

Chapitre 4

Des outils numériques au service des jeunes avec déficience intellectuelle

Geneviève Piérart, Mélissa Arneton et Amélie Rossier

4.1 Introduction

La digitalisation croissante de la société a conduit à une introduction progressive du numérique dans l'éducation, en tant qu'outil et objet d'apprentissage. Dans le champ des besoins éducatifs particuliers, notion désignant les difficultés rencontrées par certain·es élèves et les moyens pédagogiques mis en œuvre pour y répondre, les technologies numériques ont d'abord été pensées comme des outils de soutien aux apprentissages, avant d'être intégrées dans les réflexions sur l'accessibilité universelle avec le développement de l'école inclusive.

Le présent chapitre analyse deux projets s'adressant à des jeunes avec une déficience intellectuelle et mobilisant la technologie de la réalité virtuelle. Dans le champ du handicap, cette technologie commence à être utilisée par les personnes concernées pour apprendre et développer leur autonomie, à l'instar de ce que proposent les deux projets, VetReality¹ en France et ID-Tech² en Suisse. Il s'agit d'applications très ciblées de l'éducation numérique, mais l'analyse des enjeux que ces deux projets soulèvent fournit un éclairage à la question plus large de la mobilisation des technologies numériques dans le champ de l'éducation et des besoins éducatifs particuliers. Dans une société qui prône de plus en plus l'inclusion, les technologies de l'information et de la communication (TIC) apparaissent comme des ressources favorisant la participation des personnes en situation de handicap, mais elles peuvent également renforcer leur exclusion dans la mesure où ces technologies sont majoritairement conçues à partir de références implicites de normalité. L'enjeu ici posé peut être formulé en termes d'accessibilité, soit en tant que moyen permettant l'inclusion (accessibilisation), soit en tant que caractéristique, lorsqu'il s'agit d'évaluer si les ressources numériques sont accessibles ou non en fonction des besoins particuliers des personnes qui les utilisent.

1 Pour en savoir plus : <https://vetreality.erasmus.site/> (consulté le 27.02.2026).

2 Pour en savoir plus : https://www.hets-fr.ch/fr/recherche-appliquee-et-developpement/projets-de-recherche/id_tech_scenarios_realite-virtuelle/ (consulté le 27.02.2026).

Nous commencerons par expliquer l'articulation entre accessibilité numérique et inclusion, plus précisément dans les domaines de l'éducation inclusive et de l'éducation numérique. Après cette contextualisation, la deuxième section sera consacrée à la présentation des deux projets et des défis rencontrés dans leurs mises en oeuvre. Nous terminerons par une discussion sur les enjeux soulevés par ces projets en lien avec les questions de l'accessibilité et de l'inclusion.

4.2 Problématique

4.2.1 Accessibilité numérique et handicap

Les TIC sont concernées par la question de l'inclusion en tant que composantes de la vie de tous les jours, leur accès posent des problèmes à toute une série de publics potentiellement vulnérables. Le questionnement est formulé en termes d'accessibilité numérique. Dans une société inclusive, l'accessibilité est un moyen pour lever ou limiter les entraves et créer des environnements permettant à chacun·e, quels que soient ses besoins, de participer à l'espace social commun (Antener et Parpan-Blaser 2024; Fougeyrollas *et al.* 2019). Dans cette perspective, l'accessibilité numérique favorise l'inclusion numérique, elle-même indispensable à une inclusivité plus large de la société (Bureau fédéral de l'égalité pour les personnes handicapées [BFEH] 2024). Même si elle a été pensée dans une perspective sociétale globale (incluant notamment la question de l'illettrisme), l'accessibilité numérique est souvent associée au handicap, comme en témoignent les premières adaptations (assistance vocale, sous-titrages) qui ont été réalisées pour pallier des déficiences sensorielles (BFEH 2024).

Avec l'avènement, en 2005, de la Convention internationale des droits des personnes handicapées (CDPH) de l'Organisation des Nations unies (ONU), qui a une dimension contraignante pour les États signataires, la mise en œuvre de spécifications et de réglementations dans le domaine de l'accessibilité numérique est renforcée. Ainsi, en France comme en Suisse, l'accessibilité du web fait l'objet de réglementations visant notamment l'application des critères de conformités du World Wide Web Consortium (W3C)³. Ces réglementations ont pour objectif de permettre l'accès sans entrave et l'inclusion de tou·tes les citoyen·nes (BFEH 2024). Cependant, malgré l'existence d'une sensibilisation de la communauté des informaticien·nes aux enjeux de l'inclusion, la mise en place d'une démarche de conception universelle prenant en compte les besoins

3 Source : <https://www.w3.org/> (consulté le 27.02.2026).

particuliers des usager·ères reste limitée tant au niveau des chercheur·euses qu'au niveau des praticien·nes ingénieur·es (Pinède 2018 ; Othman *et al.* 2024 ; Wetter 2018).

L'école est nécessairement touchée par ce développement sociétal, la présence accrue des TIC au sein des sociétés contemporaines ayant conduit à leur entrée dans le champ de l'éducation, sous l'appellation d'éducation numérique. Celle-ci soulève une série d'enjeux que nous allons développer. Avant cela, il convient de rappeler comment la question d'inclusion s'est invitée dans le contexte de l'école, avec le courant de l'éducation inclusive.

4.2.2 L'éducation inclusive

Depuis les années 1960, l'accompagnement socio-éducatif des enfants vivant avec un handicap s'est fortement professionnalisé dans les pays occidentaux, donnant naissance au champ de l'éducation spécialisée. Les prestations d'éducation spécialisée ont longtemps été fournies dans des établissements spécialisés, conduisant à une séparation physique et sociale entre les enfants en situation de handicap et les autres. Au tournant des XX^e et XXI^e siècles, ce modèle éducatif est remis en question dans un contexte valorisant de plus en plus l'inclusion (Pelgrims *et al.* 2021). La notion d'éducation inclusive se développe alors, s'appuyant sur le principe selon lequel l'école doit pouvoir accueillir chaque élève en tenant compte de ses besoins individuels. L'éducation inclusive devient ainsi un objectif politique, puis un droit inscrit dans les législations de la plupart des pays occidentaux (notamment en 2005 en France et en 2007 en Suisse) (Laville et Mazereau 2024 ; Pelgrims *et al.* 2021). La notion d'éducation inclusive est étroitement liée à celle de besoin éducatif particulier. Dans le cadre de l'éducation spécialisée, les réflexions autour des besoins éducatifs particuliers sont principalement pédagogiques (comment accompagner au mieux les élèves présentant tel ou tel handicap) alors que dans le cadre de l'éducation inclusive, elle questionne l'environnement, à savoir la capacité de l'école ordinaire à accueillir l'ensemble des élèves, quelles que soient leurs spécificités (Woollven 2021).

Cette inclusivité de l'école est fortement imbriquée avec la question de l'accessibilité. À l'école, elle est considérée comme universelle lorsque les besoins éducatifs particuliers sont pensés d'emblée comme une situation de vie normale et sont pris en compte dès la conception des ressources, plutôt que traités comme une problématique nécessitant *a posteriori* la création de solutions adaptées (Lanners 2020). L'accessibilité concerne quatre domaines : les espaces physiques, la didactique, les services et programmes ainsi que les TIC (Meier-Popa et Salamin 2021). Le fait que les TIC soient clairement mentionnées en termes d'accessibilité dans le cadre scolaire s'explique par le dévelop-

pement concomitant de l'éducation inclusive et de l'éducation numérique, que nous allons présenter en nous centrant sur les contextes français et suisse.

4.2.3 L'éducation numérique en France et en Suisse

L'utilisation de technologies numériques en éducation est promue comme un outil majeur par l'UNESCO et l'OMS depuis plusieurs décennies. Chaque développement informatique a donné lieu à des expérimentations pédagogiques et à la définition de *curricula* d'enseignement (Fluckiger 2021). La notion de technologies de l'information et de la communication appliquées à l'éducation (TICE) désigne les outils créés par la science informatique qui se déclinent et sont développés en direction de l'éducation et qui s'appliquent à des contextes d'apprentissage (lire ou écrire avec un ordinateur, jeux d'apprentissages par ordinateur, etc.).

En France, l'intérêt des TICE pour l'enseignement et l'apprentissage est l'objet d'attentions depuis les années 1970, tant par les politiques que les scientifiques (Fluckiger 2021; Serlet 2023). Dans les années 2000, un courant de recherche spécifique se développe, dont l'objet concerne l'intérêt et la pertinence des environnements informatisés adaptés aux apprentissages humains (EIAH) (Grandbastien et Labat 2006). Une partie des travaux se centre sur le potentiel motivationnel des TICE pour maintenir l'attention des élèves et leur offrir des espaces différents d'apprentissages, au travers de contenus prenant en compte les avancées faites dans le domaine des jeux vidéo (Muratet 2017). Bien que féconde, cette approche présente des risques, selon le personnel enseignant : la ludification diminuerait les apprentissages des élèves, qui ne généraliseraient pas les apprentissages réalisés durant le jeu à d'autres situations problèmes. Plus récemment, les TICE sont également envisagées en tant que compétence à développer scolairement afin de permettre aux élèves de se construire dans une citoyenneté numérique (Fluckiger 2021). En Suisse, la question des TICE apparaît dans les recherches au début des années 2000, avec le constat d'une faible mobilisation de ces ressources par le corps enseignant (Boéchat-Heer 2011). L'éducation numérique est aujourd'hui considérée par la Confédération comme une priorité politique en tant que maillon essentiel du parcours scolaire des élèves et de leurs futures pratiques citoyennes, mais elle soulève de nombreux questionnements en termes d'inclusivité et de durabilité (Perler et Bürdel 2023; Karsenti 2019).

Cinquante ans après les premières expérimentations, le débat reste vif, l'imaginaire relatif au numérique n'étant pas uniforme. Sans entrer dans le contenu des controverses, il convient de constater qu'elles reflètent des enjeux éthiques prégnants renvoyant à deux grands pôles qui structurent les représentations autour de l'éducation numérique : s'agit-il d'enseigner et d'apprendre

en mobilisant des technologies issues de travaux en informatique (éducation par le numérique), ou de former les publics à de nouvelles formes de savoirs liés à l'ingénierie numérique (éducation au numérique)? Le débat porte notamment sur les risques liés à la santé pour les élèves, l'équilibre entre l'utilisation des TICE et les méthodes pédagogiques «traditionnelles», la formation du corps enseignant, les questions d'exclusion numérique et de réduction de l'égalité des chances pour les familles ayant un accès limité aux outils numériques pour des motifs économiques et/ou socioculturels, les impacts économiques et écologiques des supports technologiques, avec la question de l'obsolescence programmée des appareils, ainsi que les risques liés à l'accès à des contenus inappropriés aux jeunes (Brotcorne 2020; Perler et Bürdel 2023). Comment ces enjeux, principalement formulés dans la perspective de l'école ordinaire, se déclinent-ils en éducation spécialisée et dans la perspective plus large de l'éducation inclusive ?

4.2.4 La mobilisation des TICE face aux besoins éducatifs particuliers

Tout comme à l'école ordinaire, l'enseignement spécialisé mobilise les TICE en tant qu'outils d'apprentissage, moyens d'enseigner autrement ou contenus à enseigner (Schiemer et Proyer, 2013; Muheim 2019). En France, un premier témoignage concernant l'usage de l'informatique pour enseigner auprès d'élèves à besoins particuliers apparaît dès 1978 dans le *Bulletin du GPEEA* (Groupement des professeurs et éducateurs d'aveugles et d'amblyopes). Dans les années 2000, avec le développement d'une approche situationnelle du handicap⁴ et une transformation de l'école dans une perspective inclusive, l'accent est mis plutôt sur une conception universelle des apprentissages en recourant aux TICE (Arneton *et al.* 2021). Il ne s'agit plus d'adapter des outils existants : l'enjeu est d'inclure les jeunes au sein d'un dispositif commun dans le respect du droit à la différence. En Suisse, le numérique est également envisagé comme un facilitateur d'inclusion. Les cantons sont dotés de ressources numériques favorisant l'accessibilité à l'école. Les projets d'utilisation des TICE dans le domaine des besoins éducatifs particuliers sont plus récents en Suisse qu'en France ; ils se multiplient à partir des années 2010 (Muheim 2019; Wetter 2018). Les travaux suisses sur les usages des TICE font apparaître une différence de perception selon la profession : le numérique serait considéré comme

4 L'approche situationnelle du handicap envisage celui-ci non pas comme une caractéristique permanente de la personne, mais comme le résultat de l'interaction entre des caractéristiques personnelles et un environnement spécifique, interactions survenant dans des situations données (Fougeyrollas *et al.* 2019).

un outil par les enseignant·es spécialisé·es et comme un objet d'apprentissage par les enseignant·es ordinaires (Muheim 2019 ; Perler et Bürdel 2023).

À la tension dialectique entre éducation par ou au numérique s'ajoute une spécificité concernant les élèves à besoins particuliers. Deux perspectives s'entrechoquent : l'accessibilité du numérique *vs* l'accessibilité par le numérique. Ainsi, selon Meier-Popa et Salamin (2021), la notion de « numérique universel » (accessibilité par le numérique) renvoie à une représentation du numérique qui serait par essence inclusif car il intégrerait d'emblée l'expérience et les besoins des utilisateur·trices dans la création des technologies. *A contrario*, la notion d'« accessibilité (du) numérique » évoque plutôt des fonctionnalités numériques permettant de lever des obstacles liés à des besoins particuliers. Il reste fréquent que l'accessibilité des TICE se fasse non pas de manière native (c'est-à-dire dès la conception de l'outil) mais *a posteriori*. Autrement dit, les logiciels et interfaces sont d'abord conçus pour des utilisateur·trices neurotypiques, sans entrave dans l'usage de leurs membres ou de leurs moyens de perception. Des adaptations sont ensuite proposées si nécessaire (par exemple connecteurs plus larges, synthèse vocale, contraste des couleurs) (Garbarini et Muratet 2020).

En résumé, dans un contexte sociétal tendant vers l'inclusion, les TIC constituent des outils favorisant l'accessibilité, tout en étant confrontées aux enjeux de leur propre accessibilité. Nous retrouvons cette tension au sein de l'école inclusive, où les TICE constituent à la fois un moyen d'apprendre et un objet d'apprentissage, tout en étant soumises à une injonction d'accessibilité pour tenir compte des besoins éducatifs de chaque élève. Dans les faits, ces technologies sont encore majoritairement conçues en fonction d'une norme et adaptées dans un second temps ou de manière optionnelle à des utilisations répondant à des besoins particuliers. C'est à partir de ce contexte que nous souhaitons analyser les défis posés par deux projets mobilisant la réalité virtuelle dans le cadre d'apprentissages réalisés par des jeunes ayant une déficience intellectuelle.

4.3 Utilisations de la réalité virtuelle auprès de jeunes avec une déficience intellectuelle

La réalité virtuelle est un espace numérique créé par l'informatique dans lequel il est possible d'interagir via un casque et des manettes depuis le monde réel (Cattan 2021). Cette technologie est l'une des dernières nées des technologies faisant l'objet d'applications éducatives (voir par exemple Bertrand *et al.* 2018 ; Duncan 2020 ; Lacote-Coquereau *et al.* 2023). Le sujet est au cœur d'un espace virtuel à 360° dans lequel il est libre de se déplacer sans contrainte, tant qu'il

ne sort pas du champ défini par l'application. La réalité virtuelle permet d'éprouver en temps réel des sensations visuelles et auditives *via* l'écran et les retours sonores du casque, ainsi que des sensations proprioceptives et tactiles *via* les manettes (Lewis *et al.* 2021).

4.3.1 L'usage de la réalité virtuelle dans le champ de la déficience intellectuelle

La réalité virtuelle est utilisée depuis quelques années pour et avec des personnes présentant des déficiences intellectuelles (Kim et Kimm 2017). La déficience intellectuelle, caractérisée par des limitations du fonctionnement intellectuel et du comportement adaptatif (Shalock *et al.* 2021), complique à des degrés divers les apprentissages cognitifs, pratiques et sociaux. Les apports de la réalité virtuelle dans les apprentissages des personnes avec déficience intellectuelle ont été démontrés dans plusieurs études : elle favorise le développement d'habiletés fonctionnelles en permettant, grâce à des environnements virtuels sécurisés, sécurisants, structurés et individualisés, de développer des stratégies de résolution de problèmes, intégrer des routines, s'adapter à des changements et réguler ses émotions (Cumming et Draper Rodriguez 2017 ; Mengue-Topio *et al.* 2017 ; O'Sullivan *et al.* 2021).

En Suisse, l'utilisation de la réalité virtuelle en éducation en est à ses balbutiements et concerne principalement la formation professionnelle (Domenjoz 2016). Les risques encourus lors de l'utilisation de cette technologie sont encore peu abordés, le discours prédominant étant centré sur la question des écrans (Perler et Bürdel 2023). En France, les politiques sont favorables à la mobilisation de la réalité virtuelle en éducation ordinaire et spécialisée, comme dans l'enseignement professionnel par exemple. Un groupe de travail mené par le ministère français de l'éducation nationale vise à faciliter le recours à cette technologie par le corps enseignant. Mais le personnel éducatif mentionne des problèmes d'utilisation de cet outil en termes de qualité et de coût du matériel, ainsi qu'un manque de réflexion pédagogique approfondie sur la réalité virtuelle (Bousson et Arneton 2024). Concernant les limites d'usage (relatives au jeune âge des élèves et au risque de déclenchement de crises d'épilepsie), et plus généralement les effets de la réalité virtuelle sur le cerveau, les préconisations des entreprises conceptrices sont simplement appliquées, sans qu'il y ait d'étude systématique dans le cadre scolaire (Moreau et Arneton 2022). Enfin, à l'instar des autres technologies, l'accessibilité de la réalité virtuelle est généralement envisagée *a posteriori*, par des adaptations des outils existants (Heilemann *et al.* 2021).

Dans les contextes suisse et français, l'utilisation de la réalité virtuelle dans le domaine de la déficience intellectuelle reste peu développée. Les pro-

jets VetReality et ID Tech sont donc innovants, mais ils ont soulevé de nombreux questionnements rejoignant les enjeux d'accessibilité, d'inclusion et d'usage du numérique en éducation développés ci-dessus. Il nous a donc semblé intéressant de croiser les défis inhérents à chacun des deux projets afin d'identifier des enjeux communs qui pourraient être reliés à l'utilisation de la réalité virtuelle dans les apprentissages des personnes avec déficience intellectuelle.

4.3.2 Les projets VetReality et ID-Tech

Dans les deux projets, l'équipe de recherche était constituée de spécialistes en éducation et en informatique, tandis que les participant-es étaient des jeunes avec une déficience intellectuelle et des membres du personnel enseignant ou éducatif.

Le projet VetReality vise à sensibiliser les acteurs et actrices de la formation professionnelle à l'utilisation de la *réalité virtuelle* dans leurs cours et dans l'accompagnement des élèves à besoins éducatifs particuliers pour faciliter leur accès aux stages. Il est tourné vers le potentiel (réel ou supposé) de la réalité virtuelle pour accompagner les élèves présentant des besoins éducatifs particuliers, et plus particulièrement les jeunes de 16 à 18 ans, dans leurs apprentissages professionnels ou professionnalisants. L'ambition est d'accroître la participation des élèves et de faciliter leur inclusion dans la classe ainsi qu'en stage, notamment dans le cadre de mobilité à l'étranger. Ce projet, financé par l'agence européenne Erasmus+, a été mené en Autriche, Espagne, France, Italie, Irlande et Pologne de 2020 à 2022. Lors de la soumission du projet à Erasmus+, l'accompagnement visait des jeunes en situation de handicap de manière générale. La plateforme du projet fournit ainsi des éléments pour se sensibiliser et se former à la réalité virtuelle notamment avec des jeunes présentant une déficience intellectuelle, mais pas seulement. Le prototype de la plateforme a été conçu en fonction de la déficience intellectuelle plutôt que pour des situations de déficiences visuelles ou auditives car celles-ci nécessitent des aménagements techniques importants : la réalité virtuelle est peu accessible sur ces points puisqu'elle mobilise fortement les canaux visuels et auditifs. Le projet VetReality a été mené dans une démarche de recherche-action-formation en France. Une visite virtuelle a ainsi été créée avec le personnel enseignant testeur des actions de formation élaborées dans le projet afin d'identifier, dans la pratique, les difficultés et les leviers mobilisables (Moreau et Arneton 2022).

ID-tech est un projet basé sur l'utilisation de la réalité virtuelle permettant à des jeunes ayant une déficience intellectuelle d'apprendre à se déplacer dans l'espace public (déplacements à pied, en bus et en train, gestion d'imprévis et

d'interactions sociales pouvant survenir dans cet espace). Dans le cadre d'un partenariat entre la Haute école de travail social Fribourg (HETS-FR) et l'institut Human Tech de la Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg (HEIA-FR), financé par Innosuisse, cette recherche-action visait à étudier si et dans quelle mesure l'apprentissage fait en réalité virtuelle permet le transfert et la généralisation des comportements appris dans un contexte réel. Dès la rentrée 2021, dix-huit jeunes de 11 à 16 ans de cinq écoles spécialisées de Suisse romande ont participé au projet. Un programme d'apprentissage individualisé a été élaboré pour chaque élève suivant la méthode des protocoles à cas unique. Des scénarios de base ont été créés; ils devaient être personnalisables pour s'adapter aux besoins et au rythme d'apprentissage de chaque jeune. Durant dix séquences en moyenne, les élèves ont réalisé des exercices en réalité virtuelle (avec casque) et en réalité dans certains cas. Les performances, les stratégies cognitives, la satisfaction des jeunes ainsi que les impacts éventuels sur leur santé ont été mesurés en continu. L'utilisabilité du matériel a été évaluée par onze membres du personnel éducatif des cinq écoles. L'entourage familial des jeunes s'est également prononcé sur les progrès réalisés et la confiance accordée au dispositif (Capallera *et al.* 2023).

4.4 Enjeux de la mise en œuvre des projets

Trois catégories d'enjeux ont été repérées au croisement des deux projets: 1) l'accessibilité des dispositifs en regard des besoins des jeunes, 2) l'implémentation et l'appropriation des outils tant par les élèves que par le personnel, 3) les obstacles à la pérennisation des projets.

4.4.1 Accessibilité des dispositifs

Les deux projets ont permis d'expérimenter la question de l'accessibilité universelle. En effet, les supports mobilisés ont été développés à partir d'outils classiques de réalité virtuelle qui ont été ajustés à un public présentant une déficience intellectuelle. La prise en compte des besoins spécifiques liés à la déficience intellectuelle, pensée au départ comme une évidence, a rencontré différents obstacles que l'on peut regrouper en deux thèmes: l'adaptation des outils classiques et l'individualisation des scénarios.

Le matériel informatique utilisé dans les deux projets n'a pas été, au départ, conçu pour la déficience intellectuelle. Celle-ci nécessite de sortir des chemins habituels de résolution de tâches. L'entrée dans l'outil peut s'avérer plus compliquée, et les jeunes avec déficience intellectuelle peuvent avoir des besoins d'apprentissage et/ou des façons d'apprendre spécifiques qui n'ont pas

été prises en compte dans les scénarios de départ. Le personnel éducatif n'avait pas nécessairement conscience de ce décalage.

Si la dimension expérientielle des technologies éducatives est l'un des points les plus évoqués à propos de la réalité virtuelle, il faut noter que les applications existantes sont plus à caractère ludique qu'à caractère éducatif. Trois scénarios d'usage sont possibles pour le corps enseignant. Le premier, celui nécessitant le moins de technicité, consiste à choisir, parmi les bibliothèques, une application de réalité virtuelle existante compatible avec des objectifs éducatifs et les besoins particuliers des élèves. La recension menée dans VetReality entre 2021 et 2022 a identifié seulement 20 applications convenant à une formation professionnelle. La majorité des applications sont en langue anglaise : sept applications existent en langue française, six en allemand et cinq en italien. Le deuxième type de scénario d'usage avec la réalité virtuelle consiste en la création de contenus par le personnel en fonction des besoins éducatifs (seul ou dans le cadre de co-conception avec les élèves). Ces scénarios vont nécessiter des compétences techniques particulières, y compris pour la réalisation de visites virtuelles. Dans VetReality, l'observation des séquences de formation de formateur·trices à ce type d'usage a pointé des résultats mitigés dépendant principalement de l'aisance des professionnel·les avec les technologies (Moreau et Arneton 2022). Le troisième type de scénario, qui nécessite des compétences avancées en informatique, concerne la création de mondes virtuels interactifs et multimodaux complexes comme dans le cadre d'ID-Tech, où des jeunes pouvaient se déplacer dans des espaces virtuels et interagir avec des avatars.

Dans le projet ID-Tech, la technologie de base a induit une sous-estimation de l'impact des capacités des jeunes. D'une part, elle impliquait une utilisation importante de l'expression orale, les élèves devant commenter leurs actions. La compréhension verbale était également mobilisée puisque l'adulte fournissait une guidance orale. L'impact des capacités sensori-motrices (notamment pour utiliser la manette) a également été sous-évalué, ce qui a influencé les résultats de plusieurs élèves, surtout lorsque leur expérience préalable avec la réalité virtuelle était faible ou inexistante. Certaines compétences cognitives ont constitué un critère implicite d'inclusion à la recherche, notamment la capacité d'abstraction nécessaire à la compréhension de certains symboles (par ex. une flèche représentant la main pour demander l'arrêt du bus). Des jeunes ont dû travailler spécifiquement ces aspects de communication, de manipulation et/ou d'abstraction avant d'entrer dans les apprentissages proprement dits, ce qui n'avait pas été prévu dans les protocoles à cas unique.

La force des deux projets résidait dans la possibilité de personnaliser les séquences d'apprentissage, une nécessité dans le cas de la déficience intellec-

tuelle. Cependant, nous avons constaté une perception diversifiée du degré d'individualisation entre les chercheur·euses, notamment entre les équipes éducatives et les équipes informatiques.

Dans le cadre de VetReality, les supports de formation conçus durant le projet ont été testés auprès de spécialistes de l'éducation inclusive et/ou de la réalité virtuelle. En France, le programme a été enrichi d'une séquence d'apprentissage par l'action. Les participant·es ont co-construit une visite virtuelle nativement inclusive. Ce temps de collaboration a permis d'envisager des stratégies pour rendre plus inclusif l'espace virtuel : incrustation de vidéo en langue des signes, application de préconisations relatives à l'usage de l'écrit, signaux visuels en plus de signaux sonores etc. Au début du projet ID-Tech, trois scénarios de base ont été élaborés (déplacements à pied, en bus et en train avec orientation dans la gare), comprenant la possibilité de graduer la difficulté (par exemple ajouter des distracteurs, augmenter l'intensité du trafic). Mais il a fallu adapter ces scénarios en cours de projet de manière conséquente, en fonction de la progression des jeunes et de leurs besoins concrets (par exemple créer un scénario de déplacement en zone 30 km/h sans trottoir). Les situations d'interactions sociales ont été paramétrées en collaboration avec le personnel éducatif, mais elles ne correspondaient pas toujours aux besoins des élèves, ces derniers et dernières ont ainsi fait part de nouvelles situations sociales stressantes (par exemple être suivi·e dans la rue). Le temps de conception numérique a donc été considérablement allongé pour adapter ces scénarios.

4.4.2 Implémentation et appropriation des outils

Dans les deux projets, l'équipe de recherche devait, au préalable, se mettre d'accord sur le noyau de ce qui allait être à construire. Malgré une approche scientifique basée sur une revue de la littérature, des représentations implicites se sont révélées tant chez les chercheur·euses en éducation ou en travail social que chez les informaticien·nes. Ces représentations ont dû être questionnées et déconstruites en cours de projet. Ainsi, les informaticien·nes ont généralement sous-estimé la complexité de l'accessibilité numérique pour les personnes avec une déficience intellectuelle, tandis que les chercheur·euses en éducation ou en travail social pensaient que « tout est possible » avec la réalité virtuelle.

VetReality réunissait notamment du personnel enseignant expert soit en pédagogie inclusive soit en TICE. L'un des partenaires européens était une entreprise en informatique. Dans le cadre du développement d'une ressource en réalité virtuelle, un cahier des charges a été établi de manière conjointe par l'équipe enseignante et l'équipe informatique. L'un des écueils était d'expli-

quer à l'équipe informatique les besoins de l'équipe enseignante pour que soient proposées des architectures logicielles intégrant l'accessibilité dès le début de la programmation, afin de ne pas rajouter une couche spécifique d'accessibilité qui serait optionnelle. Dans le projet ID-Tech, le système était basé sur Unity 3D⁵, qui offrait une certaine flexibilité dans la personnalisation des scènes, mais posait quelques limitations en termes de modularité. L'architecture de départ était composée d'une couche de base commune à tous les scénarios, puis le système se développait dans une architecture en arbre, avec trois scénarios de base (passage piéton, bus et train) qui avaient chacun leur propre interface pour le réglage du niveau de difficulté et la personnalisation. Les chercheur·euses en travail social avaient la représentation qu'il était possible d'adapter indéfiniment les scénarios. Or le programme utilisé ne permettait pas tout, ou alors les changements demandés exigeaient un temps de programmation très important, qui n'avait pas été planifié. Du côté de l'équipe de Human Tech, la différenciation nécessaire pour que les jeunes puissent réellement apprendre a été sous-estimée ; trois scénarios de base avec des possibilités de modulations lui semblaient suffisants. Ainsi, deux jeunes ont dû interrompre leur participation au projet après avoir atteint très rapidement les objectifs, centrés sur les interactions sociales, et il n'a pas été possible de complexifier celles-ci davantage.

De plus, la question de l'appropriation des outils par les élèves et le personnel s'est posée durant la réalisation des projets. Le personnel éducatif avait besoin d'outils faciles à utiliser, n'exigeant pas d'instruction préalable conséquente ni de temps important de mise en place, et utilisant des réglages automatisés pour que ces outils puissent être intégrés à la routine quotidienne.

VetReality visait la formation des équipes enseignantes ; une attention particulière a été vouée durant la phase d'expérimentation à solliciter tant des réseaux en éducation inclusive qu'en numérique éducatif. Malgré tout, un biais de recueil est à noter en France comme dans les autres pays, les expérimentations ayant été faites avec des personnes se sentant en majorité à l'aise avec le numérique. En France, sur les huit personnes participantes, une seule présentait une double expertise en handicap et en technologie, quatre étaient spécialistes des TIC (dont deux utilisent la réalité virtuelle quotidiennement avec leurs élèves) et quatre étaient spécialistes du handicap. Dans le projet ID-Tech, il n'y a pas eu de véritable implémentation, car la mise en place du matériel et l'enclenchement des scénarios étaient compliqués pour le personnel lui-même, le système lui permettant seulement de paramétrer les niveaux de difficulté.

5 Il s'agit d'une plateforme de développement 3D permettant de créer des interfaces immersives et interactives, employée notamment dans le domaine du jeu vidéo.

Durant la recherche, le personnel éducatif accompagnait les jeunes, mais c'était l'équipe de recherche qui menait le processus. Elle s'est surtout centrée sur les jeunes et ne s'est pas assez préoccupée de l'appropriation du dispositif par le personnel éducatif. Or cette appropriation est nécessaire pour que les élèves aient ensuite accès au dispositif. Elle passe par la possibilité de se familiariser avec le matériel, de le manipuler régulièrement et d'en comprendre suffisamment le fonctionnement pour pouvoir résoudre soi-même des problèmes simples survenant au démarrage ou durant le déroulement du scénario virtuel. Les jeunes se sont aussi approprié la technologie de manière diverse. Chez plusieurs, la dimension immersive de la réalité virtuelle a eu des effets très puissants alors que d'autres étaient davantage dans une perspective de *serious game*, soit une utilisation ludique du dispositif (Serlet 2023). Ces différences étaient liées aux caractéristiques des jeunes (la présence de troubles anxieux ou sensoriels accentuant les effets de l'immersion) ainsi qu'à leur degré d'expérience préalable avec la réalité virtuelle, la pratique de jeux vidéo en dehors de l'école favorisant une posture plus ludique. Cette dernière comportait des risques, dans la mesure où les situations exercées devaient permettre aux élèves d'apprendre des comportements protecteurs dans leurs déplacements. Il a donc fallu mettre l'accent sur la question des dangers avec les jeunes qui se situaient dans cette posture de ludification.

4.4.3 Pérennisation des projets

Les possibilités de pérenniser les projets une fois les recherches terminées ont été limitées par plusieurs facteurs. D'une part, ce type de projet génère une dépendance des utilisateur-trices aux infrastructures numériques, notamment en lien avec la nécessité d'un accès internet à haut débit pour que le matériel puisse fonctionner. L'obsolescence du matériel est rapide en regard de la lourdeur de son implémentation dans le contexte éducatif. D'autre part, le développement de technologies inclusives implique un partenariat public-privé entre les institutions éducatives et des entreprises informatiques afin que les outils développés soient d'emblée accessibles pour différents types de besoins éducatifs particuliers, ce qui, nous l'avons vu, n'allait de soi dans aucun des deux projets.

Ce que pointent les observations d'usages faites durant VetReality est que la transposition du monde réel au monde virtuel questionne une conception informatique en termes d'accessibilité universelle. La collaboration public-privé peut permettre d'envisager des pistes de leviers techniques comme le recours à plusieurs types de spatialisation sonore. Le son pourrait ainsi être un élément illustratif (élèves sans besoin particulier), un élément informatif (élèves utilisant l'écho pour se situer dans l'espace) ou comme information

complémentaire filtrable (élèves ayant besoin d'éviter des surcharges cognitives). Les enjeux liés au partenariat public-privé ne doivent pas être sous-estimés dans le cas des besoins éducatifs particuliers : plus les dispositifs développés seront inclusifs, moins les problèmes liés à l'atteinte d'une masse critique suffisante pour développer un produit rentable seront présents. Et ce d'autant plus que la pérennité des solutions techniques est un élément de rentabilité. Au moment où le projet ID-Tech était en cours, un nouveau modèle de casque était commercialisé, mais encore trop cher pour être acquis dans le cadre de l'étude. Le casque utilisé disposait d'un contrôleur externe sur trépieds qui, dans la nouvelle version, serait directement intégré au casque. De plus, l'utilisation du dispositif nécessitait un accès Wi-Fi, ce qui était problématique dans deux des cinq établissements où s'est déroulé le projet. Ainsi, une salle de classe était équipée d'un vieux radiateur en fonte qui empêchait les ondes de passer. L'âge des infrastructures scolaires peut donc constituer un désavantage pour une partie des élèves. Au terme de l'étude, le budget a permis l'acquisition d'un casque et d'un ordinateur par école pour que les équipes éducatives puissent poursuivre le projet. Le paramétrage des scénarios a été effectué par l'équipe de recherche de Human Tech sur la base de ceux qui avaient été développés durant le projet, et à partir d'un bref sondage auprès du corps enseignant sur les besoins éventuels des élèves. Un partenariat privé a été recherché pour commercialiser le dispositif, mais sans succès, la masse critique d'achats potentiels étant considérée comme insuffisante par les diverses entreprises qui ont été approchées.

4.5 Discussion

En résumé, trois principaux défis ont été identifiés par la mise en perspective des deux projets. Le développement d'outils basés sur la réalité virtuelle ne prend pas encore suffisamment en compte les spécificités de la déficience intellectuelle. Cela implique de nombreuses adaptations *a posteriori*. De plus, le degré d'individualisation ne fait pas consensus entre les différentes approches professionnelles (éducation, travail social et ingénierie informatique). Ainsi, une véritable interprofessionnalité reste à construire, afin de dépasser les représentations issues des différentes professions, qui limitent le potentiel de la réalité virtuelle. L'utilisation du matériel dépend aussi du temps requis pour son appropriation par le personnel et des modalités d'appropriation privilégiées par les jeunes. Enfin, la réalité virtuelle s'implémente dans un contexte qui peut montrer ses limites en termes d'infrastructures et de pérennisation (obsolescence, coûts de maintenance, absence d'opportunités de commercialiser les produits développés). La logique de partenariat public-privé

est questionnée dans le cas des besoins éducatifs particuliers, en lien avec les ressources des institutions qui les encadrent.

En fait, l'utilisation de la réalité virtuelle pour soutenir les apprentissages des jeunes avec déficience intellectuelle vient questionner les quatre domaines d'accessibilité mis en avant par Meier-Popa et Salamin (2021) : la technique, la didactique, les services et programmes et l'espace physique. D'une part, inclure les besoins de publics avec certains types de déficiences peut entrer en contradiction avec les contraintes de l'accessibilité sur le plan technique. Ainsi, la déficience intellectuelle devrait être prise en compte dès le début du projet si l'on vise une accessibilité universelle des technologies numériques. Mais cela n'empêche pas que les personnes avec déficience intellectuelle ont besoin de soutien et de temps pour s'approprier leur usage (Simonato *et al.* 2021), ce qui relève, en contexte éducatif, de l'accessibilité didactique. De plus, elles constituent un public vulnérable aux risques inhérents aux TIC et ont également besoin de soutien à ce niveau (Tabin 2020). La participation numérique des personnes avec déficience intellectuelle peut être améliorée pour autant que l'environnement leur offre des opportunités de se développer dans ce domaine (Normand *et al.* 2020). Les jeunes avec une déficience intellectuelle ont droit, comme les autres élèves, au numérique comme objet d'apprentissage et non seulement comme support (d'Arripe 2020), en particulier pour pouvoir passer sans risque d'une utilisation ludique à une utilisation didactique des outils. L'accessibilité physique intervient également puisque les infrastructures numériques ne peuvent être conçues sans la prise en compte des infrastructures architecturales, ce qui questionne l'égalité des chances.

Malgré ces constats, la représentation de l'accessibilité universelle du numérique semble peu questionnée par les décideur·euses des politiques éducatives. Cela s'explique peut-être par le fait que les publications scientifiques qui font référence, y compris dans le champ de la déficience intellectuelle, tendent à mettre davantage l'accent sur les résultats obtenus (les apprentissages réalisés) que sur les processus (le développement des dispositifs). Dans le cadre de production de ressources, la participation de jeunes en tant qu'utilisateur·trices est possible, comme le montre l'entretien dessiné qui clôt le présent chapitre, dans lequel la parole a été donnée à des élèves ayant participé au projet ID-Tech. Ces élèves ont contribué, de manière participative, au développement d'un prototype de générateur d'interactions sociales en réalité virtuelle (Pro-GIS) faisant suite au programme ID-Tech. Ce prolongement a permis une prise en compte des besoins et spécificités des utilisateur·trices dès la conception de l'outil numérique. Les jeunes ont notamment défini les situations d'interactions sociales que la réalité virtuelle devait leur permettre de travailler, ainsi que les caractéristiques importantes des avatars utilisés dans le programme.

4.6 Conclusion

Ce chapitre permet d'éclairer des pistes concrètes à entreprendre pour le développement d'outils numériques dans le domaine de l'éducation. En effet, la prise en compte des spécificités de la déficience intellectuelle, de l'interprofessionnalité, des usages de la réalité virtuelle par les jeunes et le personnel éducatif ou encore de l'environnement dans lequel s'insère cet outil ont été discutés. Par ailleurs, les enjeux mis en lumière permettent un réel questionnement sur l'accessibilité numérique universelle. Si la perspective de la participation des jeunes semble être une piste pertinente à explorer pour relever les défis de l'accessibilité numérique universelle, la prise en compte du personnel d'accompagnement et sa participation semblent également primordiales pour mener à bien cette visée. Dans le développement de stratégies numériques en éducation, les équipes professionnelles peuvent être des utilisatrices à prendre en considération au même titre que les jeunes en situation d'apprentissage ; en d'autres termes, l'interprofessionnalité doit être pensée dès le départ, car le numérique influence voire transforme la pratique professionnelle (Dubasque 2019b ; Jacob et Souissi 2022), ce qui conditionne l'accompagnement des jeunes dans le numérique. Or, différents enjeux en termes de professionnalité apparaissent pour les équipes éducatives, notamment le fait d'être parfois moins expertes que ce qu'elles espèrent, voire plus profanes que les jeunes qu'elles accompagnent. À l'issue de VetReality, une partie du corps enseignant s'est organisée en réseau pour échanger et expérimenter la réalité virtuelle avec les élèves et pour augmenter ses compétences ; autrement dit, ses membres se voient comme des usager·ères devant acquérir une maîtrise relative de l'outil. Dans le projet ID-Tech, si l'utilisabilité de l'outil a été testée auprès du personnel, ses propres usages du numérique n'ont pas été pris en compte comme dimension pour évaluer l'outil, de même que l'impact que ce dernier pouvait avoir sur les processus d'apprentissages des jeunes et leur encadrement. Si les attitudes étaient hétérogènes vis-à-vis de la réalité virtuelle et de l'usage de la technologie, nous observons parfois une réticence à manipuler ou voir le sens et la pertinence de l'outil pour les besoins éducatifs des jeunes. L'usage du numérique et les compétences qu'il requiert se révèlent donc être un enjeu pour l'intervention professionnelle, soulevant ainsi des questionnements en termes de professionnalité. Le développement de compétences numériques dans les dispositifs de formation professionnelle en travail social et en éducation apparaît insuffisant pour répondre aux nouveaux défis et besoins sociaux (Davenel 2016 ; HCTS 2022 ; Okbani 2022).

Or acquérir un usage et des compétences numériques semble d'une importance majeure pour que l'intervention s'inscrive dans une démarche éthique et déontologique promouvant l'inclusion et l'*empowerment* des per-

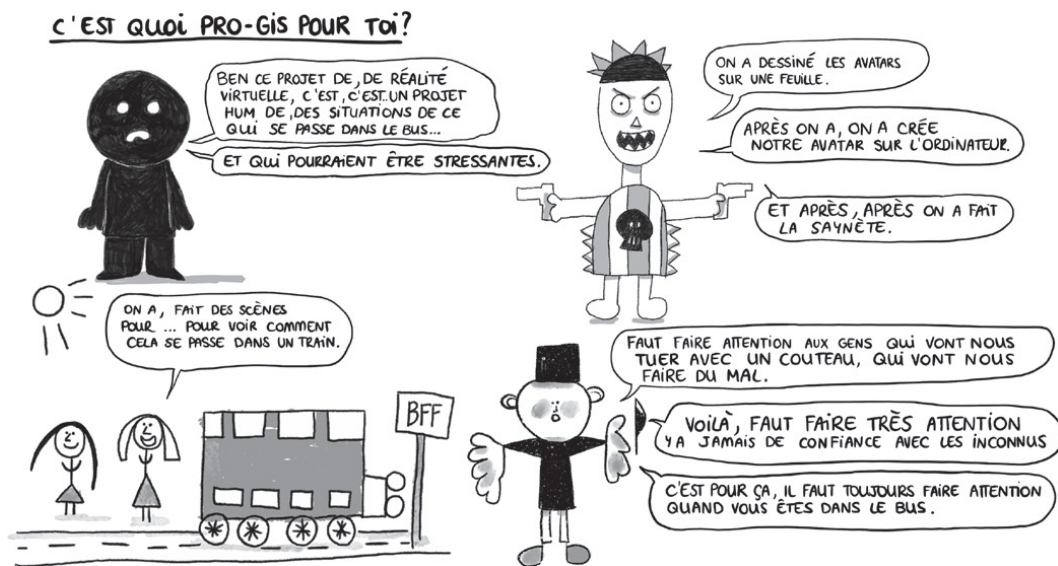
sonnes concernées (HCTS 2022). Le dispositif participatif appliqué dans les projets présentés semble être une piste probante à développer avec les équipes professionnelles afin d’ancrer leur intervention et leur professionnalité dans le numérique. Ces équipes, en tant que spécialistes des besoins éducatifs particuliers, doivent prendre part à l’élaboration et l’implémentation des outils numériques dans leur quotidien afin que leurs réalités soient davantage prises en considération dans le développement des stratégies d’éducation numérique. En plus de favoriser leur acceptation de l’outil dans leur pratique, la formation permettrait le développement de leurs compétences (Davenel 2016 ; Gillingham 2015 ; Elyounes 2021 in Jacob et Souissi 2022). Ainsi, pour développer le potentiel inclusif des technologies de l’information et de la communication appliquées à l’éducation (TICE) dans une perspective interprofessionnelle, le rôle du travail social en milieu scolaire pourrait être mobilisé ; il permettrait peut-être de dépasser un usage purement didactique de ces ressources, d’identifier et d’agir sur les facteurs d’exclusion numérique dans le cadre de l’école, et de développer une éducation au numérique accessible à chaque élève en fonction de ses besoins. Cette démarche, qui devrait être intégrée dans les budgets consacrés à ce type de projets, contribuerait à promouvoir l’accessibilité numérique universelle.

Comme métaphore de cette accessibilité universelle, la parole des jeunes ayant participé à ID-Tech et à son prolongement Pro-GIS est restituée ci-après sous la forme d’une bande dessinée réalisée par l’illustratrice Laura Dudler, en accord avec l’établissement de formation des jeunes et dans le respect de leur anonymat. Le texte est tiré de l’entretien auquel ces jeunes ont pris part et les personnages sont inspirés des dessins d’avatars qu’elles et ils ont réalisés.

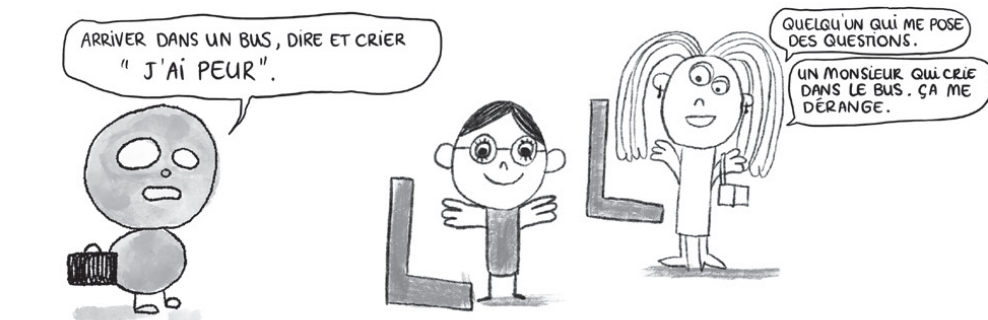
Entretien 4

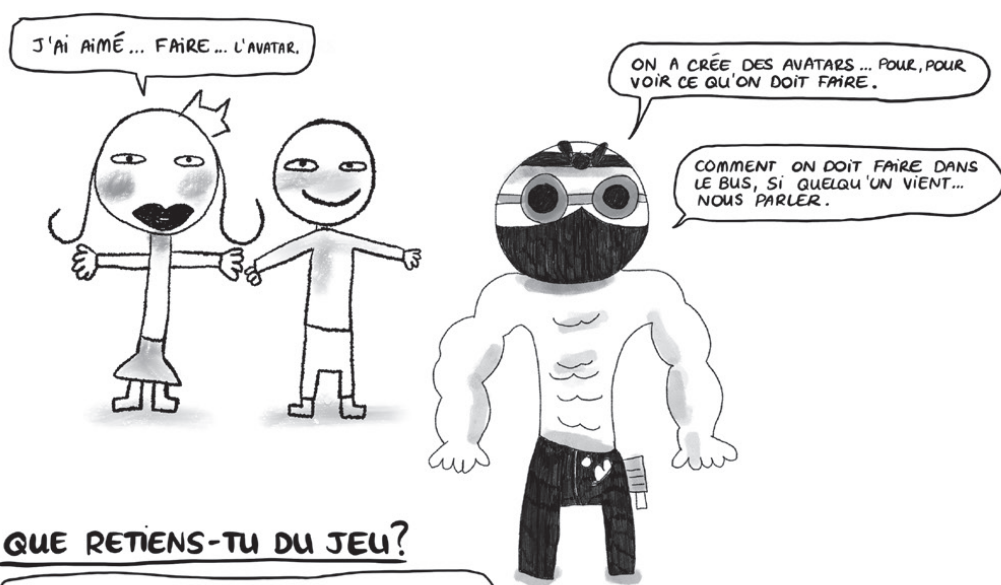
La réalité virtuelle pour apprendre et devenir autonome quand on a une déficience intellectuelle : ce qu'en disent les jeunes

Entretien illustré par Laura Dudler, dessinatrice indépendante, Lausanne



QU'EST CE QUI A ÉTÉ DIFFICILE POUR TOI? QU'AS-TU TROUVÉ DE DIFFICILE À FAIRE?





QUE RETIENS-TU DU JEU?

