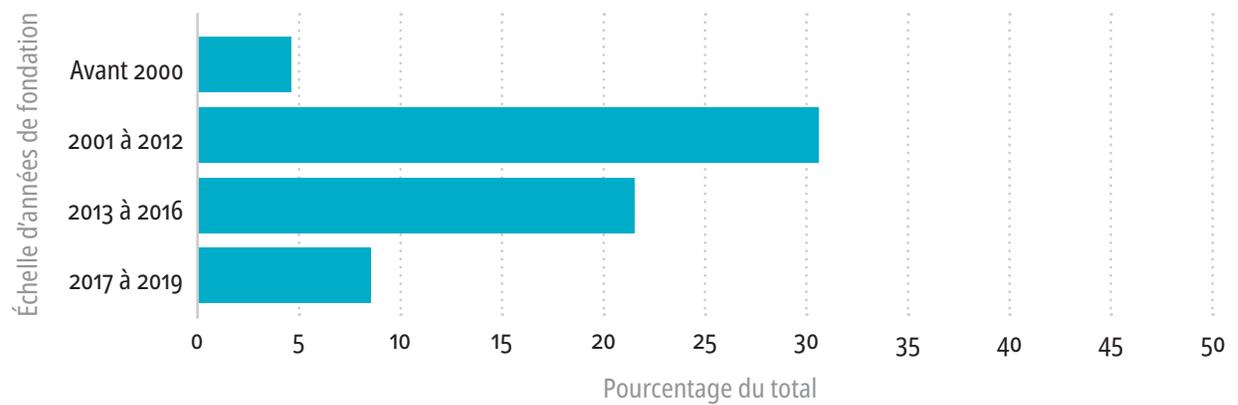


Figure 20. Répartition des répondants par date de fondation des entreprises (pourcentage du total). CTIC, 2020.

## DONNÉES QUANTITATIVES

**Moissonnage du Web pour les données sur les entreprises** Les entreprises actives dans l'industrie des technologies immersives du Canada ont été identifiées lors d'un moissonnage exhaustif du Web des données accessibles au public. Les termes *augmented reality*, *AR*, *réalité augmentée*, *virtual reality*, *VR*, *réalité virtuelle*, *mixed reality*, *MR* et *immersive technology* ont été utilisés dans divers moteurs de recherche et bases de données pour identifier un premier groupe d'entreprise à l'aide d'une approche en cascade. Les données sur les entreprises incluaient leur taille, leur date de fondation, leur statut d'entreprise privée ou cotée en bourse, leur modèle opérationnel, leur province ou pays d'appartenance, l'emplacement de leurs bureaux, et le genre de leur PDG. Les recherches excluaient celles qui semblaient être inactives (p. ex. site Web inactif et aucune activité dans les médias sociaux) ou de faux positifs (p. ex. elles utilisaient des mots clés des technologies immersives dans leur matériel de marketing ou leurs articles, mais n'offraient aucun produit ou service connexe). Les entreprises qui offrent ce type de produits et de services en plus des technologies immersives ont été incluses dans la base de données élargie, mais certaines statistiques du présent rapport ne concernent que celles qui offrent exclusivement ou presque entièrement des produits et des services de technologies immersives. Ces entreprises sont mentionnées dans l'ensemble du rapport.

**Moissonnage du Web pour les données sur les compétences** Le CTIC a appliqué des techniques de moissonnage du Web pour recenser les compétences qui sont importantes dans l'industrie des technologies immersives. Les sources utilisées pour ce moissonnage incluent les informations accessibles au public sur les sites Web d'universités, les sites Web d'agrégation d'emplois, etc. Ces informations ont été validées lors des entrevues et des rencontres du comité consultatif.

## SOURCES DES RECHERCHES SECONDAIRES

**Analyse documentaire** Les recherches primaires, y compris la collecte de données qualitatives et quantitatives, étaient guidées par une analyse approfondie de la documentation existante sur le sujet. Les publications provenaient de l'industrie, du milieu universitaire et du secteur civil et ont été offertes au CTIC par des répondants clés aux entrevues et des membres du comité consultatif. Les conclusions préliminaires de l'analyse documentaire ont servi à identifier de potentiels répondants et membres du comité consultatif au début du projet, ainsi qu'à formuler les questions de recherche.

En plus de l'analyse documentaire, le CTIC a eu accès à des sources de données secondaires, notamment des données sur des brevets canadiens, les avis d'emploi et les groupes Meetup.com

**Données sur les brevets** Les données de l'Office de la propriété intellectuelle du Canada ont été consultées à l'aide des mots clés *virtual reality*, *augmented reality* et *mixed reality*. Les données ont été recueillies le 24 avril 2020.

**Données sur les groupes Meetup** Les données sur les groupes Meetup de la figure 6 ont été recueillies le 24 avril 2020. Les termes de recherche *augmented reality*, *AR*, *réalité augmentée*, *virtual reality*, *VR*, *réalité virtuelle*, *mixed reality*, *MR* et *immersive reality* ont été utilisés pour chaque capitale provinciale et territoriale, en plus des grandes villes de chaque province autre que la capitale (p. ex. Toronto, Calgary, Vancouver et Saskatoon). La recherche a permis de recueillir des données sur le groupe Meetup le plus important pour chaque terme de recherche et le nombre de membres de chaque groupe, et de confirmer que chaque groupe Meetup était actif.

**Données sur les avis d'emploi** Les données sur les avis d'emploi d'Emsi ont été consultées en mai 2020. Les avis ont été triés selon plusieurs paramètres, y compris la région, la profession, les mots clés de recherche et la période. Pour être inclus, les emplois devaient faire partie du secteur canadien des TIC et inclure l'un des mots clés suivants : *augmented reality*, *AR*, *réalité augmentée*, *virtual reality*, *VR*, *réalité virtuelle*, *mixed reality*, *MR* ou *immersive technology*. Les postes étudiés incluaient les suivants : ingénieurs informaticiens, concepteurs de logiciels, ingénieurs en logiciels, programmeurs informatiques, développeurs de médias interactifs, concepteurs et développeurs Web, concepteurs graphiques, et illustrateurs.

## LIMITES DE LA RECHERCHE

En plus des efforts déployés pour atténuer les préjugés potentiels, deux rencontres du comité consultatif ont eu lieu pour valider les résultats de recherche du CTIC. Toutefois, étant donné la nouveauté relative des technologies immersives et les contraintes quant au nombre d'entrevues possibles, certaines inexactitudes pourraient avoir été négligées. La présente section souligne ces limites de recherche.

**Entrevues auprès de répondants clés** Comme mentionné, le CTIC a mené 17 entrevues auprès de représentants d'entreprises dans l'ensemble du Canada, un échantillon trop petit pour être considéré comme représentatif de toute l'industrie. Les déclarations et les autres données qualitatives provenant des entrevues devraient donc être considérées comme des perspectives sur l'industrie, et non des tendances objectives.

**Moissonnage du Web** Le CTIC a fait un effort global considérable pour s'assurer d'inclure le plus grand nombre possible d'entreprises dans sa base de données. Alors que le CTIC estime que l'industrie des technologies immersives du Canada compte de 400 à 450 entreprises actives, au moment de la publication, sa base de données inclut un total de 311 entreprises, dont 266 appartiennent à des intérêts canadiens. À ce titre, les statistiques incluses dans le présent rapport devraient être considérées comme un échantillon représentatif, mais pas absolu.

**Données** Il existe un important manque de données sur l'industrie des technologies immersives du Canada, et la majeure partie des données qui existent sont vagues et inexactes ou présentées sous forme agrégée et combinées avec des données provenant des États-Unis. Même si ce scénario est appelé à changer, alors que l'industrie et les entreprises commencent à publier des données et des rapports exhaustifs, l'écart actuel devrait être considéré comme une limite du présent rapport.