

Evaluatie van immersieve virtual reality in het maritiem hoger onderwijs

Rune Buyl

**Masterscriptie voorgedragen tot het behalen
van de graad van master
aan de Hogere Zeevaartschool**

**Promotor: Inez Houben
Co-promotor: Anne-Pascale Mornard
Academiejaar 2024-2025**

Woord vooraf

Voor deze scriptie vertrok ik vanuit de vraag hoe immersieve virtual reality kan bijdragen aan het maritiem onderwijs, met aandacht voor leertheorieën en didactische meerwaarde. Ik koos dit onderwerp omdat ik geboeid ben door innovatieve leervormen en hoe technologie complexe situaties toegankelijker maakt.

Door het schrijven van deze scriptie kon ik mij verder verdiepen in een thema dat in de opleiding slechts beperkt aan bod kwam, maar dat in de toekomst steeds belangrijker zal worden.

Tot slot richt ik ook graag een woord van dank aan de mensen die op één of andere manier hun steentje hebben bijgedragen aan deze scriptie:

Mijn promotor, mevr. Inez Houben

Mijn co-promotor, mevr. Anne-Pascale Mornard

Mijn familie en vrienden

Paulien

Zonder hen had ik dit werk waarschijnlijk nooit tot een goed einde gebracht.

Rune Buyl, juni 2025

Samenvatting

Deze masterproef onderzoekt hoe immersieve virtual reality (IVR) als leermiddel in het hoger onderwijs geëvalueerd kan worden, met specifieke aandacht voor leertheorieën. De studie richt zich op het gebruik van een IVR-toepassing rond het betreden van besloten ruimtes aan boord van een schip. Aan de hand van bestaande vragenlijsten, gecombineerd met theoretische kaders zoals het CAMIL-model, cognitieve belastingstheorie en zelfdeterminatietheorie, wordt de toepassing grondig geëvalueerd. Daarbij wordt niet enkel het technisch ontwerp (zoals immersie, presence en gebruiksgemak) beoordeeld, maar ook de leerervaring zelf: motivatie, cognitieve belasting, betrokkenheid en zelfregulatie. De resultaten tonen aan dat IVR een waardevol instrument is voor het aanleren van procedurele kennis, mits deze toepassingen goed doordacht worden ontwikkeld volgens pedagogische principes. De studie pleit voor het integreren van leertheorieën in de evaluatie én het ontwerp van VR-onderwijsmodules. Deze benadering kan bijdragen tot effectievere en motiverende leerervaringen.

Abstract

This master's thesis investigates how immersive virtual reality (IVR) can be effectively evaluated as an educational tool in higher education, with a focus on learning theories. The study centers on an IVR simulation designed to train users on entering enclosed spaces aboard ships. Using established evaluation questionnaires and theoretical frameworks such as the CAMIL model, cognitive load theory, and self-determination theory, the VR experience is assessed not only on its technical design (e.g., immersion, presence, and usability) but also on educational outcomes like motivation, cognitive engagement, and self-regulation. Results indicate that IVR is a promising medium for teaching procedural knowledge, provided that its development is guided by sound pedagogical principles. The thesis advocates for integrating learning theories into both the evaluation and design of educational VR modules. This approach may lead to more effective and engaging learning experiences for students.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	IV
Lijst van figuren	VII
Lijst van afkortingen	VIII
Lijst van bijlagen	X
Deel 1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Probleemstelling	1
1.3 Onderzoeksvraag.....	4
1.4 Werkwijze.....	4
Deel 2 Literatuurstudie.....	5
2.1 Definities	5
2.1.1 Wat is XR?.....	5
2.1.2 Wat is AR?	6
2.1.3 Wat is VR?	7
2.1.4 Wat is MR?	8
2.1.5 De virtual reality driehoek.....	8
2.1.6 Het realiteit-virtualiteitscontinuüm	10
2.1.7 Immersieve leerervaringen	11
2.2 Hardware en software.....	12
2.2.1 Hardware voor immersieve technologie.....	12
2.2.2 Software voor immersieve technologie	13
2.3 IVR in het onderwijs	13
2.3.1 Virtual reality als veelbelovende tool in het onderwijs	13

2.3.2	Doelstellingen voor het gebruik van IVR in het hoger onderwijs	18
2.3.3	Nood aan theoretische omkadering	21
2.4	Theoretische kaders voor leren met IVR.....	23
2.4.1	CAMIL	23
2.4.2	TPACK-model.....	35
2.5	Leertheorieën voor gebruik van IVR in het onderwijs	40
2.5.1	Ervaringsgericht leren	40
2.5.2	Constructivistisch leren	48
2.5.3	Sociaal Constructivisme	49
2.5.4	Gamification van het leren.....	51
2.5.5	Cognitieve belastingstheorie.....	52
2.5.6	Cognitieve theorie van multimediaal leren.....	54
2.5.7	Flow model.....	55
2.5.8	Design Thinking	56
2.5.9	Probleemgestuurd leren	57
2.5.10	Onderzoekend leren.....	59
2.5.11	Zelf-determinatietheorie.....	61
2.6	Ontwerpmodellen voor IVR-toepassingen voor het onderwijs	64
2.6.1	4C/ID-model	64
2.6.2	Educational Design Research	68
Deel 3	Onderzoek van een IVR-toepassing	71
3.1	Vragenlijsten om VR-toepassingen te evalueren.....	71
3.2	Eigen onderzoek van een IVR-toepassing a.d.h.v. bestaande vragenlijsten.....	76
3.2.1	Specificaties van de toepassing.....	76
3.2.2	Het onderwerp: Betreden van besloten ruimtes aan boord	77
3.2.3	Evaluatie van de toepassing a.d.h.v. bestaande vragenlijsten	80

3.2.4	Conclusie	92
3.3	Bijkomend onderzoek van een IVR-toepassing a.d.h.v. vragenlijsten van leertheorieën	94
3.3.1	Toepassing van de cognitieve belastingstheorie op VR-modules voor besloten ruimte	94
3.3.2	Motivatie en beleving in VR-trainingen: een analyse op basis van de zelfdeterminatietheorie	95
3.3.3	Reflectie op ervaringsgericht leren in VR-context: mogelijkheden en beperkingen	97
3.3.4	Toepasbaarheid van probleemgestuurd leren in de context van VR-simulaties	99
3.3.5	Flow-ervaring tijdens het gebruik van VR-simulaties	101
3.3.6	Beoordeling van de VR-simulatie in het licht van (sociaal-)constructivistisch leren	102
Deel 4	Besluit.....	104
	Bibliografie	106
	Bijlagen	126

Lijst van figuren

Figuur 1: Extended reality als overkoepelende term	5
Figuur 2: voorbeeld augmented reality	6
Figuur 3: Voorbeeld virtual reality	7
Figuur 4: The triangle of VR technology	8
Figuur 5: het realiteit-virtualiteitscontinuüm volgens Milgram en Kishino	10
Figuur 6: 3 vs 6 degrees of freedom	12
Figuur 7: Level of immersion on degrees of freedom	12
Figuur 8: Traditionele leermethodes, media en werkvormen in leeromgevingen	16
Figuur 9: VR leermethodes, media en we	18
Figuur 10: Overview of the CAMIL	25
Figuur 11: TPACK model	36
Figuur 12: Kolb's learning cycle	43
Figuur 13: Schematische weergave van de vier componenten in het 4 C/ID-model (van Merriënboer & Kirschner 2013)	67
Figuur 14: Een taakklasse binnen het 4C/ID-model (van Merriënboer & Kirschner 2013)	68
Figuur 15: procesweergave van een ontwerp met Educational Design Research, McKenney 2011)	69
Figuur 16: betreden van een besloten ruimte aan boord	78

Lijst van afkortingen

Technologie:

- XR: Extended Reality
- AR: Augmented Reality
- VR: Virtual Reality
- IVR: Immersive Virtual Reality
- MR: Mixed Reality
- HMD: Head-Mounted Display
- CAVE: Cave Automatic Virtual Environment
- UX: User experience

Theoretische kaders en leertheorieën:

- CAMIL: Cognitive Affective Model of Immersive Learning
- CLT: Cognitive Load Theory
- CTML: Cognitive Theory of Multimedia Learning
- PGL: Probleemgestuurd Leren
- TPACK: Technological, Pedagogical and Content Knowledge
- ZDT: Zelf-determinatietheorie
- 4C/ID : Four Component Instruction Design Model

Vragenlijsten:

- APQ: Activity Perception Questionnaire
- CEQ: Course Experience Questionnaire
- CSRQ: Colonoscopy Simulation Realism Questionnaire
- EQ: Embodiment Questionnaire
- IEQ: Immersive Experience Questionnaire

- IMI: Intrinsic Motivation Inventory
- ITQ: Immersive Tendencies Questionnaire
- SIM-TLX: Simulation Task Load Index
- SSQ: Simulator Sickness Questionnaire
- TEQ: Task Evaluation Questionnaire
- TMQ: Task Material Questionnaire
- TPI: Temple Presence Inventory
- UEQ: User Experience Questionnaire
- VEQ: Virtual Embodiment Questionnaire
- VRCS: Visual Realism Classification Scale
- VRSQ: Virtual Reality Sickness Questionnaire
- VRTQ: Virtual Reality Training Questionnaire

Lijst van bijlagen

Bijlage 1 : Presence Questionnaire	126
Bijlage 2: Self-Presence Questionnaire (Ratan & Hasler).....	130
Bijlage 3: Measuring presence: The Temple Presence Inventory (TPI).....	132
Bijlage 4: User Experience Questionnaire	138
Bijlage 5: Virtual reality sickness questionnaire.....	139
Bijlage 6: Immersive Experience Questionnaire	140
Bijlage 7: Virtual embodiment questionnaire	144
Bijlage 8: Development and validation of a theory-based questionnaire to measure different types of cognitive load	146
Bijlage 9: The post-experimental intrinsic motivation inventory	148
Bijlage 10: Experiential learning processing questions.....	153
Bijlage 11: Experiential Learning Process Questions	155
Bijlage 12: Kolb's Learning Style Questionnaire.....	156
Bijlage 13: Course Experience Questionnaire	160
Bijlage 14: Échelle de flow en contexte éducatif v.2 (EduFlow-2)	162
Bijlage 15: Constructivist Learning Environment Survey	163
Bijlage 16: Development and validation of an instrument to measure social constructivism in a virtual classroom	165
Bijlage 17: Safety checklist	168
Bijlage 18: Sample checklist for confined space work	169
Bijlage 19: Checklist for entry into enclosed spaces	172

Deel 1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Integratie van technologie is vandaag niet meer weg te denken uit het onderwijs. Digitaal leren kent een groot succes doordat het een gemakkelijke en toegankelijke manier is voor het overbrengen van informatie (Abbas Shah et al., 2024).

Virtual reality (VR) is een van de meest recente digitale toepassingen in het onderwijs. VR wordt gedefinieerd als een complex mediasysteem dat zowel een specifieke technologische opstelling voor zintuiglijke onderdompeling omvat als een middel voor geavanceerde inhoudsweergave, waarmee het mogelijk is om zowel echte als ingebeelde werelden te simuleren of na te bootsen (Mikropoulis en Natsis, 2011).

VR kan leerlingen en studenten een meer immersieve en meer betrokken leerervaring bieden (Coyne et al., 2019). VR zorgt voor een motiverende onderwijssetting die studenten in staat stelt om actief in interactie te treden met het lesonderwerp. Het geeft hen bovendien leerkansen die vaak niet haalbaar zijn met meer traditionele onderwijsmethodieken (DeLuca et al., 2020). Er wordt verwacht dat VR het onderwijs een positieve wending kan geven door het aanmoedigen van ervaringsgericht leren en van creativiteit, het verhogen van motivatie om te studeren en het bevorderen van een diepgaand begrip van ingewikkelde concepten (Analyti et al., 2024).

1.2 Probleemstelling

Wanneer nieuwe VR-toepassingen voor het onderwijs ontwikkeld worden, is het belangrijk dat deze toepassingen geëvalueerd worden. Dit kan gebeuren aan de hand van zowel impliciete als expliciete technieken. Impliciete methodes zijn gebaseerd op automatische reacties van het lichaam tijdens het gebruik van de VR-toepassing, zoals onder andere een verandering van hartritme (Marin-Morales et al., 2020). Expliciete methodes, zoals vragenlijsten en/of interviews vereisen actieve participatie van de gebruiker.

Expliciete methodes, in het bijzonder vragenlijsten, worden het vaakst gebruikt bij de evaluatie van VR, gezien hun gebruiksvriendelijkheid en veelzijdigheid in topics. Ze maken ook evaluatie van subjectieve ervaringen mogelijk (Bareis et al., 2024).

Er bestaan al heel wat standaard vragenlijsten om toepassingen voor virtual reality te evalueren. Deze evalueren dan vooral één of meer van de volgende kenmerken: aanwezigheid ('presence'), gebruiksvriendelijkheid, bewegingsziekte, immersie, simulatorrealisme, belichaming ('embodiment').

Deze kenmerken van virtual reality worden verder in deze masterproef verklaard en uitgebreider besproken. We kunnen nu echter al meegeven dat dit vooral kenmerken betreft die in de eerste plaats te maken hebben met het technisch ontwerp van de VR-toepassing.

Wanneer VR-toepassingen gebruikt worden in het onderwijs, is het niet voldoende om bij een evaluatie van een toepassing enkel te kijken naar het technisch ontwerp en naar hoe dit ontwerp de mogelijkheden van de VR-toepassingen beïnvloedt.

VR-toepassingen voor het onderwijs zijn in de eerste plaats bedoeld om studenten iets te laten leren. Daarom moet er ook rekening worden gehouden met de manier waarop studenten iets leren. Deze informatie halen we uit leertheorieën en theoretische kaders die al aan grondig onderzoek zijn onderworpen en/of hun waarde al bewezen hebben binnen de meer traditionele onderwijssettings.

Concannon et al. rapporteerden in 2019 dat onderzoek naar het gebruik van VR in het onderwijs een groot deficit kende in de zin dat er grote nood was aan het integreren van leertheorieën in het ontwerp- en ontwikkelproces van VR-toepassingen. Dit zou dan kunnen resulteren in het beter ondersteunen van het engagement om te leren, in een verbeterde kennisconstructie en contextueel begrip en in een meer gepersonaliseerde leerervaring met als uiteindelijk doel het behalen van effectievere en impactvollere leerresultaten.

Er zijn ondertussen al verschillende onderzoeken gebeurd waarbij een vergelijkende studie wordt gedaan: een deel van de studenten krijgt les op een traditionele manier terwijl een ander deel dezelfde leerstof aangeleerd krijgt met VR. In meerdere van deze onderzoeken behalen de studenten die de les met VR kregen betere resultaten (bv. Houben et al., 2023). Die vergelijkende studies zijn interessant en laten vermoeden dat VR dus mooie kansen kan bieden op betere leerresultaten. Een nadeel aan veel van deze onderzoeken is dat je dan nog niet altijd de echte reden kent waarom studenten al dan niet betere resultaten behalen met VR-leerervaringen:

- Ligt het aan het feit dat VR een nieuwe methode is in het onderwijs en nieuwe methodes aanvankelijk altijd een positief effect hebben (novelty effect)?
- Waren de studenten meer gemotiveerd door het gebruik van VR?
- Konden ze de leerervaring vaker herhalen of een bepaalde procedure vaker inoefenen?
- Gaf het hen meer zelfvertrouwen omdat eventuele fouten niet tot ernstige gevolgen konden leiden?

Een aantal van bovenstaande zaken zou ook kunnen bevraagd worden aan de hand van een vragenlijst. Ook daarvoor is het goed om leertheorieën te integreren in bestaande vragenlijsten.

Voor leertheorieën bestaan er ook vragenlijsten. Deze zouden kunnen aangepast worden zodat ze ook geschikt zijn voor het bevragen en evalueren van VR-toepassingen.

Zoals verder in deze masterproef zal worden beschreven, heeft de graad van immersie een niet te onderschatten invloed op de leerresultaten van lerenden. Wij beperken ons in dit werk tot de vorm van virtual reality met de hoogste graad van immersie, namelijk immersive virtual reality of IVR.

1.3 Onderzoeksvraag

Vanuit de overtuiging dat de evaluatie van IVR-toepassingen voor het onderwijs zou kunnen verbeterd worden door ook de leertheorieën die aan de basis liggen van de instructie, op te nemen in standaard vragenlijsten voor de evaluatie van bestaande IVR-toepassingen, wordt voor deze masterproef volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

Hoe kunnen bestaande vragenlijsten voor de evaluatie van IVR aangepast worden zodat ze beter geschikt zijn voor evaluatie van IVR-toepassingen voor het onderwijs?

1.4 Werkwijze

Er werd gestart met een grondige literatuurstudie van IVR en hoe deze technologie gebruikt wordt in het (hoger) onderwijs. Een belangrijk deel van de literatuurstudie had als doel een dieper inzicht te krijgen in bestaande leertheorieën die in het verleden al grondig bestudeerd werden maar ook van groot belang kunnen zijn voor gebruik in IVR-leerervaringen.

Daarna werd er ook onderzoek gedaan naar bestaande standaardvragenlijsten voor de evaluatie van (I)VR-toepassingen.

In het praktisch deel van deze masterproef werden deze vragenlijsten beantwoord voor een specifieke IVR-toepassing van het betreden van een besloten ruimte aan boord.

Ten slotte werd deze toepassing ook geëvalueerd aan de hand van bestaande vragenlijsten die passen binnen het kader van bepaalde leertheorieën.

Deel 2 Literatuurstudie

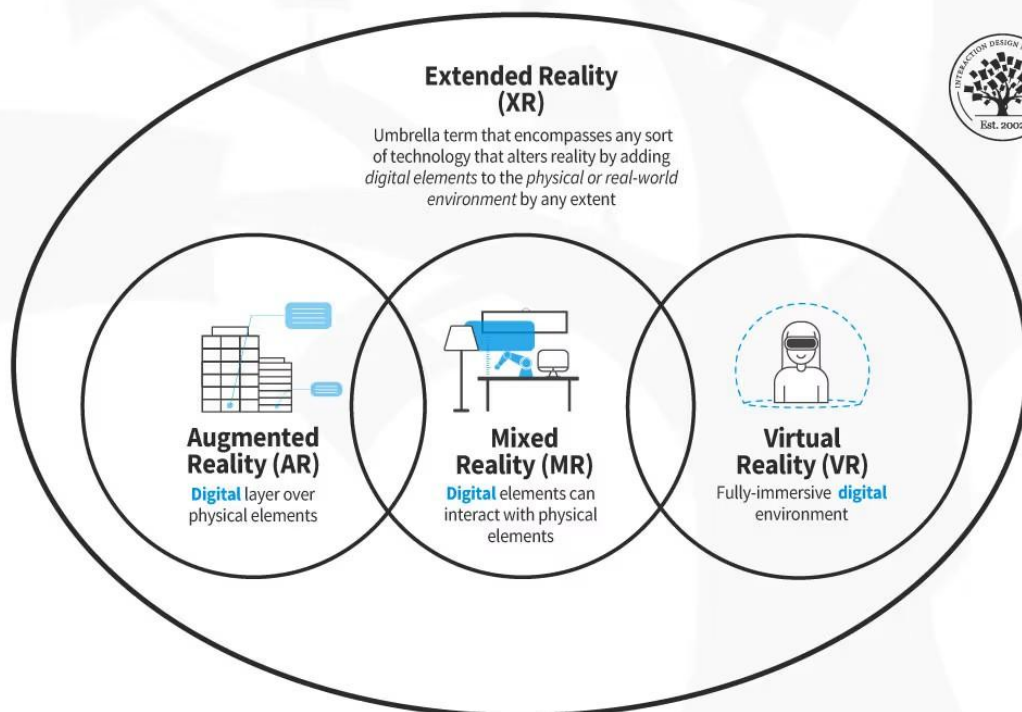
2.1 Definities

2.1.1 Wat is XR?

Extended reality (XR) is een immersieve technologie die de realiteit uitbreidt met een digitale laag of een volledig nieuwe werkelijkheid creëert waar je als gebruiker in ondergedompeld wordt (Extended Reality (XR) in de klas, z.d.).

Het is een verzamelterm voor technologieën die de werkelijke omgeving verrijken met digitale componenten, variërend in mate van integratie, en waarmee de gebruiker wordt ‘ondergedompeld’ in een ervaring. Alle zintuigen van de gebruiker worden daarbij aangesproken.

XR omvat onder andere augmented reality (AR), mixed reality (MR) en virtual reality (VR), maar is niet daartoe beperkt. Een gedeeld kenmerk van de drie is dat je er zowel hardware als software voor nodig hebt.



Figuur 1: Extended reality als overkoepelende term

(What Is Extended Reality (XR), z.d.)

2.1.2 Wat is AR?

Augmented reality (AR) is letterlijk ‘verrijkte realiteit’. Hierbij wordt een digitaal beeld – vaak een 3D animatie – over de werkelijkheid gelegd. Augmented reality wordt ook wel ‘toegevoegde realiteit’ genoemd’. Je verrijkt (augment) de fysieke wereld met digitale informatie. (*Wat is Augmented Reality (AR) en wat zijn de mogelijkheden?*, 2017)

Een belangrijk doel van augmented reality, in een tijd waarin dataverzameling en -analyse steeds verder toenemen, is het accentueren van bepaalde aspecten van de fysieke wereld. Dit helpt om deze beter te begrijpen en om bruikbare, inzichtelijke informatie te genereren die direct toepasbaar is in de praktijk.



*Figuur 2: voorbeeld augmented reality
(What Is Augmented Reality?, 2020)*

2.1.3 Wat is VR?

Virtual reality (VR) is een computertechniek waarbij het lijkt alsof je in een andere werkelijkheid bent.

Binnen virtual reality kunnen we verschillende soorten VR-installaties onderscheiden: desktop virtual reality, immersive virtual reality (IVR) of HMD (Head-Mounted Display) virtual reality en CAVE-VR (Cave Automated Virtual Environment), ook soms immersieve ruimte genoemd.

Bij IVR wordt via een speciale VR-bril (de HMD) de zichtbare werkelijkheid simpelweg vervangen door computergegenereerd beeld. De bril bevat namelijk een beeldscherm en sluit je zicht op de buitenwereld af. Doordat je ogen elk een eigen beeld zien, dat licht van elkaar verschilt, zie je diepte in de virtuele omgeving. Met andere woorden: je kijkt dan in 3D. (*Wat is Virtual Reality?*, z.d.)



*Figuur 3: Voorbeeld virtual reality
(Virtual Reality in Vocational Education, 2022)*

De belangrijkste factor die een VR-leersessie via HMD en CAVE onderscheidt van een VR-sessie via een desktopcomputer, is de mate van immersie. Immersie is een objectieve maatstaf voor de levendigheid van een systeem en de mate waarin het systeem in staat is de buitenwereld buiten te sluiten.

2.1.4 Wat is MR?

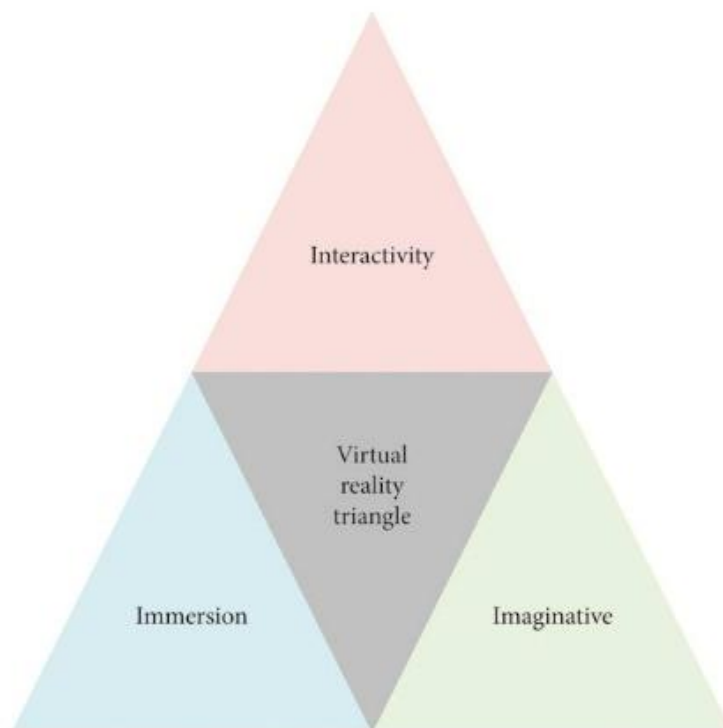
Mixed reality (MR) is een opkomende technologie waarin virtual reality en augmented reality worden gemengd (*Wat is mixed reality?*, z.d.).

Het integreert de fysieke en virtuele wereld op een soepele manier, waardoor een hybride omgeving ontstaat waarin digitale en realistische elementen gelijktijdig aanwezig zijn en direct met elkaar kunnen samenwerken.

2.1.5 De virtual reality driehoek

Martín-Gutiérrez et al. (2017) geven aan dat elk VR-systeem bestaat uit drie kernaspecten.

Deze drie kernaspecten vormen samen de virtual reality driehoek (zie Figuur 4), die een belangrijk aspect vertegenwoordigt binnen de technologie. In de literatuur wordt deze ook benoemd als het 3I concept.



Figuur 4: The triangle of VR technology.

(The Triangle of VR Technology. | Download Scientific Diagram, z.d.)

1. Immersie (Immersion)

In virtual reality wordt immersie verwezenlijkt door de gebruikers volledig te omringen met virtuele technologieën en apparaten. Zo kan er gebruik gemaakt worden van bijvoorbeeld virtuele brillen, omgevingsgeluid, handschoenen of controllers met bewegingssensoren, elementen die zintuiglijke prikkels creëren en sensoren die de gebruikers in staat stellen om een interactie te maken met de virtuele wereld zoals in de echte wereld (Martín-Gutiérrez et al., 2017). Aanvullend geven Wohlgenannt et al. (2020) aan dat de hedendaagse VR-technologie meestal bestaat uit head-mounted displays (HMD's), veelal VR-headseats genoemd, die de gebruikers in staat stellen om zich onder te dompelen in een virtuele wereld door het uitsluiten van de echte wereld.

Immersie wordt in de literatuur omschreven als “een bewustzijnstoestand waarin het bewustzijn van iemands fysieke zelf en omgeving is verminderd of onbestaande is, en iemand zijn ervaring in de virtuele wereld extreem verhoogd en schijnbaar fysiologisch belichaamd wordt” (Psotka, 2013).

2. Interactie (Interactivity)

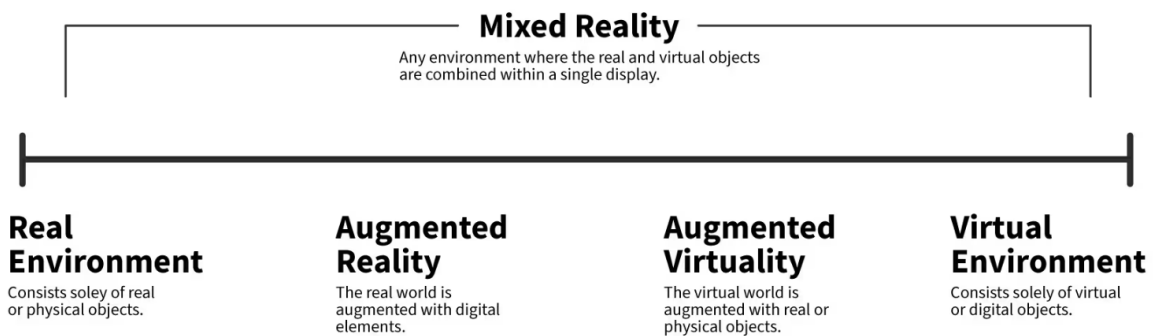
Real time interactie in VR is nodig opdat gebruikers de ervaring als geloofwaardig zouden waarnemen. Deze interactie zorgt ervoor dat gebruikers onmiddellijke feedback krijgen op de bewegingen, posities en gewaarwordingen die ze in de virtuele wereld maken. Deze snelle feedback zorgt ervoor dat de gebruikers direct kunnen reageren en ook commando's kunnen geven aan het systeem zelf. Die commando's kunnen doorgegeven worden aan het systeem via trackers, handschoenen, toetsenborden of een ander invoerapparaat dat de reacties van de gebruikers in de echte wereld simuleert (Martín-Gutiérrez et al., 2017).

3. Verbeelding (Imagination)

Het laatste kernaspect, verbeelding, slaat op het feit dat de uitvoerende apparatuur een realistische illusie moet scheppen. De hard- en software moeten in staat zijn om gedetailleerde en realistische scenario's weer te geven en moeten ook kunnen omgaan met geometrie, textuur en fysieke modellen om geloofwaardig over te komen (Martín-Gutiérrez et al., 2017)

2.1.6 Het realiteit-virtualiteitscontinuüm

Het realiteit-virtualiteitscontinuüm werd in 1994 voorgesteld door Milgram en Kishino (Milgram en Kishino, 1994). Het geeft het volledige spectrum weer van technologische mogelijkheden tussen de volledig fysieke wereld of de reële omgeving en de volledig digitale wereld of virtuele omgeving, zie Figuur 5.



Figuur 5: het realiteit-virtualiteitscontinuüm volgens Milgram en Kishino

(What Is the Virtuality Continuum?, z.d.)

- De reële omgeving bestaat enkel uit echte of fysieke objecten en staat helemaal links op het continuüm.
- Augmented reality: de reële wereld wordt verrijkt ('augmented') met digitale elementen.
- Augmented virtuality: de virtuele wereld wordt verrijkt door het insluiten van echte of fysieke objecten.
- De virtuele omgeving bestaat enkel uit digitale objecten en staat helemaal rechts op het continuüm.

Het is belangrijk dat de componenten van het realiteit-virtualiteitscontinuüm niet verward worden met de verschillende XR-technologieën. Het realiteit-virtualiteitscontinuüm is een theoretisch kader dat definieert wat de verhouding is van reële elementen tegenover digitale elementen in verschillende toepassingen (Milgram en Kishino, 1994).

2.1.7 Immersieve leerervaringen

Immersieve technologie is een verzamelnaam voor technologieën waarmee iemand in een ervaring wordt ‘ondergedompeld’. Alle zintuigen worden namelijk aangesproken. Virtual reality (VR), augmented reality (AR) en mixed reality (MR) zijn verschijningsvormen van immersieve technologie (Abbas Shah et al., 2024).

Immersief leren is een ervaringsgerichte leermethode die toepassingen van XR gebruikt om realistische scenario’s na te bootsen en leerlingen of studenten, of medewerkers in een bedrijf, op te leiden in een veilige en boeiende, immersieve omgeving. Immersief leren combineert XR-technologie met leertheorieën, datawetenschappen en ruimtelijk ontwerp om de effectiviteit van het leren en de betrokkenheid van de gebruiker te verhogen (Concannon et al., 2019).

Aan de basis van immersief leren ligt tientallen jaren neurowetenschappelijk onderzoek, waaruit bleek dat de hersenen XR-ervaringen net zo ervaren als het echte leven. Met andere woorden: prestaties in een virtuele leeromgeving zijn een goede indicator van prestaties in een echte leefomgeving (Boel, 2024).

Als de verschillende XR-toepassingen met elkaar worden vergeleken, dan bekom je de hoogste graad van immersie met immersive virtual reality (IVR). In vergelijking met desktop VR, die gebruik maakt van traditionele computerschermen zorgt IVR voor een allesomvattende ervaring (Makransky en Petersen, 2021). Deze verhoogde vorm van immersie speelt een belangrijke rol in het onderscheiden van IVR van andere VR-technologieën en beïnvloedt daarom ook in belangrijke mate de leerresultaten wanneer deze technologie toegepast wordt in het onderwijs.

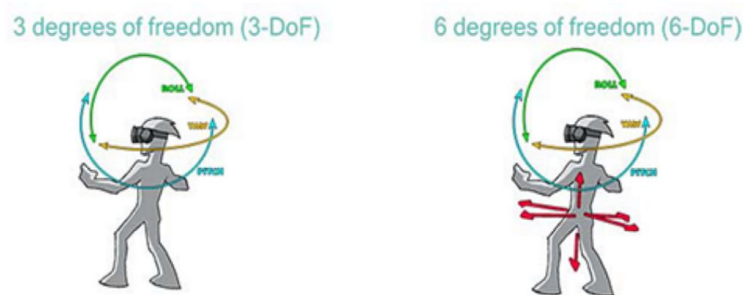
In deze masterproef gaan we ons daarom beperken tot het onderzoek en evaluatie van IVR in het onderwijs.

2.2 Hardware en software

2.2.1 Hardware voor immersieve technologie

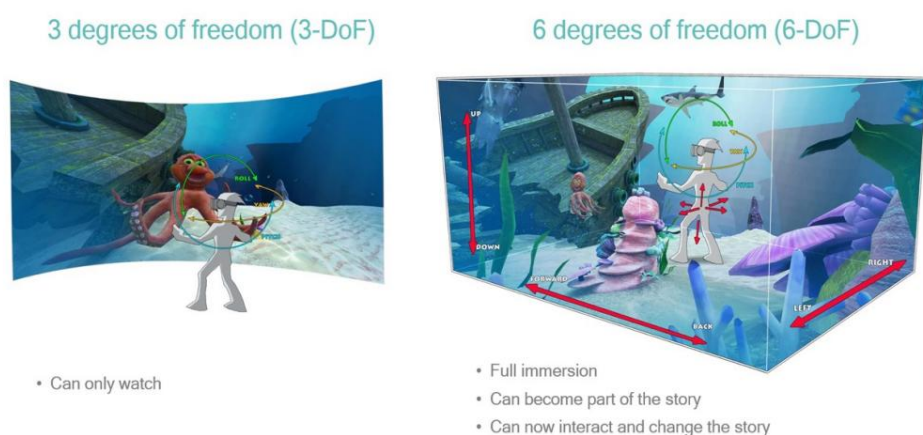
De hardware voor een IVR-ervaring bestaat meestal uit een headset. Dit wordt ook head-mounted display of kortweg HMD genoemd. Deze HMD's kunnen draadloos zijn maar ook een fysieke verbinding maken met een computer. Een goede headset bevat allerlei sensoren, zoals camera's die naar je eigen gezicht maar ook naar de omgeving kijken.

Er zijn twee types van VR headsets (Boel, 2024): 3dof en 6dof. 3dof IVR headsets kunnen enkel rotatiebewegingen van het lichaam volgen terwijl de 6dof headsets ook translatiebewegingen (vooruit, achteruit, zijwaarts en verticaal) kunnen volgen, zie Figuur 6. 3dof iVR toepassingen worden dus meestal in staande of zittende positie gebruikt, terwijl 6dof iVR volledig interactieve ervaringen toelaat, waarin je ook echt fysiek kan wandelen.



Figuur 6: 3 vs 6 degrees of freedom

(Advancing Inside-out Motion Tracking for Immersive Mobile VR | Qualcomm, z.d.)



Figuur 7: Level of immersion on degrees of freedom

(Advancing Inside-out Motion Tracking for Immersive Mobile VR | Qualcomm, z.d.)

Terwijl bij AR de buitenwereld nog zichtbaar is, is bij IVR de gebruiker helemaal afgesloten van de buitenwereld. De bediening van het toestel kan dan met oog- en hoofdbewegingen, met handcontrollers of met andere extra's gebeuren. Bij MR komt de fysieke wereld als het ware door de virtuele ervaring heen. We zeggen dat de HMD's in dat geval een passthrough-optie bieden.

Bij AR is de mate van interactie tussen de echte en de virtuele wereld lager. Er wordt dan enkel een laag over de fysieke wereld heen gelegd en dit kan ook al met een smartphone of tablet.

2.2.2 Software voor immersieve technologie

Welke hardware je ook gebruikt om een (leer)ervaring tot stand te brengen, er moet altijd software op worden gedraaid. Er zijn ondertussen veel voorbeelden van de inzet van IVR, niet enkel voor het spelen van games maar zeker ook voor het aanleren van bepaalde vaardigheden. Veel bedrijven hebben zich toegelegd op het ontwikkelen van zulke, soms zeer specifieke, software.

In deze masterproef zal verder niet dieper worden ingegaan op hardware en software voor IVR-toepassingen. Deze evolueren immers heel snel. Daarom wordt hier verder ingegaan op de theoretische basis die aan de grondslag ligt van het gebruik van IVR in het onderwijs.

2.3 IVR in het onderwijs

2.3.1 Virtual reality als veelbelovende tool in het onderwijs

Het is belangrijk om in de eerste plaats te vermelden dat virtual reality oorspronkelijk niet is ontwikkeld om gebruikt te worden als pedagogisch hulpmiddel in de zin van het ondersteunen, begeleiden, of faciliteren van onderwijs- en leerprocessen. Nochtans is er ondertussen veel bestudeerd en beschreven over het gebruik van virtual reality in het onderwijs (Boel, 2024).

Virtual reality laat toe dat gebruikers ervan participeren in echte simulaties en virtuele exploraties, die onmogelijk of veel te riskant zouden zijn in het echte leven (Grenier et al., 2015). Zo kunnen er voor aardrijkskundelessen reizen worden gemaakt die in het echt nooit mogelijk zouden zijn (Lee et al., 2017) en kunnen er allerlei medische procedures worden aangeleerd, die in het echt te risicovol zouden zijn om zomaar op levende patiënten te kunnen oefenen (Freina en Ott, 2015).

VR is bovendien zeer geschikt voor afstandsonderwijs: de geografische locatie van de studenten is niet van belang en studenten kunnen via afstandsonderwijs toegang krijgen tot cursusmateriaal en diensten van toonaangevende instellingen wereldwijd (Li P et al., 2022).

Virtual reality is een goed middel om het ervaringsgericht leren van leerlingen en studenten naar een hoger niveau te tillen. Bovendien is de wereld virtueel ervaren ook een effectieve en efficiënte manier om vaardigheden te oefenen in een educatieve setting (Concannon et al., 2019).

Vooraf voor beroepsgerichte opleidingen, waarin vaardigheden een belangrijke rol spelen, wordt er verondersteld dat er veel mogelijkheden weggelegd zijn voor VR (Thomann et al., 2024). Het biedt immers mogelijkheden om studenten betrokken en gemotiveerd te krijgen en te houden, om vaardigheden in een kortere tijd aangeleerd te krijgen, om minder (soms kostbaar) materiaal te moeten gebruiken, om gevaarlijke situaties te vermijden en om uiteindelijk betere leerresultaten te behalen. Ook al wordt er momenteel heel veel onderzoek gedaan naar de effectiviteit van VR voor beroepsgerichte opleidingen, toch ligt er ook nog heel wat potentieel dat verder onderzocht moet worden (Boel, 2024).

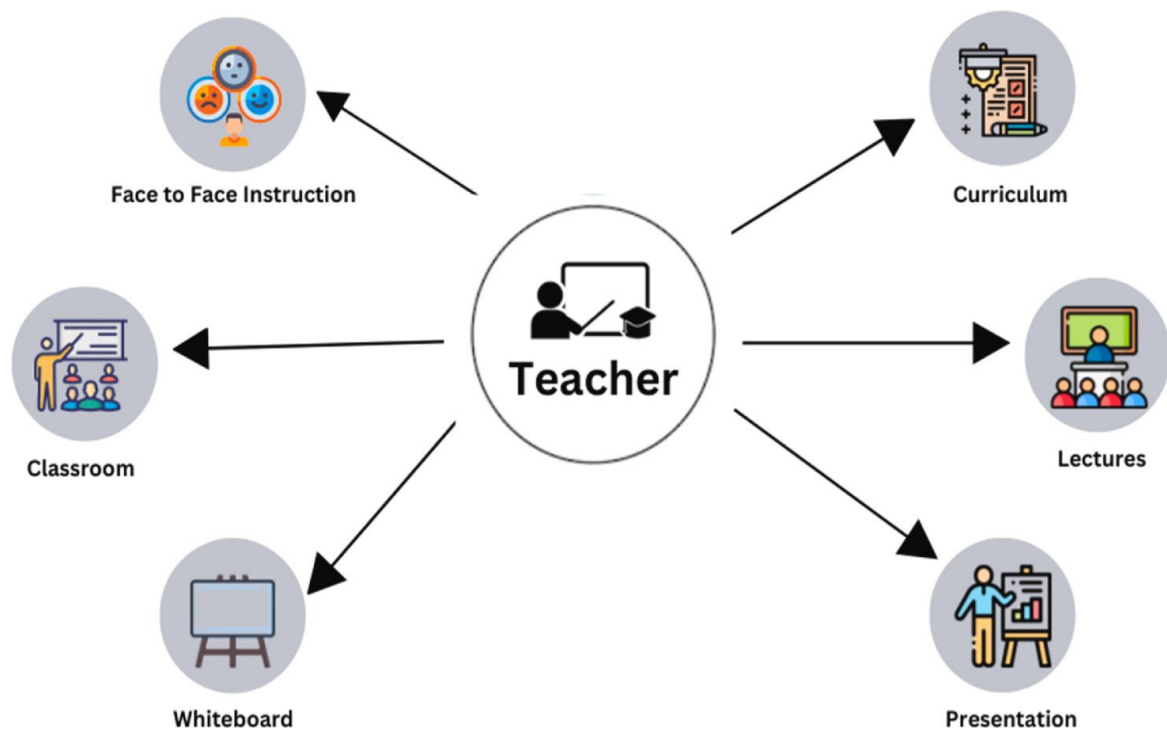
Om te starten is het zeer belangrijk om te benadrukken dat VR op zich eigenlijk niets meer is dan een leermiddel, net zoals handboeken en een krijtbord dat zijn. Dit betekent dat het niet de virtual reality zelf is, maar wel de instructiemethodes, ingebed in de toepassing die invloed hebben op de leeractiviteiten (Clark, 1994). Instructiemethodes bieden verschillende praktische procedures aan die rekening houden met hoe mensen leren en met de omstandigheden waaronder leren gebeurt (Makransky en Petersen, 2021). Om VR op een efficiënte manier als leermiddel te kunnen inzetten in het onderwijs, is er dus een geschikt model nodig om een geschikte leeromgeving te ontwerpen.

Toch blijft de vermelding van leertheorieën die van belang zijn in virtual reality toepassingen voor het onderwijs vaak nog onderbelicht. Radianti et al. (2020) beschrijven in een uitgebreid overzichtsartikel dat 68% van de 38 door hen bestudeerde wetenschappelijke artikelen over VR geen expliciete melding maakten van een leertheorie als hun theoretische basis. De ontwikkeling van de VR-toepassingen werd wel uitgebreid beschreven maar de evaluatie focuste hoofdzakelijk op de gebruiksvriendelijkheid ('usability'). De artikelen die de ontwikkeling van de VR-toepassing wel in de diepte bestudeerden en leertheorieën vermelden, gaven dan weer geen informatie over de behaalde leerresultaten. Ten slotte waren er ook artikelen die de onderliggende theorieën wel vermeldden maar dan niet gedetailleerd rapporteerden over de technische ontwikkeling van de toepassing.

Abbas Shah et al. (2024) vergelijken traditionele leermethodes met VR-leermethodes. Traditionele leermethodes stellen de docent centraal; hij fungeert als de belangrijkste bron van kennis en begeleiding, hij doceert, presenteert de materialen en faciliteert het leerproces. Deze methodes spelen zich hoofdzakelijk af in fysieke klaslokalen, waar een kritische rol is weggelegd voor interpersoonlijke communicatie tussen de docent en de student. Het curriculum is gestructureerd en is vooraf vastgelegd volgens een duidelijk schema van onderwerpen en middelen.

Traditionele leermethodes maken meestal slechts beperkt gebruik van technologische tools en online leermiddelen. Ze leiden vaak tot eerder passief leren, waarbij studenten vooral luisteren, handboeken lezen en notities nemen; actieve participatie, kritisch denken en het bekomen van een dieper inzicht in de leerinhoud is vaak eerder beperkt (Tolman et al., 2023). Bovendien vallen deze methodes heel erg terug op fysieke middelen zoals uitgeprinte syllabi, en is er weinig toegang tot recente en real time-informatie via digitale kanalen (Tao et al., 2019).

In de meeste hogescholen en universiteiten wordt moeite gedaan om online cursussen te ontwikkelen die het maximum proberen te halen uit de alom gebruikte digitale leeromgevingen, video-overleg en andere digitale tools die communicatie en samenwerking mogelijk maken (Fatani, 2020). Blended learning dat face-to-face en digitale communicatie met elkaar combineert, is een veelbelovende manier om tegemoet te komen aan de diverse leernoden van vandaag en aan het verbeteren van leerprestaties (Daskan et al., 2020). Het integreren van meer online educatie verhoogt de flexibiliteit en geeft studenten de kans om meer op hun eigen tempo te leren en om contacten te leggen met medestudenten en docenten van over de hele wereld, wat uiteindelijk leidt tot een rijkere educatieve ervaring door culturele uitwisseling en gezamenlijke inspanningen (Hilliker, 2020).

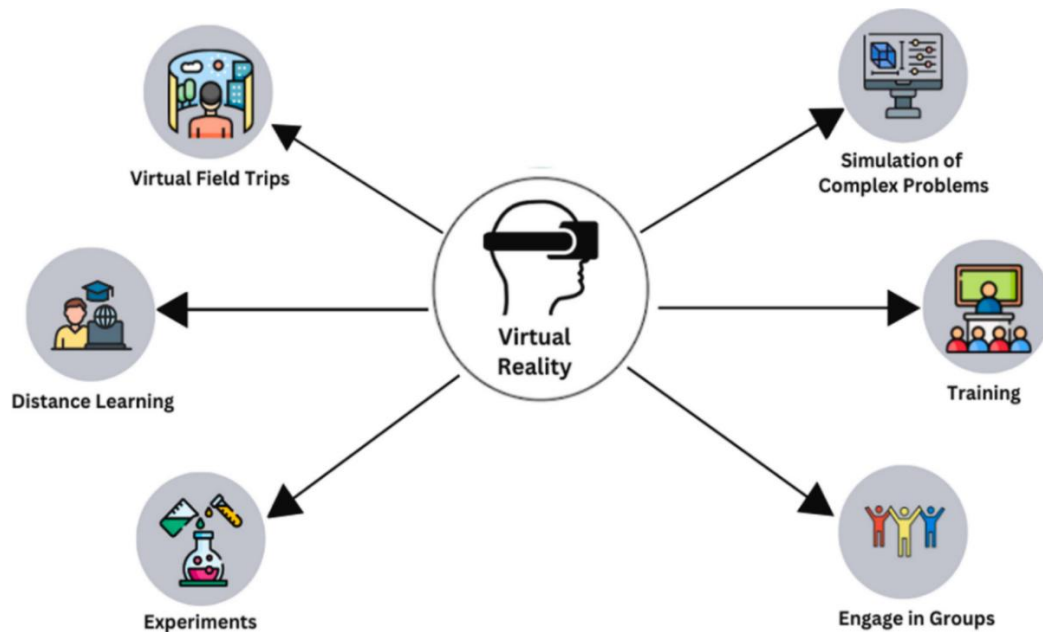


*Figuur 8: Traditionele leermethodes, media en werkvormen in leeromgevingen
(Integrating educational theories with virtual reality: Enhancing engineering education and VR
laboratories - ScienceDirect, z.d.)*

VR-leermethodes bieden volgens Abbas Shah et al. (2024) belangrijke voordelen, waaronder meer aandacht voor samenwerking, het beter vastzetten van informatie en de kans om vaardigheden uit de reële wereld te oefenen in een virtuele setting (Pellas et al., 2020). Door het creëren van interactieve en immersieve omgevingen, dompelt VR-technologie de studenten onder in complexe simulaties en hands-on training in verschillende disciplines. Zo kan VR bijvoorbeeld een laboratoriumomgeving simuleren die studenten in staat stelt experimenten uit te voeren en hun vaardigheden in wetenschappelijke procedures te verfijnen zonder last te hebben van de beperkingen van een echt laboratorium (Al-Azawi, 2018).

Verder maakt VR het samenwerkend leren gemakkelijker door studenten samen te brengen in een virtuele ruimte, waar ze kunnen samenwerken aan projecten, problemen oplossen en met elkaar in discussie gaan, ongeacht de fysieke locatie waar ze zich bevinden (Ogbuanya et al., 2018). Een onderzoek aan de University College London onderzocht de impact van VR op academische prestaties en de betrokkenheid van studenten bij wetenschapsonderwijs. Men vond dat studenten die VR-simulaties gebruiken, kennis significant beter vasthielden en dat hun niveau van betrokkenheid veel hoger was dan bij studenten die dezelfde leerstof via traditionele instructiemethodes aangeboden kregen (Fertleman et al., 2018). 3D VR-technologie laat studenten toe abstracte concepten te visualiseren en ermee te interageren waardoor moeilijke onderwerpen toegankelijker en beter te begrijpen worden. Via interactie met virtuele objecten, modellen en data krijgen studenten een beter inzicht in het te bestuderen onderwerp.

Experimenten hebben aangetoond dat VR kansen biedt voor een vorm van ervaringsgericht leren die het leren in de echte wereld heel dicht benadert. Daardoor versterkt het het belang van hands-on activiteiten in het onderwijs (Schöne et al., 2019)



Figuur 9: VR leermethodes, media en werkvormen, inclusief toepassingen in virtuele en face-to-face-sessies

(Integrating educational theories with virtual reality: Enhancing engineering education and VR laboratories - ScienceDirect, z.d.)

2.3.2 Doelstellingen voor het gebruik van IVR in het hoger onderwijs

Radianti et al. (2020) konden 18 verschillende domeinen identificeren waarin VR-toepassingen in het hoger onderwijs gebruikt worden. Dit moet er op wijzen dat er grote interesse is in het gebruik van VR, vooral in de domeinen van ingenieurs- en computerwetenschappen. Ze waarschuwen echter ook dat er voorzichtig moet omgesprongen worden met deze vaststelling omdat de meeste van de in hun review bestudeerde artikelen geen ervaring of lessons learned vermelden van de implementatie van VR in echte cursussen van universiteiten of hogescholen. De meeste rapporteerden enkel over het ontwikkelingsproces of over het mogelijke gebruik van VR-gebaseerd leren.

Concannon et al. (2019) somden in een onderzoek van 119 rapporten van relevant onderzoek een aantal belangrijke doelen op voor het gebruik van IVR in het hoger onderwijs:

1. Vaardigheidstraining

Dit doel resulteert in een virtuele omgeving die zich richt op de ontwikkeling van kennis en de verbetering van de competenties voor een specifieke taak. Voor de vaardigheidstraining is het mogelijk om ook interactie tussen docent en student op te nemen.

2. Gebruiksgemak ('convenience')

Sommige virtuele omgevingen richten zich op het verminderen van de moeilijkheden en/of middelen die nodig zijn om dezelfde vaardigheid in de echte wereld te trainen. Het gaat hier over factoren als tijd, plaats en kosten. Een IVR-systeem dat focust op tijd maakt bijvoorbeeld kansen vrij voor gebruik van een lab waarvoor de beschikbaarheid voor elke student beperkt is en waar er in de realiteit ook tijd moet uitgetrokken worden voor voorbereiding en schoonmaak na het uitvoeren van de experimenten. Voor de focus op plaats gaat het dan bijvoorbeeld over VR-systemen die toelaten om meerdere gebruikers met elkaar te laten interageren terwijl ze zich op volledig andere geografische plaatsen bevinden of die een soort draagbaar systeem voorzien dat training mogelijk maakt op om het even welke locatie. Voor focus op kosten kan het bijvoorbeeld gaan over een trainingssysteem voor chirurgische vaardigheden.

3. Betrokkenheid

Deze doelstelling richt zich op het inzetten van virtuele omgevingen die de gebruiker aanmoedigen om de aangeboden leerstof te willen studeren. Deze doelstelling gaat uit van virtuele omgevingen die de interesse van de gebruiker opwekken en dat onder meer doen door de typische karakteristieken van VR: interactie, immersie en verbeelding. Het nastreven van deze doelstelling moet ervoor zorgen dat de gebruiker zich betrokken voelt in zijn leerproces, meestal doordat hij uitdagingen aangeboden krijgt of door interactieve elementen binnen de virtuele omgeving.

4. Veiligheid

Een virtuele omgeving die focust op veiligheid kan een van de volgende aspecten omvatten:

- Het oefenen van bewustzijnsvaardigheden die nodig zijn om de kans op ongevallen te verkleinen.
- Het oefenen van technische of niet-technische vaardigheden die nodig zijn om met uitzonderlijke situaties om te gaan.
- De vaardigheid om met virtuele objecten die in de reële wereld te gevaarlijk zijn, om te gaan.

Sommige virtuele omgevingen laten opzettelijk toe dat bepaalde acties nadelige of schadelijke gevolgen hebben in de virtuele wereld om op die manier gebruikers op een veilige manier te laten leren uit fouten die in de reële wereld apparatuur laten stuk gaan of, nog erger, menselijk leed veroorzaken. Onderdelen van gevaarlijke apparatuur kunnen in de virtuele wereld ook volledig blootgelegd worden zodat studenten alle onderdelen van een toestel in werking kunnen bestuderen (Potkonjak et al., 2016).

5. Highlighting

Deze doelstelling focust op virtuele omgevingen die de nadruk leggen op specifieke sleutelementen en variabelen die gebruikers aanvullende informatie aanbieden. Het aanbrengen van highlights is typisch voor maar niet exclusief toegepast in AR. Het kan ook zorgen voor kwantitatieve feedback aan gebruikers op basis van hun prestatie bij specifieke taken binnen de virtuele wereld.

6. Interactiviteit

Alhoewel er veel IVR-systemen bestaan waarvoor de nadruk ligt op interactie, probeert een simulatie die interactiviteit als hoofddoelstelling heeft, de virtuele omgeving zo waarheidsgetrouw mogelijk te laten aanvoelen. Interactiviteit zorgt er ook voor dat een gebruiker zelf optimale controle kan uitoefenen, door ervoor te zorgen dat het systeem snel en accuraat reageert op input van de gebruiker.

IT-ingenieurs bekijken interactiviteit vooral vanuit het perspectief van de hardware: ze proberen de vertragingstijd te verminderen om gegevens van de ene naar de andere locatie te verplaatsen, ze verhogen de processorsnelheid van de computer of ze verbeteren tracking van bewegingen.

7. Teambuilding

Een virtuele omgeving die focust op teambuilding kan één of alle van de volgende factoren bevatten:

- De beoefening van technische en niet-technische vaardigheden in een groep van studenten zodat ze bekwaamheid kunnen verwerven in een bepaalde vaardigheid voordat ze die in het echt moeten uitvoeren.
- Het bevorderen van samenwerking in een team tijdens productie en planning.

8. Suggestie

Deze doelstelling is gericht op het gebruik van IVR om de attitude van de gebruiker tegenover een gemeenschap, een culturele beweging of een dienst te verbeteren. Onderzoekers constateerden dat IVR in staat is om enthousiasme voor het leren te stimuleren door de manier te veranderen waarop ze over bepaalde standpunten denken, bijvoorbeeld door het aanleren van communicatiestrategieën om het standpunt van mensen over vaccinaties bij te sturen (Real et al., 2017).

2.3.3 Nood aan theoretische omkadering

Terwijl opkomende technologieën de voorbije jaren geleid hebben tot de ontwikkeling van heel wat VR-leertoepassingen, missen deze toepassingen heel vaak nog een grondige aanpak op gebied van instructie. Daardoor worden met deze toepassingen de beoogde competenties vaak onvoldoende bereikt. De leerprocessen of theorieën en modellen die de basis vormen voor de VR leerscenario's worden meestal ook niet vermeld (Radianti et al., 2020).

Onderzoek naar VR wordt nog heel vaak aangestuurd door de technologie en legt vaak de klemtoon op anekdotes, case studies en demonstraties van technische prototypes. De laatste jaren komt daar stilaan wel verandering in met de opkomst van theoretische modellen over leren met VR (Zie 2.4.1 CAMIL op pagina 23 en 2.4.2 TPACK-model op pagina 35). Deze theorieën focussen minder op de technische aspecten van het medium maar meer op de onderliggende leerprocessen.

Abbas Shah et al. (2024) vertrokken vanuit de kloof die bestaat tussen de integratie van leertheorieën en immersieve technologieën. Ze gingen ervan uit dat het zoeken van een duidelijke basis in grondig uitgewerkte en bestudeerde theoretische kaders de effectiviteit en relevantie van VR-toepassingen sterk kunnen verhogen, onder meer door het ondersteunen van actief leren, gepersonaliseerde feedback en interactieve simulaties. Het uiteindelijke doel is dan uiteraard het verbeteren van de leerresultaten.

Volgens dezelfde auteurs kunnen er tal van problemen ontstaan bij VR-toepassingen die niet ontwikkeld zijn met een leertheorie in gedachte. Deze problemen hebben een negatief effect op de effectiviteit en de kwaliteit van de leerervaring in zijn geheel. Inzicht in leertheorieën is cruciaal voor educatoren omdat ze een basis bieden voor effectieve leermethodieken, leermaterialen en evaluatietools. Als leerkrachten weten hoe mensen leren, kunnen ze hun instructies aanpassen aan de unieke noden van elke student en zo diepere leerervaringen mogelijk maken. Bovendien stelt de kennis van leertheorieën leerkrachten in staat om boeiende leeromgevingen te creëren die de betrokkenheid, de motivatie en de prestaties van de studenten verbeteren.

Volgens Maroukakis et al. (2023) verwijzen leertheorieën naar kaders die uitleggen hoe mensen competenties (kennis, vaardigheden en attitudes) verwerven. Ze zijn gericht op het krijgen van inzicht in leerprocessen en de verschillende factoren die deze leerprocessen beïnvloeden. Er zijn diverse leertheorieën waaronder behaviorisme, cognitivism, constructivism, humanisme en nog heel wat andere.

Het ontwerpen van effectieve VR-gebaseerde leerervaringen steunt hoofdzakelijk op het erin verwerken van leertheorieën (Abbas Shah et al., 2024). Met de vooruitgang van VR-technologie, wordt het hoe langer hoe belangrijker voor educatoren om te begrijpen hoe ze leertheorieën effectief kunnen toepassen in het ontwerpen van VR-gebaseerde leerervaringen. Tegelijk is het nodig om kritisch te evalueren waar VR-technologie vandaag staat en ook de nadelen ervan te kennen, om zo een beter begrip te krijgen van de gevolgen en de uitdagingen.

Ook Houben et al. (2023) startten hun onderzoek naar de meerwaarde van IVR voor het verwerven van procedurele praktische kennis vanuit de vaststelling dat de manier waarop een IVR-toepassing wordt vormgegeven en waarop de leerinhoud wordt aangeboden, niet eenvoudig is: ze vermelden dat zelfs kleine aanpassingen een aanzienlijk effect kunnen hebben op de leerresultaten (Wolfartsberger et al., 2023) en dat volgens het IVR-model (CAMIL) van Makransky en Petersen (2021) (zie 2.4.1 CAMIL op pagina 23), het niet het IVR-medium zelf is die in meer of minder leren resulteert, maar wel de gebruikte instructiemethode waarbij de unieke mogelijkheden van het medium mogelijk worden gemaakt.

2.4 Theoretische kaders voor leren met IVR

2.4.1 CAMIL

CAMIL staat voor Cognitive Affective Model of Immersive Learning. Dit model, uitgewerkt door Makransky en Petersen (2021) voorziet een op onderzoek gebaseerd kader voor het proces van leren in een immersieve omgeving. Alhoewel er ontelbaar veel mogelijke factoren zijn die een immersieve leerervaring kunnen beïnvloeden, probeert het CAMIL-kader de belangrijkste te definiëren binnen het domein van leren met immersieve technologie. Alhoewel CAMIL relevant is voor alle bestaande en toekomstige immersieve technologieën en niet aan één specifieke technologie gebonden is, is het meeste onderzoek hierrond toch gevoerd op basis van IVR (met HMD) vooral omwille van de breed verspreide beschikbaarheid van deze technologie.

IVR laat toe dat hoofd en positie van de gebruiker gevolgd worden tijdens de ervaring en kan bovendien voor elk oog een ander beeld weergeven, wat visuele signalen creëert voor dieptezicht. IVR vergroot ook het visuele gezichtsveld in vergelijking met een monitor. Deze factoren zijn belangrijk om de types van leerervaringen te bepalen die baat hebben bij IVR en zijn essentieel in het bepalen hoe leerinhoud voor IVR moet ontworpen worden.

Een andere bepalende factor van een IVR-leerervaring in vergelijking met meer traditionele multimediale lessen, bv. met video of PowerPoint, is de mate van mogelijke interactie.

Interactie is een specifiek kenmerk van een IVR-les die ook verband houdt met de vrijheid die de lerende krijgt om de leerervaring zelf in de hand te nemen. Verder is er ook nog de getrouwheid ('fidelity') - de overeenstemming tussen daadwerkelijke bewegingen en de corresponderende visuele feedback - waarmee die controle kan worden uitgeoefend.

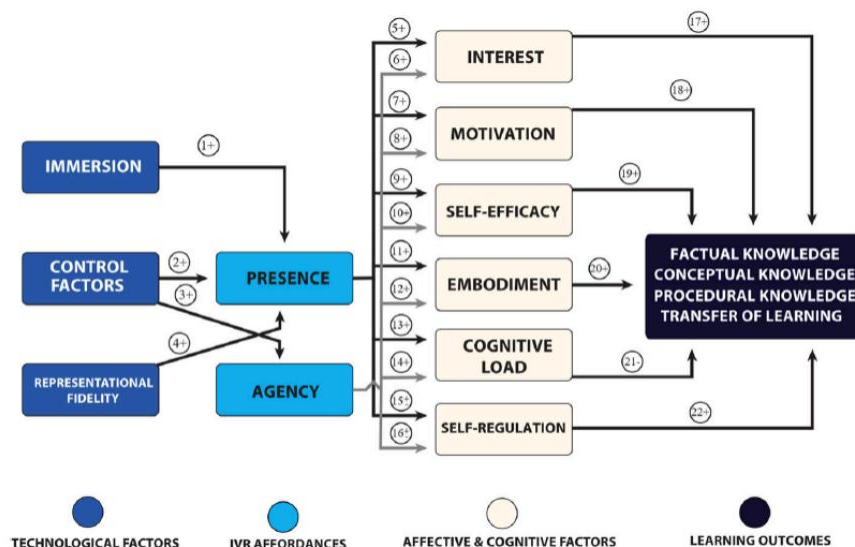
Aangezien immersie en interactie de belangrijkste eigenschappen zijn die IVR onderscheiden van minder immersieve media zoals desktop VR, video's of powerpointlessen, is het belangrijk te begrijpen als en hoe een immersieve leerervaring het leren kan beïnvloeden.

CAMIL biedt een veranderingsmodel dat beschrijft dat niet het medium van IVR zelf leidt tot meer of minder leerwinst, maar dat de instructiemethode die wordt gebruikt in een IVR-les juist effectief is wanneer die inspeelt op de unieke mogelijkheden van het medium. Met andere woorden: interactie en immersie zijn beperkt bij lessen die worden aangeboden via video of PowerPoint, maar zijn sterker aanwezig bij IVR of andere bestaande/toekomstige immersieve technologieën. De aanwezigheid en handelingsvrijheid van studenten — psychologische concepten die voortkomen uit immersie en interactie — zullen over het algemeen hoger zijn bij gebruik van immersieve media. Dit betekent dat instructiemethoden die het leren verrijken door een grotere mate van aanwezigheid ('presence') of handelingsvrijheid ('agency'), het leerproces specifiek zullen versterken via immersieve technologie.

2.4.1.1 Overzicht van CAMIL

- Het algemene theoretische kader van het model suggereert dat motiverende methodes en leerstrategieën, ontwikkeld op basis van onderzoek met minder immersieve media, ook van toepassing zijn op leren in IVR. CAMIL benadert dit echter vanuit het perspectief dat het medium en de methode met elkaar interageren. Deze visie erkent dat leermethoden van invloed zijn op leren, maar stelt dat bepaalde methoden meer of minder relevant zijn binnen IVR.
- De algemene kenmerken (affordances) van leren in IVR zijn aanwezigheid (presence) en handelingsvrijheid (agency).
- Het model beschrijft hoe deze kenmerken zes affectieve en cognitieve factoren beïnvloeden die een rol spelen bij immersief leren, waaronder interesse, intrinsieke motivatie, zelfeffectiviteit, belichaming, cognitieve belasting en zelfregulatie.
- Het model voorspelt hoe deze relaties samenhangen met verschillende leeruitkomsten.

Figuur 10 toont de factoren die deel uitmaken van het CAMIL-model en de verbanden tussen deze factoren. Het model is gebaseerd op eerder onderzoek van Makransky en Lilleholt (2018) en Makransky en Petersen (2019) die stellen dat affectieve en cognitieve factoren een rol spelen in immersief leren.



Figuur 10: Overview of the CAMIL

(Makransky & Petersen, 2021)

2.4.1.2 *Definitie van het begrip 'affordances'*

De term 'affordances' in technologie wordt soms vertaald als 'mogelijkheden', maar strikt gezien schiet deze vertaling toch tekort. Ze verwijst naar de mogelijke acties die een gebruiker kan uitvoeren met een apparaat of software. Het concept van affordances is afkomstig uit de psychologie en is geïntroduceerd door James J. Gibson in 1979, die het beschreef als 'wat het aanbiedt aan het dier, wat het voorziet of verschaft, hetzij ten goede of ten kwade' (Gibson, 1979). Terwijl Gibson verwijst naar het nut van een object, verwijst Norman naar een affordance als naar de objecten die worden beschouwd in staat te zijn om in dat nut te voorzien (Norman, 1999). Een deur bijvoorbeeld, wordt beschouwd als een object bedoeld om te openen, te sluiten en twee kamers van elkaar te scheiden, een wagen maakt transport mogelijk en een boek laat ons toe te lezen. Norman verwijst naar affordances als 'mogelijke verbanden tussen factoren en objecten: het zijn eigenschappen van de wereld.'

We kunnen verschillende soorten affordances bekijken. We bespreken eerst de technologische, functionele affordances, waarbij we aansluiten bij de definitie van Gibson. Daarna bekijken we educatieve affordances en bespreken we hoe leren en doceren als het ware kan getransformeerd worden door het gebruik van immersieve technologieën, in navolging van Normans 'waargenomen affordances' (Norman, 1999).

2.4.1.3 *Technologische affordances*

Verschillende onderzoeken hebben verwezen naar technologische affordances van 3D virtuele omgevingen. Makransky en Petersen (2021) benoemen drie belangrijke technologische factoren: immersie, controlefactoren en representatieve betrouwbaarheid. Zij definiëren immersie als de technologische functie van een IVR-systeem dat een virtuele wereld creëert en ervaart welke echt aanvoelt. Met controlefactoren bedoelen ze de mate van controle, de reactietijd van de controle en de manier waarop controle kan uitgevoerd worden. Representatieve betrouwbaarheid gaat over de echtheid van de weergave, de precisie van de weergave en de logica van het gedrag van het object. (Makransky & Petersen, 2021).

Ook al maken ze een onderscheid tussen immersie en representatieve betrouwbaarheid omdat IVR-systemen kunnen verschillen in niveau van immersie, ongeacht controlefactoren en representatieve betrouwbaarheid, kunnen we op basis van verschillende andere studies (bv. Coban et al., 2022; Dalgarno & Lee, 2010; Radianti et al. 2020; Suh & Prophet, 2018) representatieve betrouwbaarheid beschouwen als een onderdeel van immersie.

Omdat agency enkel bepaald wordt door controlefactoren, ongeacht immersie en representatieve betrouwbaarheid, houden we eraan vast dit als een aparte affordance te beschouwen in het CAMIL model (Makransky & Petersen, 2021)

Immersie

AR, MR en VR worden allemaal omschreven als ‘immersieve technologieën’, waarbij verwezen wordt naar de immersie van de gebruiker in een andere, virtuele wereld. De term immersie verwijst naar het psychologisch proces van betrokkenheid, dat een positief effect heeft op presence en flow (Suh en Prophet, 2018). Immersie verwijst ook naar de technologische mogelijkheid van XR technologie om een virtuele omgeving te creëren. (Slater & Sanchez-Vives, 2016).

Immersie is een objectieve maat, gekoppeld aan de technologische eigenschappen van het systeem, voor het creëren van een virtuele wereld en voor een ervaring die als echt beleefd wordt. Deze technologische eigenschappen zijn onder meer de representatieve betrouwbaarheid, een 360° beeld van de leeromgeving, een 3D-zicht van de virtuele omgeving, een eerstepersoonsperspectief, visuele aanwijzingen, auditieve en haptische prikkels (haptiek verwijst naar de perceptie van aanraking en druk op de huid) en het detecteren en opvolgen van beweging.

Afhankelijk van het type van XR technologie, kunnen verschillende niveaus van immersie bereikt worden. Over het algemeen wordt augmented reality beschouwd als de minst immersieve technologie, gevolgd door mixed reality en met virtual reality als de meest immersieve (Di Natale et al., 2020). Binnen VR, vinden we een hoger niveau van immersie bij IVR dan bij desktop virtual reality (Coban et al., 2022).

Controlefactoren

Controlefactoren verwijzen naar de mate waarin gebruikers technisch gezien controle kunnen uitvoeren over hun acties en over elementen in de virtuele omgeving (Johnson-Glenberg, 2019). Ze worden meestal gedefinieerd als een hoog niveau van gebruikersinteractie en de vrijheid om over 360° te besturen.

Controlefactoren zijn nauw verbonden met een gevoel van 'agency' bij de gebruiker, een term die kan gedefinieerd worden als 'het gevoel controle te hebben over de eigen acties' en van 'embodiment' waarmee wordt aangegeven in hoeverre de acties van de gebruiker natuurlijk aanvoelen, deels dankzij een virtuele weergave van het lichaam van de gebruiker. (Johnson-Glenberg et al., 2021).

2.4.1.4 *Immersieve virtual reality affordances*

Dit zijn de belangrijkste psychologische affordances van leren in IVR die centraal staan in CAMIL. Ze worden beïnvloed door de technologische affordances en kunnen op hun beurt tot leerresultaten leiden via de affectieve en cognitieve affordances.

Presence

Presence zou kunnen vertaald worden als 'het gevoel er te zijn' (IJsselsteijn en Riva, 2003).

Immersie en presence worden vaak door elkaar gebruikt. Nochtans is er een duidelijk onderscheid te maken tussen beide: presence kan gedefinieerd worden als de psychologische en emotionele reactie van de gebruiker op de immersie in de virtuele omgeving (Slater & Wilbur, 1997). Het verwijst naar de psychologische toestand van iemand die zich echt aanwezig voelt in de virtuele wereld (Radianti et al, 2020). Daarom kan presence beschouwd worden als een meer subjectieve maat, terwijl immersie een veel objectievere insteek behoudt.

Presence wordt vaak gekoppeld aan flow (Csikszentmihalyi, 1988), omdat ze allebei verwijzen naar volledige betrokkenheid van de gebruiker, naar 'zichzelf volledig verliezen' in de virtuele omgeving en alles daarrond vergeten.

Sommige auteurs maken ook nog een onderscheid tussen verschillende types van 'presence', zoals self-presence, spatial presence, social presence en emotionale presence (Johnson-Glenberg et al., 2021; Makransky & Petersen, 2021). Self-presence is het gevoel dat de gebruiker heeft dat zijn virtuele zelf echt is. Spatial presence verwijst naar een ruimtelijk bewustzijn van de gebruiker in de virtuele omgeving, dankzij de virtuele objecten en de aanwezige virtuele avatars. Social presence verwijst naar de sociale verbondenheid die een gebruiker voelt met andere deelnemers, of die nu virtueel (avatars) of echt (in multi-user toepassingen) zijn. Emotional presence ten slotte, verwijst naar de emoties van de gebruiker, teweeggebracht door de virtuele leerervaring, die als echt aanvoelen.

Agency

Agency verwijst naar het gevoel controle te hebben over de eigen acties, zowel in het stellen als in het bereiken van persoonlijke doelen (Johnson-Glenberg et al., 2019 en 2021). Hoe meer een gebruiker het gevoel heeft controle te hebben over hoe hij beweegt en interageert met de virtuele omgeving, hoe hoger het gevoel van agency dat opgewekt wordt. Aangezien een interactie met de virtuele omgeving, bijvoorbeeld het vastnemen van een virtueel object, enkel mogelijk is door een opzettelijke en betekenisvolle beweging van de gebruiker, zijn agency en embodiment nauw met elkaar verbonden.

2.4.1.5 *Affectieve en cognitieve affordances*

We definiëren 6 affectieve en cognitieve affordances die positieve effecten kunnen hebben op leerresultaten.

Embodiment

Zoals aangegeven door Johnson-Glenberg et al. (2021) is het niveau van embodiment recht evenredig met het niveau van agency die een gebruiker ervaart. Bij een IVR-ervaring geven gebruikers aan een gevoel van embodiment te hebben door de virtuele voorstelling van hun lichaam in de virtuele omgeving (Rauschnabel et al., 2022) en beïnvloed door de graad van interactiviteit en de natuurlijkheid van de interactie van de gebruiker met de virtuele omgeving. De embodiment van de gebruiker wordt verhoogd wanneer de interacties van de gebruiker met de virtuele objecten betekenisvol is (Johnson-Glenberg et al., 2021).

Embodiment en self-presence zijn nauw met elkaar verbonden omdat ze allebei kunnen verwijzen naar een gevoel dat het virtuele lichaam als echt aanvoelt, maar embodiment wordt eerder uitgelokt door betekenisvolle bewegingen in interactie met de virtuele inhoud, terwijl self-presence eerder verband houdt met een betrouwbare virtuele weergave van het lichaam. (Johnson-Glenberg et al., Makransky en Petersen, 2021).

Interesse

Makransky en Petersen (2021) definiëren interesse als situationele interesse, wat betekent dat het gaat over specifieke interesse in en meer willen weten over het onderwerp dat in de IVR-leerervaring aan bod komt. Verschillende onderzoeken over immersief leren hebben verwezen naar de positieve effecten van IVR op de interesse van de lerende. Makransky en Petersen stellen dat situationele interesse uitgelokt wordt door presence, omdat deze zorgt voor een zeer zintuiglijke en intense ervaring.

Intrinsieke motivatie

Intrinsieke motivatie – het verschil met extrinsieke motivatie wordt verder in deze thesis besproken in het kader van zelf-determinatietheorie – en interesse zijn nauw met elkaar verbonden want interesse is een onderdeel van de IMI. De IMI is een vragenlijst waarmee een leerkracht de motivatie van leerlingen voor een bepaald vak kan meten. De vragenlijst is gebaseerd op de Nederlandse vertaling door Meijer en Van Ek van de Intrinsic Motivation Inventory van Deci & Ryan en komt nog verder in deze thesis aan bod in het kader van de evaluatie van een IVR-toepassing voor het onderwijs.

Motivatie wordt door Deci en Ryan omschreven als ‘grotere aandacht voor en voltooiing van de taak, die leidt tot grote betrokkenheid en doorzettingsvermogen bij leeractiviteiten en maximaal conceptueel leren. Betrokkenheid kan gedefinieerd worden als de mate waarin een lerende een bepaald niveau van aandacht en nieuwsgierigheid in een bepaalde situatie aan de dag legt om uiteindelijk een gewenst resultaat te bekomen.

Er zijn verschillende onderzoekers die een significant positief effect gevonden hebben van immersieve virtuele realiteit op de motivatie van studenten (bv. Jiang en Fryer, 2023; Liu et al., 2024). Zij vergeleken IVR, met hoge niveaus van immersie en presence, met minder immersieve media zoals handboeken, powerpointpresentaties of 2D video, en vonden allemaal dat IVR zeer duidelijk betere resultaten vertoonde op gebied van motivatie dan andere instructieve media.

Motivatie kan het gevolg zijn van de hogere graad van interactiviteit, de hogere graad van flow die een gebruiker ervaart en de game- en narratief-gebaseerde benaderingen (Dalgarno & Lee, 2010). Bovendien worden de leerervaringen op een persoonlijke manier gepresenteerd, wat de motivatie nog meer verhoogt (Kavanagh et al., 2017). Flow kan gedefinieerd worden als ‘een toestand waarin iemand zo erg opgaat in een activiteit dat niets anders er nog toe lijkt te doen; de gebruiker beleeft de ervaring als zo aangenaam dat hij die blijft verderzetten, zelfs tegen een hoge kost, en louter om het pure plezier van het te doen (Csikszentmihalyi, 1990).

Deze toestand van het uit het oog verliezen van de omgeving, is dan weer nauw verbonden met het concept van presence, die in de hand wordt gewerkt door de immersieve aard van IVR. Wanneer een student een IVR headset draagt, is hij volledig afgesloten voor afleiding door de omgeving en is zijn aandacht volledig gericht op de inhoud van de IVR-toepassing. Bovendien neemt flow verder toe door het toevoegen van game-gebaseerde leerelementen die vaak gebruikt worden in IVR-leerervaringen.

Zelfeffectiviteit

Zelfeffectiviteit betreft het vertrouwen van een persoon in de eigen bekwaamheid om met succes invloed uit te oefenen op zijn of haar omgeving door een bepaalde taak te volbrengen of een probleem op te lossen, aldus Albert Bandura (1977), die de Self-Efficacy Theory (zelfeffectiviteit) heeft opgesteld. De zelfeffectiviteit van studenten nam significant toe na deelname aan een IVR-leerervaring (Andersen et al., 2022), wellicht versterkt door een hoge graad van embodiment en empathie (Shin, 2017).

Zelfregulatie

Ook voor positieve effecten van immersief leren op zelfregulerend leren zijn er bewijzen gevonden; deze zijn het gevolg van een hoog niveau van agency en de gepersonaliseerde aanpak van IVR leerervaringen. (Dalgarno & Lee, 2010). Zelfregulatie is het vermogen om goede keuzes te maken uit de eigen gedragsmogelijkheden en deze gedragingen zelf of samen met anderen te realiseren, evalueren en verbeteren. Het is een belangrijk concept omdat onderzoek heeft uitgewezen dat er een nauw verband is tussen zelfregulatie en succes in het leven. (Zimmerman, 2013).

Zelfregulerend leren wordt daarom beschouwd als een belangrijke factor om betere leerresultaten te voorspellen. (Huang, 2022).

Cognitieve belasting

Cognitieve belasting, zoals gedefinieerd door Sweller (2011) en geïntegreerd in de Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) (Mayer, 2014), verwijst naar de beperkte cognitieve capaciteit van ons werkgeheugen. Sweller maakt onderscheid tussen drie types cognitieve belasting:

- Inherente belasting: cognitieve belasting die inherent is aan de leertaak of het leermateriaal; hoe complexer deze informatie, hoe groter de inherente belasting.
- Nuttige belasting: cognitieve belasting die nut heeft bij het leren en ervoor zorgt dat losse stukje geconstrueerd worden tot één geheel
- Irrelevante belasting: cognitieve belasting die in het geheel geen bijdrage levert aan het leren, sterker nog, die het leren zelfs kan belemmeren; alle onnodige belasting moet daarom geëlimineerd worden bij het leren.

In de context van immersief leren, wordt cognitieve belasting negatief geassocieerd met leerresultaten; dit is mogelijk te wijten aan grotere afleiding nl; door irrelevante belasting door de uitgebreide input van het IVR-omgeving (Makransky et al. 2019).

We bespreken dit ook nog verder in deze masterproef in het deel over leertheorieën.

2.4.1.6 Leerresultaten

Hier gaan we ons de vraag stellen welke leerresultaten gefaciliteerd worden door het gebruik van immersieve virtual reality.

Feitelijke en conceptuele kennis

Deze kennis definiëren we als kennis van discrete, geïsoleerde inhoudselementen of 'stukjes informatie' (Anderson et al., 2001). Deze stukjes informatie kunnen zowel gaan over kennis van terminologie als over kennis van specifieke elementen.

Conceptuele kennis wordt gedefinieerd als meer complexe vormen van kennis (Anderson et al., 2001). Het kan gaan over classificatie en categorieën, principes en generalisaties, theorieën, modellen en structuren.

Wat de meerwaarde van VR voor feitelijke en conceptuele kennis betreft, worden er in onderzoeken verschillende en zelfs tegengestelde resultaten gevonden. Webster (2016) bijvoorbeeld, vond dat een VR-gebaseerde instructie tot een betere inhoudelijke kennis leidde dan een louter docerende instructie. Makransky et al. (2019a) rapporteren geen significante verschillen in inhoudelijke kennis wanneer ze een immersieve simulatie vergelijken met een desktop simulatie of een handboek. In een andere studie vonden Makransky et al. (2019b) zelfs dat een immersieve VR-simulatie minder effectief was in termen van het ontwikkelen van inhoudelijke kennis in vergelijking met een simulatie op desktop. Deze resultaten tonen aan dat IVR niet noodzakelijk het ideale medium is om feitenkennis aan te leren en dat de mechanismen die instaan voor een meer of minder effectieve ontwikkeling van feitelijke of conceptuele kennis sterk afhankelijk is van hoe de IVR-les ontworpen is.

Procedurele kennis

Procedurele kennis wordt gedefinieerd als kennis over hoe iets moet gedaan worden (Andersen et al., 2001) en resulteert in gedrag eerder dan in een bewuste herinnering. IVR wordt tot nu toe het meest ingezet voor het aanleren van procedurele en praktische kennis, zowel in het onderwijs als in het bedrijfsleven (Radianti et al., 2020). Een reden daarvoor is dat IVR zeer goede condities voorziet voor het inoefenen van procedures, door het voorzien van geschikte sensoren zoals handcontrollers of speciale handschoenen of hand tracking via een camera, waardoor het mogelijk wordt om een procedure trager uit te voeren of ontelbare keren te herhalen. IVR wordt bovendien heel vaak ingezet voor het inoefenen van procedures die moeilijk of gevaarlijk zijn wanneer je ze in het echt uitoefent; denk maar aan allerlei veiligheidsprocedures (Sankaranarayanan et al., 2018), ingewikkelde medische ingrepen (Xin et al., 2019) of het besturen van vliegtuigen (Oberhauser and Dreyer, 2017).

Transfer van kennis

Transfer van leren verwijst naar omstandigheden waar het leren dat in een bepaalde context heeft plaatsgevonden, een sterke invloed heeft op het handelen in een andere context en het wordt beschouwd als een van de sleutelementen en doelen binnen het onderwijs (Perkins en Salomon, 1992).

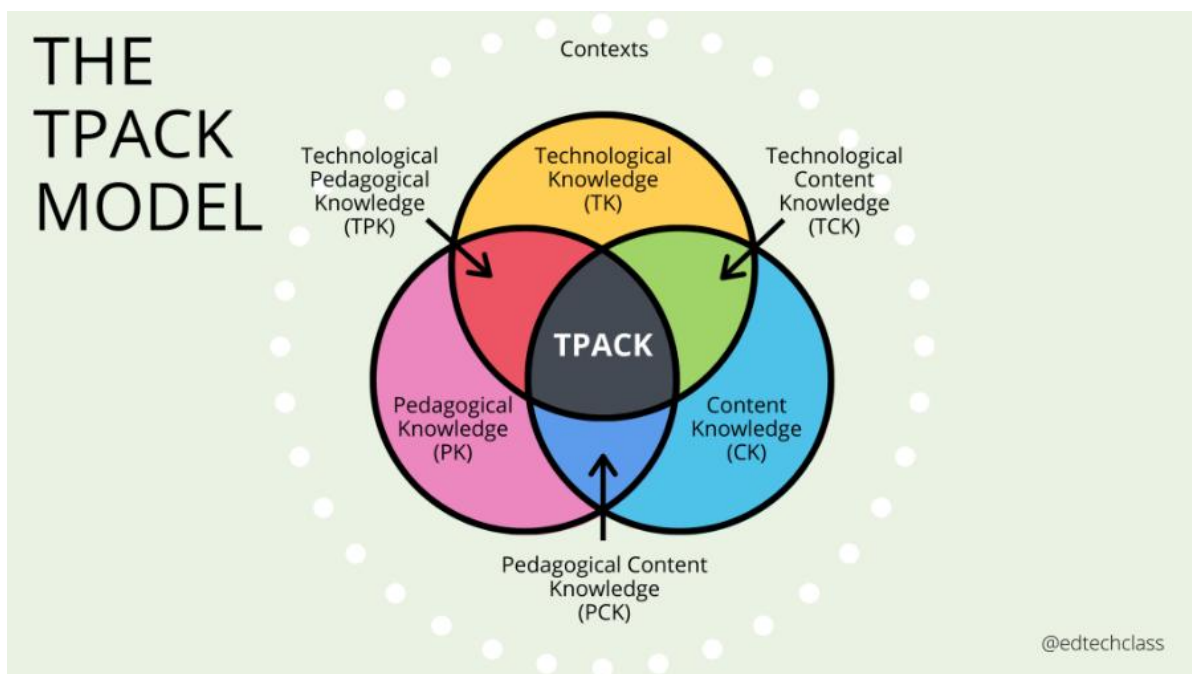
Door het aanbieden van virtuele simulaties kan IVR door transfer van leren ervoor zorgen dat het leren omgaan met situaties uit het echte leven verbeterd wordt (Makransky et al., 2019a). Een dergelijke transfer kan zowel gaan over procedurele als over conceptuele kennis.

Het simuleren van levensechte situaties en het creëren van authentieke virtuele leeromgevingen en scenario's kunnen door contextueel leren overdracht van kennis en vaardigheden naar de echte wereld faciliteren (Dalgarno & Lee, 2010). Immersieve virtual reality kan een authentieke en realistische leeromgeving creëren, inclusief de fysieke en psychologische betrouwbaarheid van de echte wereld om op die manier de 'transfer gap' te overbruggen (Buttussi & Chittaro, 2021). Deze verbeterde transfer van vaardigheden van de immersieve virtuele inoefening naar situaties in de reële wereld, werd al in verschillende onderzoeken bevestigd (bv. Souza et al., 2020).

2.4.2 TPACK-model

Het TPACK-kader, een theoretisch model voorgesteld door Mishra en Koehler in 2006, zet de onderlinge relaties uit tussen technologie, pedagogie en inhoudelijke kennis. Het benadrukt de nood om deze drie elementen te combineren om motiverende en effectieve leerervaringen te creëren. TPACK is ondertussen zeer belangrijk geworden als kader in de onderwijswereld (TPACK, z.d.).

Het TPACK-model stelt dat het cruciaal is om te begrijpen hoe inhoud, pedagogie en technologie met elkaar in interactie treden als je technologie op een effectieve manier wil inzetten in het onderwijs. In VR-onderwijs betekent dit dat er leerervaringen ontwikkeld worden die leerinhoud integreren met pedagogische benaderingen en VR-technologie (Maroukas et al., 2023). Zo kan bijvoorbeeld een VR-leerervaring voor een les wetenschappen interactieve simulaties bevatten die studenten toelaten wetenschappelijke concepten te ontdekken. In dit scenario is inhoudelijke kennis, nl. de wetenschappelijke concepten, geïntegreerd met pedagogische methodes, de interactieve simulaties, en met VR-technologie om een effectieve en motiverende leerervaring op te stellen.



*Figuur 11: TPACK model
(Classroom, 2021)*

Het TPACK model onderstreept het belang van diverse soorten kennis die elkaar aanvullen en overlappen:

De overlap tussen de velden vormt het uitgangspunt bij TPACK: het volstaat dus niet dat leraren of docenten beschikken over afzonderlijke kennis van ICT, didactiek en vakinhoud. Volgens het TPACK model moeten ze:

- Weten wat er aangeleerd moet worden
- Weten op welke manier dit best aangeleerd wordt
- Weten met welk ICT hulpmiddel je dit doel best kan bereiken
- Zich bewust zijn van de context waarbinnen ze functioneren

Het model geeft ook aan dat ICT nooit de sturende factor kan zijn maar eerder een oplossing is voor vakdidactische uitdagingen waarmee de docent wordt geconfronteerd (*Digitale Didactiek | Het TPACK model, z.d.*).

De kennisvelden van het model zijn:

1. Vakinhoudelijke kennis: Content Knowledge (CK)

Dit kennisveld heeft betrekking op de inhoudelijke expertise van de docent bijvoorbeeld bouw, verpleegkunde, lassen, koken,... het gaat dus over het vak dat de docent aanbiedt aan de studenten.

2. Didactische kennis: Pedagogical Knowledge (PK)

Dit kennisveld heeft betrekking op de didactiek of de manier waarop de docent zal onderwijzen. Vanuit deze didactische kennis gaat hij o.a. volgende keuzes maken:

- Het soort doelstelling. Een doelstelling beschrijft wat de docent wil bereiken met de studenten. Doelstellingen variëren van een focus op kennis, vaardigheden, attitudes of competenties (dat omschreven wordt als integratie van kennis, vaardigheden en attitudes).

- Het soort werkvorm. Werkvormen geven aan hoe de docent wil werken; ze specificeren activiteiten voor de lesgever en de cursist. De keuze voor een werkvorm zal samenhangen met de vooropgestelde doelstellingen en de context.

3. Technologische kennis: Technological Knowledge (TK)

Dit kennisveld heeft betrekking op de technologische kennis van de docent.

Technologische kennis impliceert niet dat elke nieuwe technologie of toepassing gekend en beheerst moet zijn. Het gaat er wel over dat een docent overzicht heeft over de diverse soorten hulpmiddelen en de manier waarop ze een meerwaarde kunnen betekenen voor het leerproces. Een hulpmiddel voegt namelijk door zijn eigenheid iets toe aan het leerproces. Een website bijvoorbeeld presenteert informatie in één richting, terwijl een chat toelaat om informatie uit te wisselen in twee richtingen. Technologische kennis betekent dus dat de docent van een concreet hulpmiddel kan aangeven hoe hij het kan inzetten opdat het leerproces zou ondersteund worden.

4. Vakdidactische kennis: Pedagogical Content Knowledge (PCK)

Dit veld verbindt vakinhoudelijke kennis en didactische kennis. Het aanbieden van een praktisch vak bijvoorbeeld lassen, zal een andere didactiek vereisen dan bijvoorbeeld een taal aanleren.

5. Technologische didactische kennis: Technological Pedagogical Knowledge (TPK)

Dit veld verbindt technologische met didactische kennis. Verschillende hulpmiddeltypes zijn afhankelijk van hun educatief potentieel.

6. Technologische vakkennis: Technological Content Knowledge (TCK)

Dit veld verbindt vakinhoudelijke kennis met technologische kennis. Bepaalde ICT toepassingen zullen een vakdomein beïnvloeden en omgekeerd. De gps of Google Earth hebben bijvoorbeeld een impact op het vakgebied aardrijkskunde of op een rijopleiding. Een 3D-printer heeft een impact op het vakgebied productontwerp,...

7. Technologische vakdidactische kennis: Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)

Dit is het hart van het model: de docent denkt na over de verbinding tussen zijn technologisch didactische kennis én zijn vakinhoudelijke kennis.

Het conceptuele TPACK-model, ontwikkeld binnen VR-technologie, integreert analytisch denken in het onderwijs door de fundamentele principes van lesgeven, leerstof en technologieën – evenals hun variaties – te definiëren binnen een gestructureerd, gelaagd en multifactorieel model dat de nadruk legt op het waarom en hoe in plaats van het wat .

Bewustzijn van wat iets complex of juist eenvoudig maakt, hoe technische mogelijkheden leraren in staat kunnen stellen om uitdagingen van studenten te overwinnen, en hoe virtual reality nieuwe onderwijsmodellen kan creëren of bestaande kan verbeteren .

De toepassing van TPACK in VR-onderwijscontexten heeft bepaalde beperkingen (Marougkas et al., 2023). Een beperking ligt in de vereiste voor docenten om expertise te hebben, zowel in VR-technologie als in pedagogische strategieën die eigen zijn aan VR. Dit vereist meestal bijkomende vorming en training.

Om VR effectief in het curriculum op te nemen is er ook een grondig inzicht in de leerinhoud nodig en moet de docent weten hoe hij die op één lijn kan krijgen met de VR-ervaringen. Bovendien is VR een snel evoluerende technologie wat het moeilijk maakt om bij te blijven met voortdurende veranderingen maar ook om up-to-date te blijven op gebied van middelen en apparatuur. De kost en de toegankelijkheid van VR-apparatuur kan verhinderen dat VR algemeen ingebed wordt in het onderwijs. Aanhoudende inspanningen om docenten te ondersteunen en de nodige vorming aan te bieden, en daarbij ook de betaalbaarheid en de beschikbaarheid van VR-technologie verbeteren, kunnen deze beperkingen tegengaan.

Ondanks deze beperkingen is het TPACK-kader een waardevolle tool voor het ontwikkelen van effectieve leerervaringen door het integreren van technologie, pedagogie en leerinhoud. Omdat VR continu in ontwikkeling is in het onderwijs, wordt TPACK nog relevanter in het ontwerpen van motiverende leeromgevingen die een dieper inzicht bevorderen (Maroukas et al., 2023).

2.5 Leertheorieën voor gebruik van IVR in het onderwijs

2.5.1 Ervaringsgericht leren

Ervaringsgericht leren is een leerproces waarbij men kennis opdoet door directe ervaring, ofwel door actief te oefenen. Dit kan bijvoorbeeld door als stagiair bij een organisatie te werken of door het leren van een vaardigheid zoals fietsen. Bij deze leermethode wordt de leerling volledig betrokken in de ervaring, gevolgd door een periode van reflectie om de opgedane kennis te begrijpen en te verwerken (Maroukas et al., 2023).

Ervaringsgericht leren biedt veel voordelen die de leerervaring verrijken. Door praktische ervaring op te doen, vergroot je niet alleen je zelfvertrouwen, maar wordt het leren ook veel betekenisvoller. Veel vaardigheden kunnen immers pas echt ontwikkeld worden door ze in de praktijk te oefenen. Deze hands-on benadering maakt de waarde van wat je leert direct zichtbaar, doordat je de resultaten van je inspanningen meteen kunt zien. Dit zorgt voor een sterke motivatie om door te leren. Daarnaast helpt ervaringsgericht leren je om vaardigheden te ontwikkelen die essentieel zijn voor je overgang naar de arbeidsmarkt. In plaats van alleen theoretisch bezig te zijn, krijg je de kans om te reflecteren op je prestaties, wat het leerproces versterkt en je in staat stelt het geleerde toe te passen in nieuwe situaties. Dit maakt het leren ook sneller en effectiever, omdat je direct in actie komt en zelfstandig leert door problemen op te lossen en taken uit te voeren. Doordat je actief betrokken bent bij het leerproces, blijft je focus behouden en voorkom je verveling, terwijl je je steeds meer investeert in je eigen ontwikkeling (Marougkas et al., 2023).

2.5.1.1 Kolb's model voor ervaringsgericht leren

Kolb's theorie van ervaringsgericht leren (1984) benadrukt hoe onze ervaringen, inclusief gedachten, emoties en de omgeving, invloed hebben op het leerproces. Volgens Kolb bestaat ervaringsgericht leren uit een vierfasenproces:

1. Concreet leren:

Dit gebeurt wanneer een leerling een nieuwe ervaring heeft of een eerdere ervaring op een nieuwe manier interpreteert. Bijvoorbeeld, een verpleegkundige in opleiding leert een nieuwe procedure tijdens haar klinische opleiding.

2. Reflectieve observatie:

De leerling reflecteert op de nieuwe ervaring om te begrijpen wat deze betekent. De verpleegkundige denkt bijvoorbeeld na over hoe ze de procedure beter had kunnen uitvoeren.

3. Abstracte conceptualisatie:

De leerling past zijn denken aan of ontwikkelt nieuwe ideeën op basis van ervaring en reflectie. De verpleegkundige realiseert zich bijvoorbeeld dat ze alle benodigde materialen vooraf moet voorbereiden voordat ze de procedure begint.

4. Actieve experimentatie:

De leerling past de nieuwe ideeën toe in realistische situaties om te testen of ze werken en of er aanpassingen nodig zijn. De verpleegkundige merkt bijvoorbeeld op dat alles veel vlotter verloopt wanneer ze haar materialen van tevoren klaarzet.

Deze vier fasen van Kolb's model vormen een leercyclus. Leerlingen kunnen op elk punt in de cyclus instappen. Als voorbeeld kan een groep studenten bekeken worden die leren werken met CAD-software (Computer-Aided Design software). De ene student begint het leerproces door anderen te observeren, een andere student leest eerst over het programma, en nog een andere student gaat direct aan de slag met het gebruiken van de software.

Kolb stelt dat leerlingen natuurlijke voorkeuren hebben voor hoe ze de leercyclus betreden. Door hun genetische aanleg, eerdere levenservaringen en de eisen van de omgeving ontwikkelen ze een voorkeur voor een bepaalde manier van leren.

Deze voorkeuren vormen de basis voor Kolb's leermodel, dat leerlingen in vier types verdeelt op basis van hun dominante leerstijl:

1. Divergerende leerstijl:

Leerlingen met deze stijl richten zich op concrete ervaring en reflectieve observatie. Ze kijken eerst goed naar wat anderen doen en reflecteren voordat ze zelf actie ondernemen.

2. Assimilerende leerstijl:

Deze stijl omvat leerlingen die abstracte conceptualisatie en reflectieve observatie verkiezen. Ze gebruiken graag analytische modellen om te verkennen en geven de voorkeur aan abstracte ideeën en concepten.

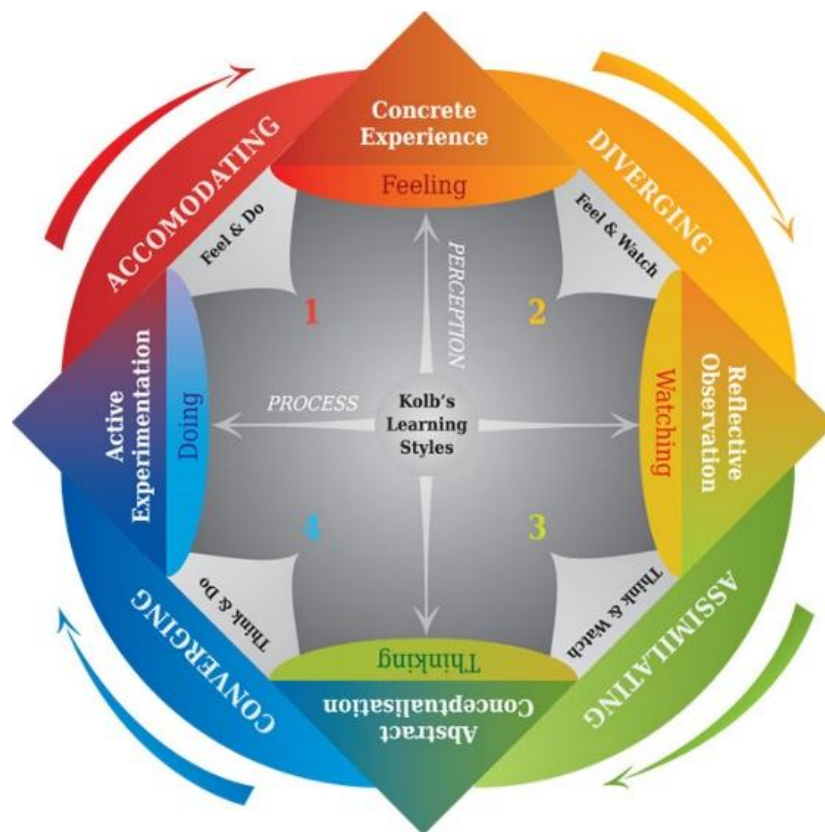
3. Convergerende leerstijl:

Leerlingen met deze stijl richten zich op abstracte conceptualisatie en actieve experimentatie. Ze houden ervan om problemen op te lossen en passen graag wat ze geleerd hebben toe op praktische kwesties.

4. Accommoderende leerstijl:

Leerlingen met deze stijl geven de voorkeur aan concrete ervaring en actieve experimentatie. Ze houden van uitdagingen en gebruiken intuïtie om problemen op te lossen.

Dit model helpt om te begrijpen hoe verschillende leerstijlen het leerproces beïnvloeden en benadrukt dat mensen op verschillende manieren kunnen leren, afhankelijk van hun voorkeuren en ervaringen.



Figuur 12: Kolb's learning cycle

(Experiential Learning and Kolb's Learning Styles – VirtualSpeech, z.d.)

Virtual reality biedt diverse voordelen voor ervaringsgericht leren (Marougkas et al., 2023). Het stelt gebruikers in staat om realistische scenario's te simuleren, zoals lastige gesprekken met een leidinggevende of het ontslaan van medewerkers. Door in een veilige omgeving te oefenen, kunnen vaardigheden verfijnd worden en blijft de leerstof beter hangen.

Zo kan het opleiden van studenten in zeevaart een uitdaging zijn (Makransky en Klingenberg, 2022) omdat het zeer duur is om een echte training op te zetten: een schip vrijmaken, de kosten van alle on-board procedures, transport van alle studenten naar het schip, enz. Deze kosten kunnen tot een minimum beperkt worden door de echte ervaring te vervangen door een virtuele leeromgeving waarin kadetten hun vaardigheden kunnen oefenen. Verder is het bij een oefening in een reële omgeving vaak zo dat slechts één of twee studenten de oefening echt kunnen uitvoeren terwijl de anderen moeten toekijken. Daardoor krijgen de studenten maar weinig kansen om te oefenen en meerdere keren oefenen is al vaak helemaal uitgesloten. Een virtuele weergave van het oefenscenario kan tegemoetkomen aan al deze uitdagingen: studenten kunnen zo vaak oefenen als ze willen, ze mogen fouten maken zonder dat dit ernstige gevolgen heeft of hoge kosten meebrengt en ze kunnen oefenen op scenario's die in het echte leven te gevaarlijk of gewoonweg onmogelijk zijn. Het voordeel van de veiligheid is trouwens een van de belangrijkste redenen om te kiezen voor IVR. (Houben et al., 2023).

VR maakt interactie met virtuele avatars mogelijk, waarbij AI-gebaseerde feedback helpt bij het verbeteren van prestaties. Daarnaast kunnen gebruikers verschillende uitkomsten ervaren door hun keuzes en reacties aan te passen. Omdat er geen tijdsbeperkingen zijn, kan er onbeperkt geoefend worden en kan leren in kleinere, beter behapbare delen plaatsvinden. Dit bevordert kennisbehoud vergeleken met intensieve trainingdagen.

Een belangrijk voordeel is de hoge mate van personalisatie: VR-omgevingen kunnen specifiek worden afgestemd op de leerdoelen, zoals bijvoorbeeld een sollicitatiegesprek in een virtuele televisiestudio. Dit verhoogt de realiteitswaarde van de oefening, wat leidt tot een meer waardevolle leerervaring dan bijvoorbeeld oefenen voor de spiegel.

Daarnaast verlaagt VR bepaalde drempels voor ervaringsgericht leren. Mensen die zich door verlegenheid of angst minder snel blootstellen aan leerervaringen, kunnen hun vaardigheden in een veilige en gecontroleerde omgeving ontwikkelen. Ook is VR vaak toegankelijker dan traditionele trainingen, bijvoorbeeld wanneer fysieke cursussen niet beschikbaar zijn.

VR maakt leren boeiender en effectiever door volledige focus te eisen en actieve herinnering te stimuleren, wat leidt tot het langer vasthouden van kennis. Door ervaring als leermethode breed beschikbaar te maken, draagt VR bij aan de ontwikkeling van vaardigheden op een toegankelijke en efficiënte manier.

Door het gebruik van specifieke hulpmiddelen zoals een headset en handschoenen met sensoren kunnen visuele, auditieve en immersieve prikkels geïntegreerd worden in digitale waarheidsgetrouwe leerervaringen om krachtige leeromgevingen te creëren die tegemoetkomen aan de verwachtingen van de 21ste eeuw generatie lerenden (Jones en Warren, 2011).

Maroukakis et al. (2023) stellen dat, wanneer je alle leertheorieën vergelijkt, ervaringsgericht leren de meeste geschikte is voor VR leeromgevingen omdat ze de lerende aanmoedigt autonoom te handelen binnen een artificiële omgeving. De lerende kan interageren met de artificiële omgeving om nieuwe kennis op te doen, wat dan resulteert in nieuwe ervaringen en herinneringen. Het doel van ervaringsgericht leren is het bevorderen van diep inzicht en het lang vasthouden van informatie en vaardigheden door de constructie van kennis door directe ervaring mogelijk te maken. Het wordt vooral gebruikt als leertheorie om levensechte situaties en hands-on ervaringen te simuleren.

Recent onderzoek heeft uitgewezen dat VR gunstig is in het mogelijk maken van ervaringsgericht leren in diverse onderwijsomgevingen (Pirker et al., 2017). Er is bijvoorbeeld aangetoond dat ervaringsgericht leren de waargenomen onderwijsresultaten verbetert, de interesse van studenten aanwakkert en het plezier van het leren vergroot. Het verbetert ook de inhoudelijke kennis, verhoogt de immersie en creëert een gevoel van 'presence', verhoogt de motivatie en de betrokkenheid, ondersteunt de ontwikkeling van hogere orde-vaardigheden zoals problemen oplossen en kritische denken én het verbetert de mogelijkheden van studenten om abstracte concepten toe te passen in alledaagse situaties.

De toepassing van ervaringsgericht leren in IVR onderwijscontexten kent ook enkele beperkingen. Eén van die beperkingen heeft betrekking op de uitdaging om levensechte zintuiglijke ervaringen zo nauwkeurig mogelijk weer te geven en de intensiteit van de fysieke interacties met de virtuele omgeving. Terwijl VR immersieve en interactieve ervaringen kan aanbieden, legt het misschien onvoldoende de complexiteit en de authenticiteit van de echte wereld vast. Zo zijn bijvoorbeeld complexe bewegingen met handen en vingers in VR nog steeds moeilijk. Bovendien vereist het ontwikkelen van kwaliteitsvolle VR-simulaties voor ervaringsgericht leren een aanzienlijke tijds- en financiële investering; de beschikbaarheid van diverse en boeiende leerscenario's kan daardoor eerder beperkt blijven. Ook de effectiviteit van feedback en reflectie, die belangrijke aspecten zijn van ervaringsgericht leren zijn in IVR-omgevingen nog niet altijd even goed. Dit kan te wijten zijn aan technologische beperkingen of minimale kansen voor onmiddellijke en op maat gemaakte feedback. Deze beperkingen overwinnen, vereist nog meer technologische vooruitgang in VR, doordacht ontwerp van de instructies en voortdurend onderzoek om de authenticiteit en effectiviteit in VR onderwijscontexten steeds verder te verbeteren.

Ondanks deze beperkingen kunnen we toch besluiten dat het gebruik van VR-technologie kan helpen om ervaringsgericht leren in het onderwijs te ondersteunen door te voorzien in immersieve, interactieve omgevingen die hands-on, actieve leerervaringen bevorderen.

2.5.1.2 Theorie van leren door te doen

John Dewey's theorie van leren door te doen legt de nadruk op hands-on ervaringsgericht leren in het leerproces. Volgens Dewey leren studenten het best wanneer ze actief betrokken worden in het leerproces en niet wanneer ze passief informatie aangereikt krijgen. Deze benadering van onderwijs is gebaseerd op de idee dat leren een actief proces is. Daardoor sluit het ook heel nauw aan op het constructivistisch leren (zie 2.5.2 Constructivistisch leren op pagina 48).

VR-technologie biedt een unieke kans om Dewey's theorie toe te passen in het onderwijs (Marougkas et al., 2023). Dank zij VR kunnen studenten als het ware ondergedompeld worden in een gesimuleerde omgeving en interageren met virtuele objecten en scenario's op een manier die zowel hands-on als ervaringsgericht is. Dit kan helpen om hun leerervaring te verbeteren door hen kansen te bieden om op een meer betekenisvolle en interactieve manier met het materiaal om te gaan.

Onderzoek heeft aangetoond dat VR zeer effectief kan zijn in het zelf laten uitvoeren van bepaalde handelingen en het verbeteren van de betrokkenheid en motivatie van studenten (Steinkuehler en Duncan, 2008). Het grote voordeel van VR is dat leerlingen hier ook zonder problemen fouten kunnen maken en uit die fouten ook heel wat kunnen leren. Dan zij VR kan ook het uitvoeren van handelingen in gevaarlijke situaties of acties die heel wat kosten of andere ongemakken met zich meebrengen, vermeden worden.

In het kijken naar VR-onderwijscontexten, stoot John Dewey's theorie van leren door te doen op beperkingen die te wijten zijn aan het gebrek aan fysieke interacties, de moeilijkheid in het kopiëren van sociale interacties en de nood aan verder onderzoek van cognitieve en emotionele effecten in immersieve virtuele ervaringen. Om het potentieel van Dewey's theorie volledig te benutten in VR, zullen onderzoekers en gebruikers creatieve oplossingen moeten vinden om deze beperkingen aan te pakken en de kloof tussen fysieke, sociale en cognitieve aspecten van leren binnen een VR-omgeving te overbruggen.

We kunnen besluiten dat de toepassing van John Dewey's theorie van leren door te doen in VR-technologie de leerervaring van studenten kan verbeteren.

2.5.2 Constructivistisch leren

Van de bestaande onderzoeken waarin leertheorieën gekoppeld worden aan VR-toepassingen wordt het vaakst gerefereerd naar het constructivisme (Marougkas et al., 2023). Volgens de theorie van het constructivistisch leren, construeert de leerling nieuwe kennis als deel van een groep of als onafhankelijke, gebaseerd op reeds verworven kennis en ervaringen, door actief deel te nemen aan een situatie en niet door het passief absorberen van informatie. Net als ervaringsgericht leren is het constructivisme een leerbenadering die leren ziet als een actief proces, maar ze leggen de nadruk op verschillende aspecten. Constructivisme richt zich op hoe leerlingen zelf actief kennis construeren door te bouwen op bestaande kennis. Ervaringsgericht leren daarentegen benadrukt de betrokkenheid van de leerling bij een situatie, waarbij leren ontstaat uit ervaring en interactie (*Sociaal constructivisme - uitleg begrippen onderwijs*, z.d.).

De Zwitserse psycholoog Jean Piaget en de Russische psycholoog Lev Vygotski waren de belangrijkste denkers die gekoppeld worden aan de theorie van het constructivistisch leren. Volgens hen betekent leren dat het individu zijn beelden van de werkelijkheid steeds verder aanpast en aanscherpt. Uiteindelijk komt een mens zo tot een bruikbaar beeld van de werkelijkheid. Dat aanpassen en aanscherpen is een persoonlijk proces, maar vindt vooral plaats door het contact tussen het individu en de buitenwereld of andere mensen.

VR-technologie zorgt voor een krachtige manier om constructivistische leerervaringen mogelijk te maken. VR laat studenten deelnemen aan immersieve, interactieve omgevingen die kansen bieden voor exploreren, experimenteren en ontdekken. Dit maakt van VR het ideale platform om de constructivistische pedagogie te implementeren in het onderwijs.

Recente studies (Huang en Liaw, 2018) hebben aangetoond dat VR effectief kan zijn in het bevorderen van constructivistisch leren in diverse onderwijscontexten. Bovendien kan VR gebruikt worden om veilige en ondersteunende leeromgevingen te creëren die studenten aanmoedigen om risico's te nemen, hun ideeën uit te drukken en zich te laten onderdompelen in betekenisvolle leerervaringen.

Een beperking van het gebruik van constructivisme in VR-leeromgevingen, is de afhankelijkheid van de leerling ten aanzien van de docent, wat hen het vermogen belemmert om autonoom te functioneren. Leerlingen zijn vaak afhankelijk van de leerkracht voor begeleiding en ondersteuning, wat hun onafhankelijke exploratie en zelfgestuurd leren in het gedrang brengt. Verder wordt het leerproces in VR beïnvloed door de voorkennis van de leerling, dat het verwerven van nieuwe kennis zowel gemakkelijker als moeilijker kan maken. Om tegemoet te komen aan deze beperkingen is het noodzakelijk om VR-ervaringen te ontwikkelen die de autonomie van de leerlingen bevordert en mogelijkheden biedt voor onafhankelijke exploratie en tegelijk rekening te houden met de voorkennis van de leerling en erop in te spelen door leerlingen steeds net boven hun eigen kunnen uit te dagen.

VR-technologie kan dus zeker het constructivistisch leren in het onderwijs ondersteunen door immersieve, interactieve omgevingen te voorzien die exploreren, experimenteren en ontdekken mogelijk maken. Door VR in te bedden in het onderwijsproces, kunnen leerkrachten kansen creëren voor studenten om het opbouwen van hun kennis en inzicht zelf in de hand te nemen en diepere en effectievere leerresultaten te bevorderen.

2.5.3 Sociaal Constructivisme

Sociaal constructivisme is een leertheorie die het belang van sociale interacties en ervaringen in het leerproces sterk benadrukt. Volgens deze theorie wordt kennis niet eenvoudigweg doorgegeven van docent naar student, maar wordt deze kennis opgebouwd door een proces van onderhandelen en samenwerken met anderen (Vygotski, 1978). Leren gaat dan niet enkel over het verwerven van kennis maar over participeren in een groep van leerlingen, in dialoog treden en inzicht en begrip samen opbouwen.

VR-technologie is zeer geschikt om sociaal constructivistische leerervaringen mogelijk te maken (Maroukas et al., 2023). Het laat studenten immers deelnemen aan immersieve, interactieve situaties die sociale interactie en samenwerking aanmoedigen, mogelijkheden voorzien om in dialoog te treden, onderhandelen over verklaringen en kennis samen construeren. Dit maakt van VR een zeer geschikt platform voor het implementeren van de sociaal constructivistische pedagogie in het onderwijs (Southgate et al., 2018).

Concannon et al. (2019) halen ook nog aan dat bij sociaal-constructivistische benaderingen van IVR de studenten zelf de creatie van de virtuele omgeving in de hand kunnen nemen, via een samenwerkende methodiek.

Toch komen er ook bij deze leertheorie beperkingen kijken. Het kopiëren van geloofwaardige sociale interacties binnen VR-omgevingen vormt een serieuze uitdaging omdat VR de complexiteit en intensiteit van face-to-face interacties voorlopig nog niet helemaal waarheidsgetrouw kan weergeven. Bovendien wordt de veronderstelling van een gedeeld begrip en consensus tussen leerlingen moeilijk te realiseren binnen de diverse culturele en achtergrondsituaties van VR. Daarnaast brengt het faciliteren van effectieve sociale onderhandeling en ondersteuning uitdagingen met zich mee in VR, waar de beschikbaarheid en kwaliteit van ondersteuning door leeftijdsgenoten kan variëren. Om sociale leerervaringen in virtuele omgevingen te optimaliseren, is het essentieel om deze beperkingen verder te onderzoeken en strategieën te ontwikkelen die deze uitdagingen aanpakken (Marougkas et al., 2023).

Het gebruik van VR-technologie kan helpen om sociaal constructivistisch leren in het onderwijs te ondersteunen door immersieve, interactieve omgevingen te voorzien die sociale interactie en samenwerking tussen leerlingen in de hand werken.

2.5.4 Gamification van het leren

Bij gamification worden spelprincipes en speltechnieken ingezet als leermiddel (Akman en Cakir, 2019). Gamification is minder als een echte leertheorie te bestempelen maar eerder als een educatieve benadering om de motivatie van leerlingen en studenten te verhogen. In principe kan gamification ook ingezet worden in traditionele leermethodes maar de term verwijst toch vooral naar het gebruik van digitale toepassingen en games. We spreken dan over 'serious games' omdat ze in tegenstelling tot puur recreatieve games echt als doel hebben om de gebruiker iets te leren. Dat kan gaan over zowel kennis, vaardigheden als attitudes (Boel, 2024). Gamification van leren is de laatste jaren een populaire trend geworden en heeft vooral als doel het verbeteren van de betrokkenheid en de intrinsieke motivatie van studenten (Marougkas et al., 2023). Door het gebruik van typische kenmerken van games zoals scores, badges, beloningen en opbouwende levels, blijven leerlingen langer geïnteresseerd en investeren ze meer tijd in het leerproces.

Met de komst van VR-technologie, heeft gamification in het onderwijs een duidelijke stap voorwaarts gezet. VR maakt het immers mogelijk dat studenten ondergedompeld worden in een gesimuleerde omgeving waardoor de leerervaring meer impact heeft en langer blijft.

In VR-gebaseerde gamification kunnen studenten interageren met virtuele objecten en scenario's, waardoor ze de zaken op een hands-on manier kunnen ervaren en leren. Zo kunnen studenten iets leren over geschiedenis door virtuele historische plaatsen te bezoeken of over anatomie door op een virtuele manier doorheen het lichaam te reizen. Dit zorgt voor een immersieve en interactieve ervaring waardoor het leerproces leuker en meeslepender wordt.

VR kan ook de beperkingen van traditionele onderwijsmethodes omzeilen, zoals de onmogelijkheid om te zorgen voor levensechte ervaringen. VR kan zorgen voor zeer waarheidsgetrouwe scenario's waarin studenten beslissingen moeten nemen op basis van eerder opgedane ervaringen. Op die manier kunnen ze bijvoorbeeld de vaardigheid van kritisch denken ontwikkelen.

Een belangrijke beperking van leerervaringen op basis van games is dat ze aanvankelijk leerlingen beter kunnen betrekken maar dat diezelfde leerlingen ze al snel eerder als afleiding gaan beschouwen, zeker wanneer de elementen van het spel of de beloningen niet nauwkeurig geïntegreerd zijn in de leerinhoud.

Verder is het ook nog niet echt duidelijk welke factoren nu juist zorgen voor de positieve effecten van gamification (Boel, 2024): gaat het over de leertheorie zelf, over een specifiek element van een game, over het gebruiksgemak, over eerdere ervaring met games? Op dit gebied is nog verder onderzoek nodig.

Toch kunnen we stellen dat gamification van leren door VR-technologie zorgt voor een unieke en motiverende leerervaring. Door het integreren van VR in het leerproces, kunnen studenten beter leren en beter de leerinhouden vastzetten. Leerkrachten kunnen de vooruitgang van studenten op een meer betekenisvolle en interactieve manier evalueren.

2.5.5 Cognitieve belastingstheorie

De cognitieve belastingstheorie is een goed uitgewerkt kader om de capaciteit van het werkgeheugen van leerlingen te optimaliseren door de cognitieve belasting tijdens het leren goed te beheren (Sweller, 2011). Hoewel IVR wint aan populariteit binnen het onderwijs mag er niet voorbijgegaan worden aan het feit dat het een hoge cognitieve belasting kan leggen op leerlingen waardoor het voor hen moeilijk wordt om informatie op te nemen en vast te zetten (Marougkas et al., 2023). De cognitieve belasting optimaliseren is daarom cruciaal voor effectieve VR-leerervaringen.

De cognitieve belastingstheorie identificeert drie soorten cognitieve belasting (Sweller, 2011):

- Interne belasting (intrinsic load): de moeilijkheid en complexiteit van de kennis of vaardigheid. Nieuwe dingen leren kost per definitie moeite. Deze belasting is inherent aan de taak. Deze belasting wil je onder controle houden.

- Relevante belasting (germane load): het verwerken van de informatie in je langetermijngeheugen of het vormen of uitbreiden van schema's. Deze belasting wil je liefst vergroten.
- Onnodige belasting (extraneous load): informatie die het werkgeheugen onnodig belast, bijvoorbeeld door irrelevante informatie, een drukke omgeving,... Deze belasting wil je zo klein mogelijk maken.

Om de cognitieve belasting in VR-leeromgevingen te optimaliseren, moeten ontwikkelaars met alle drie de types van cognitieve belasting rekening houden (Maroukcas et al., 2023). Zo kunnen ontwikkelaars de interne belasting bijvoorbeeld verminderen door complexe concepten op te splitsen in kleinere behapbare brokken informatie. Ze kunnen ook de onnodige belasting door het wegnemen van afleiding en onnodige informatie in de VR-omgeving. Ten slotte kunnen ze relevante belasting verhogen door het ontwerpen van VR-leeromgevingen die leerlingen aanzetten om actief aan de slag te gaan met het materiaal en verbindingen te maken tussen nieuwe en reeds bestaande kennis.

De cognitieve belastingstheorie suggereert dat leerlingen beperkte cognitieve middelen hebben en het overbelasten van deze middelen kan het leren verhinderen. VR kan zo ontwikkeld worden dat de cognitieve belasting kan beheerst worden. Door de informatie en taken die in VR aangeboden worden, goed te structureren, kunnen educatoren en ontwikkelaars ervoor zorgen dat de lerenden cognitieve middelen efficiënt inzetten, wat resulteert in een beter begrip, beter vastzetten en beter toepassen van kennis (Maroukcas et al., 2023).

Geschikte feedback is ook essentieel voor het optimaliseren van cognitieve belasting in VR-leeromgevingen. Feedback kan leerlingen helpen om hun cognitieve belasting te beheersen en hun leerstrategieën eraan aan te passen. Het kan leerlingen ook helpen te bepalen waar ze hun aandacht moeten op richten, wat hun relevante belasting kan verhogen en hun leerresultaten uiteindelijk kan verbeteren (Maroukcas et al., 2023).

Wat VR-onderwijscontexten betreft, zijn er wel uitdagingen in het toepassen van de cognitieve belastingstheorie. Die zijn te wijten aan de cognitieve belasting die veroorzaakt wordt door het immersieve karakter van VR en de bijhorende vereiste van doordachte instructies. Doordat er nog niet veel onderzoek werd gedaan naar toepassing van de principes van de cognitieve belastingstheorie is er wel nood aan evidence-based richtlijnen om beheersing van cognitieve belasting in het onderwijs te verbeteren.

Het optimaliseren van de cognitieve belasting in leren via IVR is dus cruciaal voor effectieve en motiverende leerervaringen. Door een goed begrip van de verschillende types van cognitieve belasting en het ontwikkelen van VR-ervaringen die daar rekening mee houden, kunnen ontwikkelaars ervoor zorgen dat lerenden hun informatie effectiever behandelen en vastzetten om zo niet enkel betere leerresultaten te behalen maar ook beter voorbereid te zijn op de uitdagingen van elke dag.

2.5.6 Cognitieve theorie van multimediaal leren

De cognitieve theorie van multimediaal leren (CTML) integreert de cognitieve belastingstheorie in het leren met multimedia. Ze stelt voor dat studenten beter kunnen leren door de inzet van multimedia wanneer ze ontworpen zijn om cognitieve processen te ondersteunen (Mayer, 2005). Volgens deze theorie, leren studenten beter wanneer ze geconfronteerd worden met woorden en beelden die samenwerken om informatie over te brengen dan met woorden of beelden apart.

Met de komst van VR-technologie, is CTML zeer relevant geworden in het onderwijs (Marougkas et al., 2023). Wanneer het gebruikt wordt in VR-leercontexten heeft het wel enkele beperkingen.

CTML kan de speciale kwaliteiten van immersieve VR-ervaringen niet volledig verantwoorden omdat het oorspronkelijk ontwikkeld werd voor leren met de meer traditionele multimedia. Het besteedt niet veel aandacht aan de effecten van 'presence' en 'embodiment' in VR, en het verkent ook de voordelen niet van sociale interactie en teamwork in immersieve leeromgevingen. Om theorieën te ontwikkelen die specifiek gericht zijn op de complexiteit van leren in VR-onderwijsomgevingen, is er nog meer onderzoek nodig.

Voor CTML kunnen we stellen dat zijn toepassing in VR-technologie de leerervaring voor studenten kan verbeteren door hen kansen te geven om multimedia in te zetten in een betekenisvolle en interactieve manier.

2.5.7 Flow model

In het Flow model van Mihaly Csikszentmihalyi (1990) wordt de emotionele toestand weergegeven waarin iemand zich kan bevinden gedurende het uitvoeren van een taak of activiteit.

De flowtheorie, ook gekend als flow-toestand, is een psychologisch concept dat verwijst naar een toestand van complete focus, plezier en immersie in een activiteit, net alsof iemand zich laat meevoeren door een stroom. Volgens Csikszentmihalyi wordt deze flow-toestand bereikt wanneer een persoon helemaal opgeslorpt wordt door een activiteit die wel uitdagend maar nog haalbaar is volgens de competenties van de persoon in kwestie. Er moet dan ook een cyclus doorlopen worden van heldere en onmiddellijke feedback.

VR-technologie met zijn immersieve omgevingen en interactieve elementen, kan zorgen voor de noodzakelijke voorwaarden voor het bereiken van een flow-toestand (Maroukas et al., 2023). Volgens onderzoek zou VR-technologie in het onderwijs een flow-toestand mogelijk maken en zo leiden tot verbeterde leerresultaten (Akman en Cakir, 2019).

Een belangrijk nadeel van de flowtheorie is zijn belangrijkste focus op individuele ervaringen, waardoor er geen rekening wordt gehouden met de sociale en culturele contexten die flow-ervaringen grondig kunnen vormen en beïnvloeden. Deze beperking wordt vooral belangrijk binnen VR-onderwijscontexten waarin VR de kansen biedt om leerlingen onder te dompelen in collaboratieve onderwijsvormen.

We kunnen dus besluiten dat de flowtheorie stelt dat de immersieve en interactieve eigenschappen van VR-technologie een flow-toestand kunnen bevorderen in het onderwijs en kan leiden tot verbeterde leerervaringen. VR zou immers de betrokkenheid van studenten, hun motivatie en probleemoplossende vaardigheden verhogen.

2.5.8 Design Thinking

Design Thinking is een iteratief proces dat gebruikt wordt om complexe problemen op te lossen (Han, 2022).

Het gebruik van Design Thinking in het onderwijs komt steeds vaker voor omdat het een mensgerichte benadering is van het oplossen van problemen door empathie, creativiteit en het iteratief proces te benadrukken. VR zorgt voor een veilige ruimte om te exploreren en te experimenteren. De integratie van Design Thinking en VR kan leiden tot krachtige leerervaringen die kunnen werken aan vaardigheden als kritisch denken, samenwerking en innovatie (Maroukas et al., 2023).

Design Thinking kan geïntegreerd worden in VR in het onderwijs om interactieve en boeiende leeromgevingen te ontwikkelen die inspelen op de noden van leerlingen. Het proces begint met empathie, het begrijpen van de uitdagingen en de noden van de studenten.

Design Thinking gaat ook over het genereren van ideeën en over het ontwerpen van prototypes waarbij een oplossing ontworpen en getest wordt. In VR kunnen studenten hun ideeën testen in een gesimuleerde omgeving, onmiddellijk feedback hierop krijgen en verbeteringen aanbrengen (Abbas Shah et al., 2024).

Design Thinking in VR kan ook gebruikt worden om gepersonaliseerde leerervaringen aan te bieden. Studenten kunnen op hun eigen tempo leren en met de inhoud interageren op een manier die goed past bij hun eigen leerstijl. Design Thinking kan educatoren helpen om VR-ervaringen te ontwerpen die tegemoet komen aan de specifieke noden en interesses van individuele studenten.

Design Thinking toepassen op VR-onderwijscontexten heeft, net zoals we bij andere leertheorieën zagen, ook beperkingen. Een beperking is de uitdaging om de complexe en genuanceerde omstandigheden uit de echte wereld, die essentieel zijn voor Design Thinking, volledig na te bootsen. Collaboratieve aspecten van Design Thinking, zoals teamwork en co-creatie, kunnen in VR ook tegen hinderpalen aanlopen door het beperkt aantal communicatiekanalen en moeilijkheden bij het synchroniseren van samenwerkende activiteiten. Verder kan de toegankelijkheid en de betaalbaarheid van VR-technologie de brede toepassing van Design Thinking in het onderwijs vertragen. Om de beperkingen weg te werken is er nog meer onderzoek nodig om effectieve technieken te vinden voor het aanpassen en verbeteren van processen voor Design Thinking in VR, om de integratie van echte ontwerpervaringen en efficiënte samenwerkingstools in de virtuele omgeving te verzekeren.

Maroukcas et al. stellen dat de integratie van Design Thinking en VR de leerervaring kan verbeteren door een veilige ruimte te voorzien voor experimenten, gepersonaliseerd leren en iteratieve prototyping. Deze benadering kan studenten in staat stellen om vaardigheden als kritisch denken, samenwerken en innovatie te ontwikkelen die hen voorbereiden op het oplossen van problemen in de echte wereld.

2.5.9 Probleemgestuurd leren

De benadering van probleemgestuurd leren ligt in het gebruik van problemen in de echte wereld om studenten nieuwe vaardigheden en kennis aan te leren. Om deze benadering te verbeteren, kan VR een immersieve en interactieve omgeving voorzien waarin studenten vaardigheden als kritisch denken, problemen oplossen en beslissingen nemen, kunnen oefenen (Maroukcas et al., 2023).

Recente technologische vooruitgang heeft educatoren veel kansen geboden om innovatieve leermethodieken te gebruiken die hogere leeropbrengsten moeten opbrengen. Er is aangetoond dat de integratie van VR in probleemgestuurd leren een positieve impact heeft op cognitief inzicht, fysieke coördinatie, sociale interacties, zelfvertrouwen en motivatie (Abbas Shah et al., 2024). Door probleemgestuurd leren in te bedden in het ontwerp en de implementatie van VR-ervaringen, verwerven studenten vaardigheden en kennis die ze onmiddellijk kunnen toepassen in de echte wereld. Chang et al. (2020) ontwikkelden een praktische VR projectcursus met als doel samenwerkend leren aan te moedigen om uitdagingen actief te verkennen en op te lossen. Ze zorgden daarbij ook voor real time intelligente feedback. De resultaten toonden een significante verbetering in efficiëntie van het leren bij een vergelijking van de post- en pretest-resultaten.

Probleemgestuurd leren is een actieve leerbenadering die studenten aanmoedigt om problemen uit het echte leven op te lossen en zo beter inzicht te krijgen in een onderwerp en hen voor te bereiden op echte uitdagingen. VR biedt een uitstekend platform voor probleemgestuurd leren. In de VR-omgeving kunnen studenten situaties uit het echte leven op een veilige manier ervaren. Ze kunnen bijvoorbeeld omgaan met ingewikkelde apparaten of gevaarlijke procedures inoefenen zonder risico's te lopen. VR kan ook onmiddellijk feedback geven om zo de probleemoplossende vaardigheden van studenten te verbeteren.

In VR kunnen studenten de materialen en middelen gebruiken die in de virtuele omgeving aanwezig zijn om de problemen op te lossen. Studenten geneeskunde kunnen bijvoorbeeld hun kennis en probleemoplossende vaardigheden inzetten om een diagnose te stellen en een virtuele patiënt te behandelen.

Een ander voordeel van VR in probleemgestuurd leren is het aanpassen van de leerervaring aan de leernoden van de individuele studenten (Hoover en Winer, 2021). Studenten die het moeilijk hebben, kunnen bijkomende bronnen raadplegen of meer tijd krijgen om het probleem op te lossen, en op die manier hun leerresultaten en globale prestaties te verbeteren.

Er zijn ook uitdagingen bij het probleemgestuurd leren binnen een VR-omgeving. Een ervan is het ontwikkelen van VR-simulaties die de complexiteit en verscheidenheid van levensechte problemen waarheidsgetrouw weergeven. Alhoewel VR immersieve ervaringen kan bieden, kan het toch moeilijkheden ondervinden om tegemoet te komen aan de dynamische aard van het proces van oplossen van problemen en aan de veelheid aan mogelijke oplossingen. Bovendien vereist het ontwikkelen van kwalitatieve VR-simulaties veel tijd en middelen, waardoor de beschikbaarheid van diverse en boeiende scenario's die uitdagende problemen aanbieden, voorlopig nog eerder beperkt blijft. Verder kan de effectiviteit van de feedback en de begeleiding binnen VR-omgevingen variëren; deze zijn nochtans cruciaal voor het bevorderen van de probleemoplossende vaardigheden. Verder onderzoek en ontwikkeling om de authenticiteit, diversiteit en effectiviteit van de leerervaringen te verbeteren, kan deze uitdagingen helpen aanpakken. Het uiteindelijke doel is te verzekeren dat de ervaringen aansluiten bij de complexiteit van de echte wereld en gepaste ondersteuning bieden om leerlingen te laten groeien in hun vaardigheden (Maroukakis et al., 2023).

Er kan gesteld worden dat probleemgestuurd leren in VR een motiverende en effectieve leerervaring kan creëren die studenten kan helpen om vaardigheden te ontwikkelen als kritisch denken, problemen oplossen en beslissingen nemen. Wellicht zal deze methodiek aan belang winnen om studenten voor te bereiden op de uitdagingen in de wereld.

2.5.10 Onderzoekend leren

De leermethodiek die bekend staat als onderzoekend leren, legt de klemtoon op de betekenis van hands-on leerervaringen om wetenschappelijke concepten te verkennen en te ontdekken. VR-technologie kan de effectiviteit van onderzoekend leren verhogen door interactieve en immersieve leeromgevingen te presenteren die studenten de kans geven om wetenschappelijke concepten op innovatieve en boeiende manieren te verkennen.

De basis van onderzoekend leren ligt in het geloof dat studenten het meest effectief leren wanneer ze actief betrokken worden in het proces van ontdekken. Door studenten aan te moedigen om te exploreren en te experimenteren, wordt een beter inzicht in het onderwerp bereikt. VR kan onderzoekend leren sterker maken door het creëren van levensechte en immersieve simulaties van wetenschappelijke concepten, waardoor studenten in een veilige en gestructureerde omgeving kunnen experimenteren (Marougkas et al., 2023).

Bij het toepassen van onderzoekend leren in VR kunnen studenten geconfronteerd worden met virtuele omgevingen die wetenschappelijke concepten en verschijnselen simuleren, zoals de structuur van moleculen, het gedrag van deeltjes of de oppervlakte van verafgelegen planeten. Dank zij VR kunnen studenten interageren met deze virtuele omgevingen op een wijze die niet mogelijk is in een traditionele klasomgeving. Ze kunnen dan bijvoorbeeld de molecule manipuleren, veranderingen van de planeten doorheen de tijd observeren en in real time experimenten uitvoeren.

VR zorgt ervoor dat er voor het onderzoekend leren ook complexe en abstracte concepten kunnen gesimuleerd worden. Een 3D-voorstelling van een molecule kan studenten een beter inzicht geven in eigenschappen en gedrag van een chemische stof. Bovendien kan VR visuele en auditieve feedback geven aan studenten en zo hun begrip van ingewikkelde concepten verbeteren.

Een ander voordeel van VR is dat het leerervaringen kan personaliseren om aan individuele noden van studenten tegemoet te komen. VR-omgevingen kunnen ontworpen worden om in te spelen op verschillende leerstijlen en vaardigheidsniveaus, waardoor studenten op hun eigen tempo kunnen ontdekken en onderzoeken. Deze aanpassing op maat kan leerresultaten verbeteren, vooral bij studenten die het moeilijk hebben met specifieke concepten.

Door de uitdagingen die gepaard gaan met het simuleren van wetenschappelijke verschijnselen, zorgen de hoge kost en de tijd die nodig is om kwaliteitsvolle VR-simulaties te ontwikkelen, het kopiëren van effectieve samenwerking en het gebrek aan geschikte begeleiding en feedback, toch voor beperkingen voor onderzoekend leren met VR. Verder onderzoek en technologische ontwikkelingen zullen nodig zijn om tegemoet te komen aan deze beperkingen zodat onderzoekend leren zijn potentieel binnen VR volledig kan benutten.

We kunnen stellen dat onderzoekend leren binnen een VR-omgeving een krachtig leermiddel is dat studenten in staat stelt om wetenschappelijke concepten te ontdekken en te onderzoeken op een innovatieve en voor hen boeiende manier. Studenten ontwikkelen binnen een immersieve, interactieve leeromgeving een dieper inzicht in wetenschappelijke concepten en kunnen zich zo beter voorbereiden op toekomstige uitdagingen. Als het gebruik van VR in het onderwijs toeneemt, zal onderzoekend leren via VR ongetwijfeld een belangrijk middel worden om studenten voor te bereiden op een wetenschappelijke carrière.

2.5.11 Zelf-determinatietheorie

Deci en Ryan ontwikkelden in 2000 de zelf-determinatietheorie (ZDT). Volgens deze theorie, die een van de meest omvattende hedendaagse motivatietheorieën is, hebben mensen niet alleen fysieke maar ook psychologische basisbehoeften. Motivatie wordt dan bevorderd door drie essentiële psychologische behoeften: autonomie, betrokkenheid en competentie.

- Autonomie gaat over een gevoel van psychische vrijheid in denken, handelen en voelen. Studenten voelen zich autonoom als ze bijvoorbeeld zelf taken kunnen kiezen, maar ook als ze het nut van de opgelegde taken inzien.
- Betrokkenheid gaat over de relaties met anderen, het gevoel om voor iemand te kunnen zorgen en om deel uit te maken van een grotere groep.
- Competentie gaat over het gevoel dat je dingen kunt doen waar je goed in bent, dat je in staat bent om taken tot een goed einde te brengen en dat je je talenten kunt ontwikkelen.

De zelf-determinatietheorie beschrijft verschillende types van motivatie nl. amotivatie, extrinsieke motivatie en intrinsieke motivatie. Die types motivatie worden beschouwd als variërend langs een continuüm gebaseerd op hun mate van regulering.

Naast de hoeveelheid motivatie is ook het type motivatie van groot belang. Autonome motivatie is namelijk kwalitatiever (Vansteenkiste et al., 2007).

- Extrinsieke motivatie

Extrinsieke motivatie vertrekt vanuit een extern doel zoals een beloning krijgen, goede punten halen of geen straf krijgen. Studeren is dan enkel een middel om een doel te bereiken dat volledig buiten de leerstof ligt en de motivatie vertrekt niet vanuit een echte interesse.

- Intrinsieke motivatie

Wanneer studenten spontaan geïnteresseerd zijn om iets nieuws bij te leren, dan zijn ze 'intrinsiek gemotiveerd'. De motivatie om iets nieuws te leren, komt van binnenuit en geeft een gevoel van autonomie en vrijwilligheid. Intrinsiek gemotiveerd gedrag wordt dan ook beschouwd als het prototype van autonoom, zelfbepaald of vrijwillig functioneren (Deci en Ryan, 1985).

In de realiteit zijn de meeste studenten zowel intrinsiek als extrinsiek gemotiveerd. Bij het uitwerken van een les is het belangrijk dat intrinsieke motivatie zoveel mogelijk wordt uitgelokt maar moet in het geval van extrinsieke motivatie ook een verschuiving naar intrinsieke motivatie gestimuleerd worden. Volgens de zelf-determinatietheorie kan dit door het stimuleren van de autonomie, de betrokkenheid en de competentie om de student zo optimaal te motiveren (Vansteenkiste et al., 2007).

Meerdere onderzoeken wezen uit dat iets nieuws leren aan de hand van VR zeer motiverend kan zijn voor studenten omwille van zijn unieke kenmerken van navigeren, interactiviteit en immersie (bv. Lee et al., 2010; Webster, 2016). Dit wordt echter vaak toegewezen aan het 'novelty effect', het feit dat een nieuwe methodiek om iets aan te leren op zich al motiverend kan zijn.

In een overzichtsartikel waarin op zoek wordt gegaan naar het novelty effect, melden Jiang en Fryer (2023) dat geen enkele van de door hen bestudeerde onderzoeken specifiek melding maakt van een motivatietheorie als leidraad voor onderzoekers om VR te gebruiken in leeractiviteiten. Makransky et al. (2021) gebruikten wel de zelf-determinatietheorie om te voorspellen dat iets nieuws leren met gebruik van VR beter tegemoet komt aan de nood van studenten aan autonomie en competentie zodat ze meer intrinsiek gemotiveerd zijn om te leren.

Jian en Fryer (2024) stellen twee alternatieve oplossingen voor om de motivatie van leerlingen bij VR-leren te verhogen.

De eerste is het creëren van leerinhoud die de psychologische basisbehoeften van leerlingen vervult, wat leidt tot een grotere intrinsieke motivatie voor leeractiviteiten. Specifiek kan aan de behoefte aan autonomie voldaan worden door het invoegen van zinvolle keuzes; de behoefte aan competentie kan vervuld worden met onmiddellijke feedback of met positieve bekrachtiging die evenredig is met de inspanning; de behoefte aan betrokkenheid zou kunnen worden bevredigd door sociale interactie met intelligente pedagogische virtuele personages of avatars van andere studenten in de virtuele wereld.

Volgens de zelf-determinatietheorie, wanneer individuen voortdurend een sociale context ervaren die hun psychologische basisbehoeften ondersteunt, zullen ze eerder geneigd zijn om gemotiveerd te geraken en te blijven door intern gereguleerde intrinsieke redenen (Ryan & Deci, 2017). Een dergelijke leerinhoud kan zelfs de afnemende steun voor motivatie die wordt ervaren nadat de nieuwigheid van VR begint af te nemen.

Een tweede oplossing is, gezien het feit dat het creëren van leerinhoud moeilijk kan zijn voor ongetrainde leerkrachten, het aanbieden van VR-leermateriaal in een autonomie-bevorderende stijl, zonder dat leerkrachten controlerende woorden gebruiken, het bieden van keuze en mogelijkheid tot redeneren in VR, enzovoort. Ook die zaken kunnen voldoen aan de essentiële psychologische noden en leiden tot een grotere intrinsieke motivatie t.a.v. leren.

2.6 Ontwerpmodellen voor IVR-toepassingen voor het onderwijs

2.6.1 4C/ID-model

Het 4C/ID model (Four Component Instructional Design Model) werd ontwikkeld door Van Merriënboer en collega's (1992). Het is een ontwerpmodel en geen onderwijsmodel. Het baseert zich op recente cognitief-psychologische kennis over leren en problemen oplossen.

Het 4C/ID model biedt specifieke richtlijnen voor de ontwikkeling van educatieve programma's die gericht zijn op het verwerven van complexe vaardigheden. Het model wordt erkend als een van de meest effectieve instructional design modellen voor het ontwerpen van krachtige leeromgevingen die gericht zijn op het verwerven van geïntegreerde competenties.

Competenties worden gedefinieerd als complexe cognitieve vaardigheden, die bestaan uit geïntegreerde sets van samenstellende vaardigheden met onderliggende kennisstructuren en attitudes.

Het 4C/ID-model richt zich primair op complexe vaardigheden of professionele competenties. Het model heeft een sterke basis in onderzoek en is al in verschillende contexten toegepast, zoals in de opleiding van leerkrachten, in communicatietraining, medische educatie, technische opleidingen, programmeertraining en in het oplossen van informatieproblemen.

Het model vertrekt van de vaststelling dat educatieve programma's, dus ook IVR toepassingen voor het onderwijs, altijd kunnen beschreven worden door 4 met elkaar verbonden componenten.

De vier componenten van dit model zijn leertaken, ondersteunende informatie, procedurele of just-in-time informatie, en deeltaakoefening.

1. Leertaken

Leertaken vormen de kern van het onderwijs en kunnen uiteenlopen van complexe casussen en opdrachten tot projecten, probleemstellingen of taken die direct gerelateerd zijn aan een bepaald beroep. Idealiter voeren studenten deze taken uit in een echte werkomgeving of in een gesimuleerde setting die zoveel mogelijk de praktijk weerspiegelt. Wanneer dit niet haalbaar is, kan er gebruik worden gemaakt van oefeningen of simulaties binnen de schoolcontext, hoewel de mate van realisme dan beperkter is.

Leertaken confronteren studenten met problemen die zij op een geïntegreerde manier moeten oplossen, waarbij zowel vaardigheden, kennis als attitudes die essentieel zijn voor het toekomstige beroep aan bod komen. Het leerproces start met relatief eenvoudige, maar realistische situaties waarin alle belangrijke aspecten van de taak verwerkt zijn. Door een stapsgewijze opbouw naar meer complexe beroepssituaties kunnen studenten geleidelijk hun vaardigheden ontwikkelen zonder overbelast te raken.

Leertaken worden geordend in taakklassen, waarbij een taakklasse een verzameling taken omvat met een vergelijkbare moeilijkheidsgraad. Studenten beginnen met eenvoudige taken en nemen geleidelijk complexere taken op zich naarmate hun expertise groeit. Binnen een taakklasse zijn leertaken inhoudelijk verwant, omdat ze dezelfde mate van complexiteit hebben en op dezelfde kennisbasis steunen. Bij het ontwerpen van taakklassen worden de eenvoudigste en meest complexe versie van een taak als uitersten op een schaal geplaatst, met daartussen verschillende moeilijkheidsgraden, afhankelijk van de leerbehoeften. De ordening gebeurt op basis van factoren die de taak moeilijker of gemakkelijker maken. Op deze wijze wordt idealiter ook een IVR-toepassing voor het onderwijs opgebouwd.

2. Ondersteunende informatie

Ondersteunende informatie omvat de kennis die studenten nodig hebben om leertaken succesvol uit te voeren. Ze vormt de verbinding tussen de voorkennis van de student en de leertaken zelf. Dit betreft vaak de theoretische achtergrond die op school wordt behandeld voordat studenten deze in de beroepspraktijk toepassen.

Het ontwerp van deze ondersteunende informatie is gebaseerd op een analyse van zowel de relevante vakinhoud als de methoden die nodig zijn om de taken goed uit te voeren. Deze informatie kan in verschillende vormen worden aangeboden, zoals geschreven lesmateriaal, demonstraties van principes of stapsgewijze instructies met toelichting en richtlijnen voor de uitvoering. In IVR kan de ondersteunende informatie ook opgenomen worden in de toepassing.

3. Procedurele informatie of just-in-time informatie

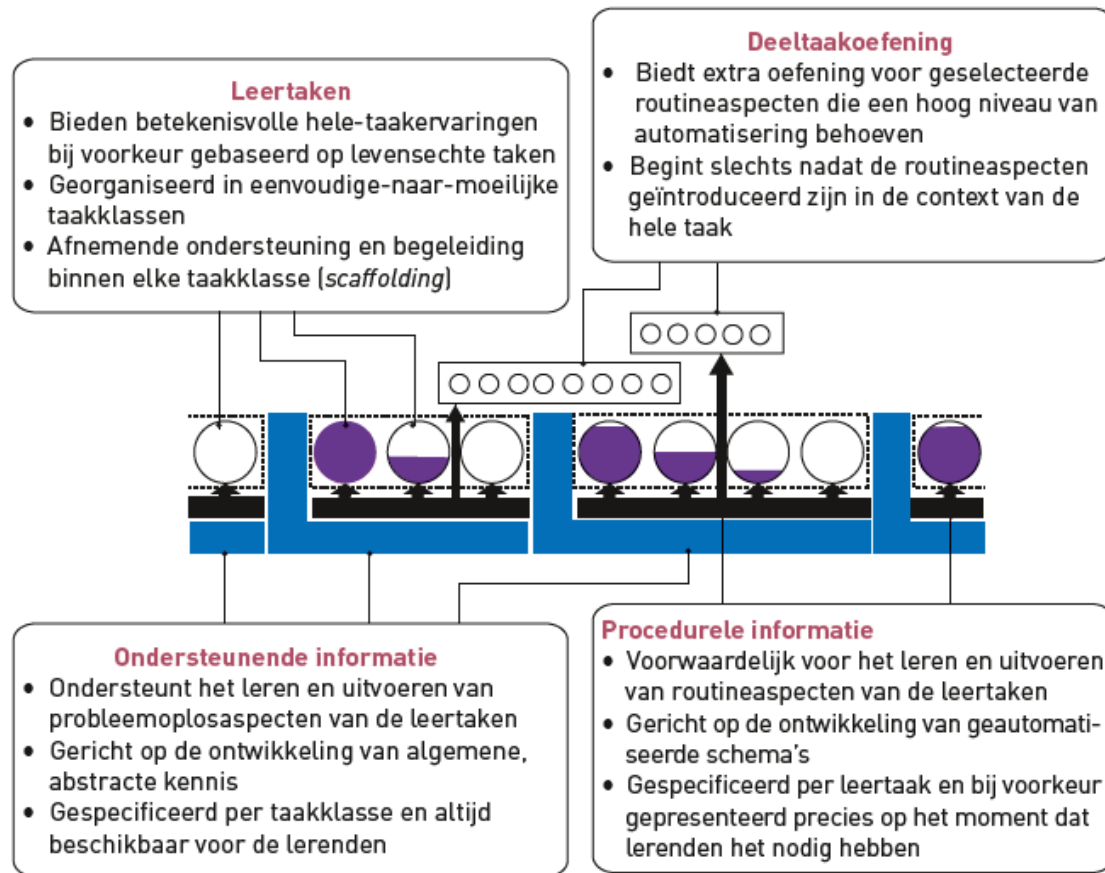
Procedurele informatie heeft betrekking op de routineaspecten van een taak, zoals vaste regels die tijdens de uitvoering gevolgd moeten worden. De analyse van deze routineaspecten richt zich op het identificeren van terugkerende elementen binnen de vaardigheid, die vervolgens in de vorm van regels of procedures kunnen worden vastgelegd.

Deze informatie is direct beschikbaar op het moment dat de taak wordt uitgevoerd (just-in-time), bijvoorbeeld via instructies of protocollen. Voor iemand met weinig ervaring is het belangrijk om deze richtlijnen bij de hand te hebben tijdens de uitvoering van de taak.

4. Deeltaakoefening

De deeltaakoefening houdt in dat afzonderlijke deelvaardigheden van een leertaak worden geoefend om veel voorkomende routines te automatiseren. Hierbij worden specifieke onderdelen van een complexe beroepstaak geselecteerd die als automatisme moeten worden beheerst. Door deze routines aan te leren, blijft de focus op de uitvoering van de volledige taak behouden. Het opbouwen van dergelijke routines kan pas beginnen zodra de context waarin ze worden toegepast (de gehele taak) duidelijk is.

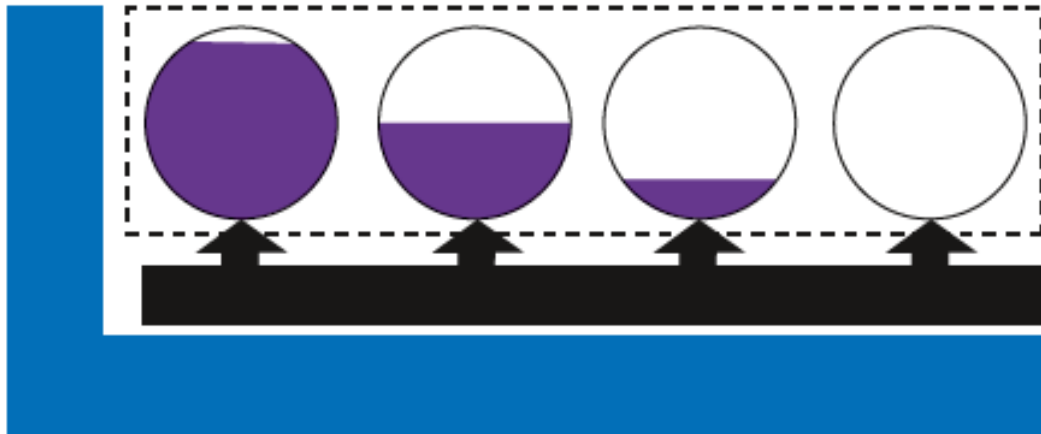
Het 4C/ID-model kan zoals hierna worden geschematiseerd:



Figuur 13: Schematische weergave van de vier componenten in het 4 C/ID-model (van Merriënboer & Kirschner 2013)

(Uitleg-over-het-4CID-model.pdf, z.d.)

Figuur 14 geeft schematisch weer hoe een taakklasse is ingericht. Deze taakklasse bevat vier leertaken (de cirkels). De blauwe kaderrand geeft de ondersteunende informatie aan. Met de paarse kleur is de ondersteuning door de docent aangegeven. Deze neemt per leertaak in de betreffende taakklasse af. De volgende taakklasse, op een hoger complexiteitsniveau, ziet er hetzelfde uit en start opnieuw met een hoge mate van ondersteuning door de docent.



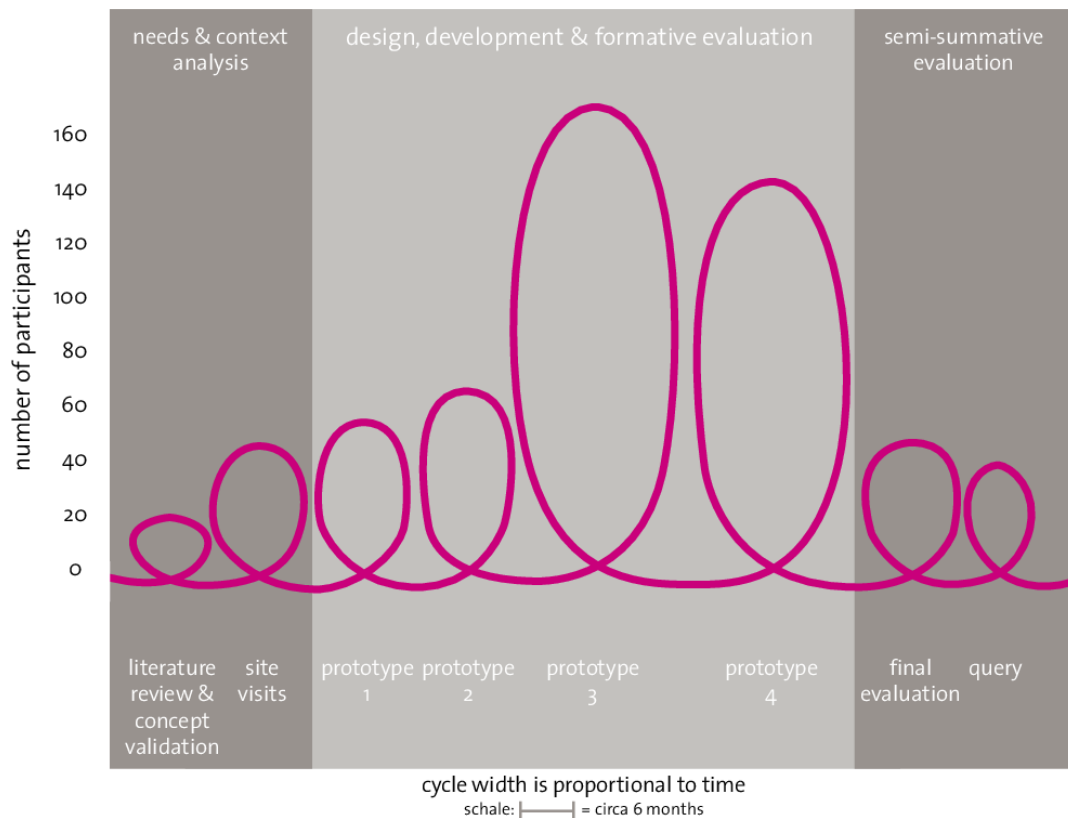
Figuur 14: Een taakklasse binnen het 4C/ID-model (van Merriënboer & Kirschner 2013)

(Uitleg-over-het-4CID-model.pdf, z.d.)

Door de sturing door de docent, en daarmee de ondersteuning van de student, stapsgewijs te laten afnemen, komt de student steeds verder in het zelfstandig uitvoeren van de beroepstaak.

2.6.2 Educational Design Research

Om een IVR-toepassing voor het onderwijs te ontwikkelen, kan er ook gebruikt worden gemaakt van het Educational Design Research (EDR)-kader van McKenney en Reeves (2011). EDR werkt met drie fasen: analyse en exploratie, ontwerp en constructie, en evaluatie en reflectie.



Figuur 15: procesweergave van een ontwerp met Educational Design Research, McKenney 2011)

(DE-TEL, z.d.)

1. Analyse en verkenning

In deze fase wordt het probleem geanalyseerd, wordt de context verkend en worden de noden voor het ontwerpen en ontwikkelen van de leerervaring uitgezet. Dit kan volgens McKenney en Reeves (2018) het best gebeuren door het organiseren van focusgroepen en interviews met betrokkenen. De onderzoekers stellen op die manier de leerdoelen helder en identificeren de noden. Ten slotte kan ook een literatuuronderzoek een bredere kijk werpen op het probleem. Zo is het voor het ontwerpen van een IVR-toepassing ook noodzakelijk om te onderzoeken welke designelementen het best bijdragen aan de effectiviteit van de toepassing.

2. Ontwerp en constructie

Op basis van de eerste fase kan een eerste prototype van een VR-toepassing ontworpen worden. Typisch voor Educational Design Research is het iteratief karakter van deze ontwikkelingsfase (zie Figuur 15). Dit resulteert in een aantal opeenvolgende prototypes die ontwikkeld en telkens weer verbeterd worden. Empirische feedback op elke versie wordt gebruikt om een volgend prototype beter te maken. Na elke aanpassing kan het prototype dan steeds beter gaan voldoen aan de noden van de gebruikers.

3. Evaluatie en reflectie

Voor de evaluatie kan gebruik gemaakt worden van vragenlijsten zoals die beschreven worden in Deel 3. Zoals verder zal blijken is het voor het ontwerpen van IVR-toepassingen voor het onderwijs niet voldoende om vragenlijsten te gebruiken die vooral de technische aspecten van de toepassing behandelen maar ook te gaan kijken naar vragen die peilen naar de leertheorieën die aan de basis liggen van de instructiemethode van de toepassing.

Deel 3 Onderzoek van een IVR-toepassing

3.1 Vragenlijsten om VR-toepassingen te evalueren

Om VR te evalueren, kunnen zowel expliciete als impliciete technieken gebruikt worden. Expliciete methodes, zoals vragenlijsten en/of interviews vereisen actieve participatie van de gebruiker, terwijl impliciete methodes gebaseerd zijn op automatische reacties en niet gericht zijn op het actief rapporteren door de gebruiker over zijn ervaringen. Het gaat dan onder meer over de verandering van hartritme, elektro-encefalogram (EEG) en functionele magnetische resonantie beeldvorming (fMRI) (Marin-Morales et al., 2020).

Expliciete methodes, in het bijzonder vragenlijsten, worden het vaakst gebruik bij de evaluatie van VR, gezien hun gebruiksvriendelijkheid en veelzijdigheid in topics. Ze maken ook evaluatie van subjectieve ervaringen mogelijk.

Bareishte et al. (2024) maakten een overzicht van 56 artikelen over het ontwikkelen van vragenlijsten om virtual reality te evalueren. Daarin bekijken ze welke factoren er in deze vragenlijsten bevraagd worden. In plaats van de term ‘factoren’ wordt de term ‘constructen’ gebruikt. Het woord ‘construct’ wordt in wetenschappelijke context vaak gebruikt en betekent eigenlijk een theoretisch concept of idee dat je niet direct kunt meten, maar dat wel belangrijk is om iets te begrijpen of te onderzoeken. Bijvoorbeeld, een construct zoals *presence* (zie pagina 72) in een virtuele omgeving is geen ding dat je kunt vastpakken of exact tellen, maar het is wel een belangrijk concept om te begrijpen hoe mensen een virtuele wereld beleven. We kunnen het ook omschrijven als een abstract begrip dat gebruikt wordt om menselijk gedrag of ervaringen te beschrijven en te analyseren.

Onderzoekers beschouwen een construct als een soort bouwsteen van een theorie of model.

De constructen die in het overzicht van Bareishte et al. (2024) het vaakst aan bod kwamen, zijn *presence* (aanwezigheid), UX (gebruikerservaring), simulator-/bewegings-/cyberziekte, immersie, realisme van de simulator, embodiment (belichaming) en de alliantie met de virtuele therapeut. Dit laatste construct laten we hier achterwege omdat het gaat over contact tussen klant en therapeut wat in het geval van de VR-toepassing die we verder bespreken, niet van toepassing is.

De andere constructen worden hierna bondig besproken.

Presence

Presence kan gedefinieerd worden als de mate waarin iets (omgeving, persoon, object of elke andere prikkel) zich in dezelfde fysieke wereld lijkt te bevinden als de observator (Felton & Jackson, 2022). We bespraken presence al eerder in het licht van het CAMIL-model. In vragenlijsten wordt dit construct vaak op zeer verschillende manieren gedefinieerd: soms gaat nu eens over een gevoel van aanwezigheid, dan weer over ruimtelijke aanwezigheid en nog een andere keer over mentale aanwezigheid. Andere topics die hier in vragenlijsten kunnen onder vallen, zijn de mogelijkheid om te interageren met de omgeving, realisme en een gevoel van belichaming van de virtuele avatar. Verschillende vragenlijsten peilen ook naar sociale of co-aanwezigheid. Terwijl sommige vragenlijsten ontwikkeld zijn voor zeer specifieke doeleinden bv. voor het meten van sociale en co-aanwezigheid voor mensen met een angst voor spreken voor een publiek (Poeschl & Doering, 2015), zijn andere ontwikkeld voor het meer algemeen meten van aanwezigheid (Makransky, Lilleholt & Aaby, 2017).

UX

UX is een breed concept dat niet enkel de instrumentele maar ook de subjectieve noden van de gebruiker afdekt (Hassenzahl & Tractinsky, 2006). De definitie voor dit concept omvat 3 delen: de inwendige toestand van de gebruiker (ingesteldheid, verwachtingen, noden, motivatie, gemoedstoestand,...), de kenmerken van het ontworpen systeem (bv. complexiteit, doel, gebruiksvriendelijkheid, functionaliteit,...) en de context of omgeving waarbinnen de interactie gebeurt (bv. sociale setting, betekenis van de activiteit, vrijwilligheid van gebruik,...) (Hassenzahl & Tractinsky, 2006).

Er zijn vragenlijsten die vooral focussen op de technische hardware van UX terwijl andere vragenlijsten vooral op de subjectieve kant of de leerervaring focussen (Assaf & Moran-Mirabal, 2023).

Bewegingsziekte

Bewegingsziekte is een overkoepelende term om de negatieve gevoelens te beschrijven die optreden na het ervaren van echte of virtuele stimuli (Leung & Hon, 2019). Alle vragenlijsten die negatieve gevoelens voor of na het gebruik van VR meten, komen in deze categorie terecht.

Er zijn vragenlijsten die focussen op cyberziekte (Freiwald et al., 2020), op bewegingsziekte (Keshavarz & Hecht, 2011), op simulatorziekte (Kennedy et al., 1993) of die het benoemen als neurowetenschap (Kourtesis et al., 2019) en HMD VR symptomen (Ames et al., 2005). Er kan besloten worden dat vragenlijsten over bewegingsziekte gebaseerd zijn op, geïnspireerd zijn door of vergeleken worden met de Simulator Sickness Questionnaire (SSQ). De SSQ is de vroegste en meest geciteerde vragenlijst i.v.m. bewegingsziekte die meteen ook 3 subschalen voorstelt: oculo-motor die focust op vermoeide ogen en hoofdpijn, disoriëntatie met duizeligheid en vertigo en nausea dat gaat over symptomen van maaggevoeligheid en oprispingen (Kennedy et al., 1993).

Vragenlijsten over bewegingsziekte zijn flexibel in gebruik: ze kunnen voor, na en soms zelfs tijdens de virtuele ervaring beantwoord worden. Het toevoegen van voorspellende factoren, zoals leeftijd, geslacht of visie (Marshv et al., 2021) en softwarekenmerken van VR (Kourtesis et al., 2019) in vragenlijsten over cyberziekte geven onderzoekers veel vrijheid om de best passende benadering te kiezen.

Immersie

Net zoals bij presence, is er bij verschillende vragenlijsten geen concrete gedeelde definitie die stelt wat immersie inhoudt (Wilkinson et al., 2021). Immersie wordt vaak verward of door elkaar gebruikt met presence of als een voorspeller gebruikt voor presence (Witmer & Singer, 1998).

De Immersive Tendencies Questionnaire (ITQ) (Witmer & Singer, 1998) is een van de weinige vragenlijsten over immersie die bedoeld was om de mogelijkheid te evalueren om zich ondergedompeld of aanwezig ('present') te voelen in een omgeving. Dit betekent dat ITQ een voorspeller kan zijn voor aanwezigheid, veel meer dan een evaluatie van de kwaliteit van een virtuele omgeving. Jennett et al. (2008) stellen dat immersie toch wel als een afzonderlijke construct moet gedefinieerd worden en niet zozeer gerelateerd aan presence. Zij stelden voor dat immersie ervaren wordt als een verlies van tijdsbewustzijn, betrokkenheid in de echte wereld en het gevoel helemaal door de taak te worden ingenomen als gevolg van een goede spelervaring. Dit wordt duidelijk in de formulering van hun vragen. Vragen van de Immersive Experience Questionnaire (IEQ) focussen op iemands ervaringen binnen een spel eerder dan algemene ervaringen en mogelijkheden om zich betrokken te voelen of te switchen tussen taken zoals in de ITQ (Witmer & Singer, 1998).

Simulatorrealisme

Simulatorrealisme meet de effectiviteit van trainings simulaties na hun gebruik (Kim et al., 2020). Vragenlijsten over simulatorrealisme bevatten specifieke vragen over reactievermogen en de kwaliteit van visuals en interacties van de leeromgeving.

Verschillen in focus zijn dat de VR Training Questionnaire (VRTQ) meer focust op controle, zintuiglijke, afleidings- en realismefactoren (Kim et al., 2020), terwijl de Simulation Task Load Index (SIM-TLX) meer focust op het meten van workload en vragen bevat over de simulatie en meer persoonlijke en subjectieve ervaringen (Harris et al., 2020), de Visual Realism Classification Scale (VRCS) op concrete visuele elementen van de simulatie zoals schaduwen en texturen (Schmied-Kowarzik et al., 2023) en de Colonoscopy Simulator Realism Questionnaire (CSRQ) topic-specifieke vragen bevat over het realisme van de simulator en zijn aanvoelen (Hill et al., 2012). Over het algemeen valt het gebruik van CSQR (Hill et al., 2012) op door zijn specificiteit maar omdat er veel verschillende colonoscopy VR-simulators bestaan, wordt hij toch vaak ingezet.

Embodiment

Embodiment gaat over de ervaringen van de gebruiker in het lichaam van een virtuele avatar. Volgens Kiltner et al. (2012) bestaat een gevoel van embodiment uit een gevoel van zelf-locatie, een gevoel van agency en een gevoel van body ownership. Afhankelijk van de vragenlijst wordt een van deze drie categorieën bevraagd of worden ze alle drie tegelijk opgenomen. Zo behandelt de Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ) van Roth en Latoschik (2020) vooral de virtual body ownership. De Embodiment Questionnaire (EQ) (Crone en Kallen, 2024) stelt ook de categorie 'disembodiment' voor die verwijst naar een verminderd gevoel van bewustzijn van de ledematen van de gebruiker.

Na grondige evaluatie kwamen Bareis et al. tot het besluit dat er in de bestaande vragenlijsten een zeer grote verscheidenheid bestaat in constructen die gemeten worden, in het daadwerkelijk gebruik en in de gebruiksvriendelijkheid van de vragenlijsten. Zo waren er ook grote verschillen in definities van VR-gerelateerde constructen zoals presence en immersie.

Er werden grote discrepanties gevonden en benadrukt tussen de interpretatie van constructen en de manier waarop deze gemeten worden, bijvoorbeeld in de definitie en meting van aanwezigheid en onderdompeling.

Bareis et al. concluderen dat ze onderzoekers willen aanmoedigen om hun keuze voor bepaalde vragenlijsten beter te onderbouwen en het gebruik van vergelijkbare vragenlijsten te bevorderen, zodat de vergelijking van verschillende VR-ervaringen mogelijk wordt. In tegenstelling tot eerdere opvattingen, bleek dat oudere vragenlijsten nog steeds bruikbare opties zijn, mede vanwege de fundamentele basis waarop ze zijn ontwikkeld.

Om het gebruik en de ontwikkeling van nieuwe vragenlijsten in VR-onderzoek te optimaliseren, nodigen ze uit om meer aandacht te besteden aan het definiëren en onderbouwen van gekozen constructen en het gebruiken van voorgestelde ontwikkelingskaders voor vragenlijsten.

3.2 Eigen onderzoek van een IVR-toepassing a.d.h.v. bestaande vragenlijsten

3.2.1 Specificaties van de toepassing

Voor het uitvoeren van de VR-simulaties werd gebruikgemaakt van de Meta Quest 3, een draadloze en standalone VR-headset met een resolutie van 2064×2208 pixels per oog en een verversingssnelheid tot 120 Hz. De bril biedt nauwkeurige tracking en een hoge gebruiksvriendelijkheid, wat ze geschikt maakt voor realistische trainingssimulaties in professionele contexten.

De VR-ervaring werd aangestuurd via de toepassing “OMS VR New Experience” van Maritime Trainer, een gespecialiseerde trainingssoftware voor de maritieme sector. De modules in deze toepassing focusten op het veilig betreden van besloten ruimtes en waren ontworpen in overeenstemming met internationale maritieme regelgeving. Elke module bestond uit een training met uitleg en een oefening waarin de verworven kennis zelfstandig moest worden toegepast.

De vier opeenvolgende modules hadden elk een specifieke focus:

- Module 1: Enclosed Space Entry Hazards behandelde de gevaren van besloten ruimtes, met nadruk op procedures, noodmaatregelen, het gebruik van self-contained breathing apparatus en referentie aan o.a. IMO Resolution A.864(20) en de Code of Safe Working Practices for Merchant Seamen (COSWP).
- Module 2: Gas Instruments ging dieper in op het gebruik, de kalibratie en de beperkingen van draagbare gasdetectieapparatuur, met als referentiebronnen SOLAS, ISGOTT en IMO Resolution A.1050(27).
- Module 3: Persoonlijke Beschermingsmiddelen (PPE) behandelde correct gebruik van beschermingsmiddelen tijdens toegang tot besloten ruimtes, opnieuw ondersteund door relevante IMO- en COSWP-regelgeving.

- Module 4: Permit to Work besprak het werkvergunningssysteem bij toegang tot besloten ruimtes, communicatieprocedures en risicobeheersing, gebaseerd op onder meer STCW, ILO-richtlijnen en ISGOTT.

De leerdoelen per module waren telkens duidelijk afgebakend en gericht op zowel bewustwording als correcte uitvoering van procedures in overeenstemming met de geldende regelgeving. Dankzij de combinatie van realistische visualisatie, actieve handelingen en onmiddellijke feedback zouden deze VR-modules een effectieve aanvulling op het theoretische maritieme veiligheidsonderwijs kunnen vormen.

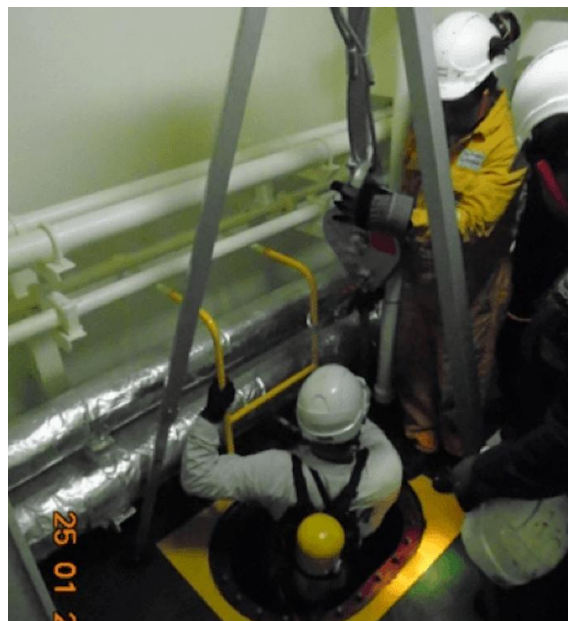
3.2.2 Het onderwerp: Betreden van besloten ruimtes aan boord

Besloten ruimtes aan boord van schepen vormen een essentieel aandachtspunt binnen het maritieme veiligheidsbeleid. Volgens de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) gaat het om ruimtes met beperkte toegangen, onvoldoende ventilatie en die niet bedoeld zijn voor langdurig verblijf (*Enclosed space ship safety rule enters into force*, z.d.). De Internationale Arbeidsorganisatie (ILO) omschrijft een besloten ruimte als een geheel of grotendeels omsloten gebied waarin er een duidelijk risico bestaat op brand, explosie, verstikking, bewustzijnsverlies of verdrinking (*Working in Confined Spaces | International Labour Organization*, 2024). Het betreden van dergelijke ruimtes vereist een hoge mate van waakzaamheid, gezien de aanwezigheid van onzichtbare en vaak dodelijke risico's.

De meest voorkomende gevaren houden verband met zuurstoftekort of -overschot, de aanwezigheid van toxische dampen en het mogelijke lekken van schadelijke stoffen uit aangrenzende compartimenten. Zelfs als het zuurstofniveau op peil is, kunnen giftige gassen ernstige gezondheidsrisico's met zich meebrengen, waaronder bewustzijnsverlies of overlijden. Verder kunnen beperkte ventilatie en slechte verlichting de situatie verergeren, terwijl de fysieke indeling van deze ruimtes reddingsacties sterk kan bemoeilijken.

Ongevallen als gevolg van struikelen, uitglijden of vallen komen bovendien vaker voor door de krappe, onoverzichtelijke omgeving. Het gebrek aan natuurlijke luchtcirculatie leidt tot ophoping van gevaarlijke dampen, afkomstig van chemische stoffen of lekkende leidingen, waardoor het betreden zonder voorbereiding levensgevaarlijk kan zijn.

Om deze risico's te beheersen is een strikt protocol noodzakelijk. Een risicoanalyse vormt steeds het startpunt en wordt uitgevoerd door een bevoegde officier. Deze analyse brengt mogelijke gevaren in kaart, bepaalt de noodzakelijke maatregelen en evalueert alternatieve werkwijzen. Vervolgens wordt het werk voorbereid aan de hand van een gedetailleerde takenlijst en vindt een grondige ventilatie van de ruimte plaats, mechanisch of natuurlijk. Gasmetingen zijn cruciaal en moeten op verschillende hoogtes worden uitgevoerd om een representatief beeld van de atmosfeer te verkrijgen. Daarbij wordt onder meer gekeken naar zuurstof, koolstofmonoxide, waterstofsulfide en koolstofdioxide.



Figuur 16: betreden van een besloten ruimte aan boord

(Procedure for Entering an Enclosed Space on a Ship, z.d.)

Indien er sprake is van werkzaamheden waarbij hitte vrijkomt, moeten extra brandpreventieve maatregelen genomen worden, zoals het verwijderen van brandbare stoffen in de omgeving. Ook moeten er voldoende verlichting en duidelijke waarschuwingsborden aanwezig zijn. Het betreden van de ruimte mag pas plaatsvinden nadat een werkvergunning – een zogenaamde Permit to Work – correct is ingevuld, ondertekend en goedgekeurd door de kapitein. Deze vergunning specificeert onder meer de aard van de werkzaamheden, de betrokken personen, de te gebruiken apparatuur, de geldigheidsduur en de overeengekomen communicatiemiddelen. Zodra de geldigheid vervalst, moet de vergunning vernieuwd worden.

Tijdens de uitvoering moet er voortdurend toezicht zijn. Een standby-persoon bewaakt het contact met degene in de besloten ruimte en staat zelf in verbinding met de brug of verantwoordelijke officier. De persoon die de ruimte betreedt, moet over een draagbare zuurstofmeter beschikken die continu de atmosfeer bewaakt. Indien het zuurstofgehalte onder de norm zakt, dient onmiddellijk geëvacueerd te worden. Lifelines en explosieveilige apparatuur zijn verplicht, en ook reddingsmateriaal zoals ademluchtapparaten, draagberries en hijsinstallaties moeten beschikbaar zijn. Na afloop van de werkzaamheden wordt de werkvergunning afgesloten.

Het is cruciaal dat bemanningsleden regelmatig worden opgeleid in het veilig betreden van besloten ruimtes. Sinds 1 januari 2015 zijn oefeningen verplicht en moeten ze minstens om de twee maanden plaatsvinden. Deze trainingen simuleren realistische scenario's en bevorderen zowel de alertheid als de praktische vaardigheden van de bemanning. Door evaluatie van de oefeningen kunnen zwakke punten in procedures tijdig worden opgespoord en verbeterd. Nieuwe bemanningsleden moeten hierbij actief begeleid worden, en er moet een open veiligheidscultuur heersen waarin vragen en bezorgdheden serieus genomen worden. Enkel op die manier kan het betreden van besloten ruimtes veilig verlopen (*Procedure for Entering an Enclosed Space on a Ship*, z.d.).

3.2.3 Evaluatie van de toepassing a.d.h.v. bestaande vragenlijsten

Voor mijn masterproef heb ik vier opeenvolgende VR-simulaties getest, elk gericht op een specifiek onderdeel van het betreden van een besloten ruimte aan boord van een schip. Elke simulatie bestond uit twee fasen: een trainingsfase en een oefenfase. Tijdens de training kreeg de gebruiker stapsgewijze instructies over de te volgen procedures, ondersteund door visuele en auditieve begeleiding. In de daaropvolgende oefening moest de gebruiker dezelfde handelingen zelfstandig uitvoeren, zonder enige hulp of aanwijzingen. Na afloop werd een score op 100 procent toegekend, gebaseerd op de nauwkeurigheid en volledigheid van de uitgevoerde stappen.

Hoewel het technisch mogelijk was om enkel de training of de oefening te doorlopen – of om de oefening voorafgaand aan de training te maken – was de opzet van het programma bedoeld om beide fasen in volgorde te doorlopen, waarbij de training fungeert als voorbereiding op de oefening.

De vier simulaties behandelden de volgende onderwerpen:

1. Simulatie 1: Uitvoeren van een risicoanalyse en radiocheck
2. Simulatie 2: Gebruik van gasdetectie-instrumenten
3. Simulatie 3: Correct gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen (PPE)
4. Simulatie 4: Invullen van een werkvergunning (permit to work) en het daadwerkelijk betreden van de tank

Om deze leerervaring vanuit gebruikersperspectief diepgaand te analyseren, werden verschillende gestandaardiseerde vragenlijsten ingevuld: de Presence Questionnaire, Self-Presence Questionnaire, Temple Presence Inventory (TPI), User Experience Questionnaire (UEQ), Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ), Immersive Experience Questionnaire (IEQ), en de Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ). Deze sectie biedt een geïntegreerde bespreking van mijn ervaringen en percepties, ondersteund door deze instrumenten.

3.2.3.1 *Ervaring met de virtuele omgeving: aanwezigheid en beleving*

Tijdens het gebruik van de vier opeenvolgende VR-simulaties – die elk een belangrijk aspect van het betreden van een besloten ruimte op een schip behandelden – werd een duidelijke indruk gevormd van de kwaliteit en effectiviteit van de virtuele omgeving. De algemene opzet van de modules, waarbij elke simulatie bestond uit een trainingsfase gevolgd door een oefening, zorgde voor een gestructureerde leerervaring. Deze opbouw bood de mogelijkheid om eerst vertrouwd te raken met de procedures, alvorens zelfstandig te oefenen zonder hulp. Dit had als voordeel dat het leerproces efficiënt verliep, maar ook dat men als gebruiker al vrij goed kon voorspellen wat er zou gebeuren tijdens de oefenfase, wat het gevoel van controle enigszins beperkte.

De mate van interactie met de virtuele omgeving was eerder functioneel dan vrij. Enkel objecten die noodzakelijk waren voor het voltooien van de oefening konden worden gemanipuleerd, wat de ervaring enigszins beperkte in termen van exploratievrijheid. Toch voelde de interactie met deze objecten zeer natuurlijk aan. Het vastpakken en verplaatsen ervan gebeurde op een logische manier, en de bediening met de VR-controllers verliep intuïtief. Het was eenvoudig om te focussen op de taken, mede dankzij de korte trainingssessies die voorafgingen aan elke oefening. Deze voorbereidingen zorgden ervoor dat men doelgericht te werk kon gaan, zonder overmatig afgeleid te worden door technische aspecten.

De visuele representatie van de omgeving was een van de sterkste punten van de simulaties. De virtuele ruimte was overtuigend en droeg in belangrijke mate bij aan het gevoel zich daadwerkelijk aan boord van een schip te bevinden. De mate van betrokkenheid bij de simulatie werd hierdoor versterkt. Ook auditief was de ervaring accuraat: hoewel het geluidsgebruik beperkt bleef, kwamen de geluiden uit de juiste richtingen en droegen ze op een subtiele manier bij aan de geloofwaardigheid van de ervaring.

Wat betreft navigatie binnen de omgeving, werd dit aspect als minder prettig ervaren. De manier van bewegen – via joysticks op de controllers – voelde onnatuurlijk aan. Vooral het feit dat draaien gebeurde in abrupte sprongen in plaats van een vloeiende beweging, werd als storend en onrealistisch ervaren. Teleportatie, wat vaak als aangener wordt ervaren in VR-omgevingen, was niet mogelijk. Dit beperkte de bewegingsvrijheid en beïnvloedde in zekere mate de immersie.

Hoewel de ervaring over het algemeen positief was, is het belangrijk te vermelden dat er geen vergelijkingsbasis was met een echte situatie, aangezien de gebruiker nog nooit een besloten ruimte aan boord van een schip fysiek heeft betreden. Hierdoor is het moeilijk om een objectieve uitspraak te doen over hoe realistisch bepaalde handelingen of scenario's aanvoelden in vergelijking met de werkelijkheid.

De beeldkwaliteit werd over het algemeen als voldoende ervaren. Enkel bij kleine details, zoals het aflezen van het scherm van de gasdetector, kon de resolutie een beperkende factor zijn. Desondanks vormde dit geen wezenlijk obstakel voor het correct uitvoeren van de opdrachten.

Ten slotte verliep de aanpassing aan de virtuele omgeving vlot. Er was geen merkbare vertraging tussen handelingen en respons in de omgeving, en de gebruikte VR-controllers werkten betrouwbaar zonder de werking van de simulaties te belemmeren. Dit alles zorgde ervoor dat de gebruiker zich snel comfortabel voelde in de VR-wereld en zich effectief kon focussen op het leerproces.

3.2.3.2 *Ervaren zelf-aanwezigheid in de virtuele omgeving*

Binnen de reeks VR-simulaties werd niet enkel de omgevingsbetrokkenheid geactiveerd, maar ook een zekere mate van zelf-aanwezigheid, ofwel *self-presence*. Dit verwijst naar de mate waarin men zich in de virtuele omgeving fysiek en psychologisch verbonden voelt met het virtuele lichaam of de avatar. Hoewel de VR-modules relatief eenvoudig bleven in termen van visuele personalisatie en emotionele beleving van het avatarlichaam, bleek uit de ervaring toch een subtiele, maar betekenisvolle mate van fysieke identificatie met het virtuele zelf.

De representatie van de handen via de controllers was overtuigend genoeg om een gevoel van nabijheid tot objecten en andere personages in de virtuele ruimte op te wekken. Het leek daadwerkelijk alsof de gebruiker zelf aanwezig was op de gesimuleerde locatie. Vooral de accuraatheid en gebruiksvriendelijkheid van de controllers droegen ertoe bij dat de virtuele handen gemakkelijk als een verlengstuk van de eigen ledematen werden ervaren. Hoewel sommige visuele elementen van de avatar – zoals het harnas – enigszins onnatuurlijk oogden, had dit weinig tot geen invloed op het gevoel van lichamelijke aanwezigheid.

Het gevoel dat gebeurtenissen in de virtuele omgeving fysieke impact hadden op het eigen lichaam bleef afwezig. Dit is grotendeels te verklaren door het feit dat er in de simulaties geen expliciete fysieke incidenten of interacties gebeurden die dit zouden uitlokken. Zo waren er bijvoorbeeld geen situaties waarin schade werd toegebracht aan de avatar, noch waren er intense emotionele of fysieke gebeurtenissen die een lichamelijke respons zouden kunnen oproepen. Hierdoor bleef de verbondenheid met het avatarlichaam eerder beperkt tot de functionele controle ervan.

De mogelijkheid om te reiken en te interageren met objecten in de omgeving via de avatar verliep vlot. Door de nauwkeurige respons van de controllers leek het vaak alsof de gebruiker effectief met zijn of haar eigen handen handelingen stelde. Hoewel dit leidde tot een functioneel gevoel van lichamelijke uitbreiding in de virtuele ruimte, ontstond er geen volledige versmelting tussen gebruiker en avatar. De gebruiker bleef zich te allen tijde bewust van het feit dat hij of zij zich in een virtuele omgeving bevond. Dit resulteerde in een balans tussen controle over het virtuele lichaam en reflectief bewustzijn van de gesimuleerde aard van de ervaring.

Tot slot waren de meer diepgaande dimensies van zelf-aanwezigheid, zoals emotionele identificatie met het avatarlichaam (*core self-presence*) of het belang hechten aan de uiterlijke kenmerken van de avatar (*extended self-presence*), niet van toepassing binnen deze specifieke simulatie. De ervaring was in essentie instrumenteel en gericht op procedurele training, en liet daardoor weinig ruimte voor persoonlijke expressie of affectieve betrokkenheid bij het virtuele zelfbeeld.

3.2.3.3 Evaluatie van aanwezigheid en sociale interactie via het Temple Presence Inventory

Om de kwaliteit van aanwezigheid en sociale interactie binnen de virtuele omgeving te beoordelen, werd het Temple Presence Inventory (TPI) gebruikt. Deze vragenlijst biedt een diepgaande analyse van hoe gebruikers de virtuele ruimte en sociale componenten ervan beleven. De resultaten tonen aan dat de VR-simulaties voornamelijk gericht waren op functionele en procedurele training, en minder op volledige immersie of sociale dynamiek.

Ruimtelijke aanwezigheid (Spatial Presence)

De perceptie van aanwezigheid in de virtuele ruimte was gemengd. Hoewel de simulaties visueel goed opgebouwd waren en de interactie via de controllers accuraat verliep, waren de objecten en personages vrij statisch. Dankzij de nauwkeurige hand-tracking leek het wel mogelijk om objecten te bereiken en ermee te interageren. Toch werd deze ervaring enigszins beperkt doordat personages vooraf bepaalde bewegingsroutes volgden en geen rekening hielden met de gebruiker; ze konden letterlijk door je heen lopen. Hierdoor ontbrak een overtuigend gevoel van gedeelde fysieke ruimte.

Op auditief vlak werd de ruimtelijke plaatsing van geluiden als accuraat ervaren, wat de geloofwaardigheid van de omgeving versterkte. Toch bleef het algemene gevoel van “er echt bij zijn” beperkt. Het visuele en auditieve ontwerp riep niet het gevoel op van kijken door een raam of naar een scherm, maar ook niet volledig van aanwezigheid *in* de omgeving. De simulatie balanceerde ergens daartussenin.

Sociale aanwezigheid – interactie met personages (Parasocial Interaction)

Wat betreft sociale aanwezigheid binnen het medium was de ervaring beperkt. De gebruiker had nooit de indruk dat de personages hem konden zien of horen. Er was sprake van minimale interactie: sommige simulaties boden keuzes in wat je kon zeggen tegen virtuele personages, maar dit was zeer beperkt en sterk gescript. Hoewel het visueel en auditief duidelijk was dat men zich in dezelfde ruimte bevond als de andere personages, was er weinig gevoel van wederzijdse aanwezigheid. Vooral tijdens de radiocheck (eerste simulatie) was het soms onduidelijk wie er precies sprak, wat de interactie verder bemoeilijkte. Oogcontact of responsief gedrag van de personages werd vooral ingegeven door verwachting – bijvoorbeeld wanneer een actie van een personage werd verwacht – eerder dan door natuurlijk aanvoelende interactie.

Sociale aanwezigheid – passief en actief niveau

De simulaties scoorden laag op zowel passieve als actieve sociale aanwezigheid. Personages vertoonden geen gezichtsuitdrukkingen of lichaamstaal, en spraken met een monotoon stemgeluid, waardoor het moeilijk was om emotionele of intentionele nuances waar te nemen. Enkel bij het observeren van persoonlijke beschermingsmiddelen (PPE) in de derde simulatie was het uiterlijk van de personages functioneel belangrijk.

Actieve reacties – zoals lachen, verbaal reageren of spontaan willen communiceren – kwamen niet voor, mede door het serieuze karakter van de oefeningen. Zelfs spraak werd niet direct door de gebruiker uitgevoerd, maar via vooraf ingestelde tekstballonnen.

Mentale betrokkenheid (Engagement / Mental Immersion)

Hoewel de gebruiker niet volledig mentaal ondergedompeld was in de simulatie, was er wel sprake van functionele betrokkenheid. De noodzaak om goed op te letten tijdens de training, zodat men de oefening correct kon uitvoeren, leidde tot een zekere mate van focus. Visuele en auditieve elementen hielpen om de context te verduidelijken, maar het bleef steeds duidelijk dat het om een gesimuleerde omgeving ging.

De ervaring werd als eerder technisch en taakgericht ervaren dan als ontspannend of meeslepend. Er was bovendien geen sprake van een narratief of verhalende structuur, waardoor de simulatie eerder als een reeks instructieve opdrachten werd beleefd dan als een immersieve ervaring.

Sociale rijkdom en realisme

De sociale rijkdom van de simulatie werd als beperkt ervaren. Door het ontbreken van dynamische interacties, emoties en sociale feedback voelde de ervaring niet persoonlijk of levendig aan. Hoewel de virtuele omgeving niet als 'koud' of 'afstandelijk' werd ervaren, droeg het statische karakter van de oefeningen niet bij aan een sociaal rijke beleving. De aanwezigheid van andere personages was grotendeels decoratief, zonder dat deze wezenlijk bijdroegen aan een gevoel van samen zijn of samenwerken.

Daarentegen werd de sociale en perceptuele realiteit van de scenario's hoog gewaardeerd. De oefeningen weerspiegelden goed hoe handelingen en procedures in werkelijkheid zouden moeten verlopen. De sequentie van taken en de structuur van de training sloten nauw aan bij wat verwacht mag worden in een echte context. Hoewel de personages er iets minder realistisch uitzagen en klonken, werd het algemene verloop van de simulaties als zeer geloofwaardig beoordeeld.

3.2.3.4 Gebruikerservaring met de VR-simulaties: evaluatie van bruikbaarheid en leereffect

De algehele gebruikerservaring van de VR-simulaties werd positief beoordeeld. Wat vooral opviel, was de unieke combinatie van praktische toepassing en theoretische kennisoverdracht, die van deze virtuele leeromgeving een waardevolle aanvulling maakt op traditionele onderwijsvormen. De mogelijkheid om een scenario – dat normaal gezien enkel in de theorielessen aan bod komt – virtueel te beleven, werd als bijzonder verrijkend ervaren. Dit gold in het bijzonder voor het betreden van een besloten ruimte, een procedure die doorgaans pas aan bod komt tijdens werkervaring aan boord van een schip.

De voorafgaande trainingsmodule in elke simulatie bood een duidelijke houvast en structuur. Hierdoor wist de gebruiker op voorhand wat er verwacht werd en in welke volgorde de stappen moesten worden uitgevoerd. Dit vergemakkelijkte niet alleen het aanleren van de procedures, maar zorgde ook voor een soepele introductie tot de werking van de VR-technologie zelf. Vooral voor een eerste kennismaking met VR werd deze stapsgewijze aanpak als zeer ondersteunend ervaren.

De simulatie werd als leerzaam en aantrekkelijk omschreven, zonder overdreven complexiteit. Ze was niet bijzonder creatief of origineel, wat logisch is gezien het doel: het realistisch nabootsen van een bestaande werkprocedure. De inhoud was dus eerder conventioneel en functioneel dan vernieuwend, maar dit werd niet als negatief ervaren. Integendeel, deze vorm van simulatie werd net gewaardeerd om haar accuraatheid en betrouwbaarheid. Door de focus op nauwkeurigheid en procedureel werken, was de simulatie zeer duidelijk, ordelijk opgebouwd en makkelijk te volgen. Tegelijkertijd bleef er voldoende uitdaging bestaan binnen de oefeningen, wat de betrokkenheid vergrootte.

Qua gebruikscomfort waren er enkele lichte kanttekeningen. Bij langer gebruik van de VR-bril kon er fysieke ongemakken zoals hoofdpijn optreden, wat de gebruiksduur in zekere mate kan beperken. Toch werd deze ongemakkelijkheid gecompenseerd door de meerwaarde die VR biedt als alternatieve en immersieve leermethode. De manier van leren werd omschreven als aantrekkelijk en efficiënt, vooral omdat het de mogelijkheid biedt om op een veilige, gecontroleerde manier ervaring op te doen met risicovolle werksituaties.

De ervaring was over het algemeen niet expliciet motiverend of demotiverend, maar wel in lijn met de verwachtingen. Sommige aspecten, zoals het effectief betreden van de virtuele tank, waren onverwacht en daardoor bijzonder interessant. Het thema zelf werd als boeiend ervaren en het feit dat men de leerstof op een praktische manier kon beleven, verhoogde het gevoel van betrokkenheid.

Hoewel de simulatie eerder als conservatief dan innovatief werd omschreven, werd dit gezien als passend binnen de context van veiligheidstraining. De duidelijke en overzichtelijke opzet, gecombineerd met het feit dat elke stap logisch was opgebouwd, zorgde voor een efficiënte leerervaring. Kortom, deze VR-toepassing werd beschouwd als een waardevol instrument binnen het veiligheids- en maritiem onderwijs.

3.2.3.5 *Cybersickness in de virtuele wereld*

Hoewel het gebruik van virtual reality aanzienlijke didactische voordelen biedt, bracht de toepassing van de VR-bril ook enkele fysieke ongemakken met zich mee. Tijdens de sessies werd een lichte vorm van ongemak ervaren die typisch geassocieerd wordt met VR-gebruik, ook wel bekend als “VR sickness” of cybersickness. Deze symptomen bleven over het algemeen mild, maar waren voldoende aanwezig om de gebruikservaring gedeeltelijk te beïnvloeden.

Vooraf bij langere sessies – meer dan 20 minuten – traden klachten zoals lichte hoofdpijn en vermoeidheid van de ogen op. Deze symptomen manifesteerden zich meestal na het doorlopen van zowel de trainings- als oefenmodule van de simulatie. Hierdoor werd het noodzakelijk om bewust pauzes in te lassen om fysieke overbelasting te vermijden. Dit maakt het lesgeven via VR minder geschikt voor langere opleidingssessies zonder onderbreking, en vereist een duidelijke afbakening van gebruiksduur binnen onderwijscontexten.

Daarnaast werd vastgesteld dat het scherpstellen in de VR-omgeving niet altijd vlot verliep. De positionering van de bril was zeer gevoelig: als deze niet exact goed zat, werd het beeld wazig of onscherp, wat het focussen op specifieke elementen in de omgeving bemoeilijkte. Dit leidde tot een verhoogde mentale inspanning tijdens het gebruik en een gevoel van “volheid” in het hoofd na een langere sessie.

Toch bleven de ernstigere symptomen van VR-sickness, zoals duizeligheid, vertigo of desoriëntatie, volledig uit. Zowel tijdens het gebruik als bij het sluiten van de ogen nadien werden dergelijke klachten niet ervaren. Er was dus geen sprake van verstoorde evenwichtswaarneming of misselijkheid, wat erop wijst dat de gebruikte VR-simulaties in hun ontwerp voldoende rekening hielden met de basisprincipes van comfort en stabiliteit in de virtuele omgeving.

Samenvattend kan gesteld worden dat de fysieke belasting bij gebruik van de VR-bril zich vooral uitte in visuele vermoeidheid en lichte hoofdpijn, zonder ernstige symptomen. Dit onderstreept het belang van ergonomisch ontwerp, optimale brilafstelling en tijdsgebonden instructiemomenten bij het gebruik van VR in een onderwijssituatie. Met de juiste aanpassingen en pauzemomenten blijft het gebruik van VR echter een haalbare en waardevolle methode voor praktische training.

3.2.3.6 Mentale onderdompeling en betrokkenheid tijdens de VR-ervaring

De mate van immersie in de VR-simulaties werd als degelijk, maar gematigd ervaren. De gebruiker rapporteerde een gemiddelde score van 7 op 10 op de schaal van immersie, wat wijst op een voldoende sterke betrokkenheid bij de virtuele omgeving, zonder dat de grens tussen de echte en de virtuele wereld volledig vervaagde. Deze score weerspiegelt een evenwichtige ervaring waarbij de gebruiker functioneel ondergedompeld werd, maar tegelijk bewust bleef van de context buiten de headset.

Tijdens de trainingsmodules was het soms lastig om de aandacht volledig vast te houden, met name in de eerste simulatie waar de hoeveelheid uitleg relatief hoog lag. De oefeningen zelf daarentegen vereisten meer actieve betrokkenheid, wat de concentratie ten goede kwam. Het feit dat aan het eind van elke oefening een score werd toegekend, verhoogde de motivatie om correct en zorgvuldig te werk te gaan. Deze prestatiegerichte insteek zorgde ervoor dat gebruikers hun best deden, zonder dat de inspanning als zwaar of belastend werd ervaren.

Een belangrijk element in de beleving was het gevoel van afgescheidenheid van de buitenwereld. De VR-bril creëerde een duidelijke scheiding tussen de virtuele en reële omgeving, waardoor het bijvoorbeeld makkelijker werd om tijd uit het oog te verliezen of minder bewust te zijn van externe prikkels. Toch bleef de gebruiker steeds in zekere mate bewust van zijn alledaagse zorgen en de fysieke wereld om zich heen. Er was dus geen volledige cognitieve dissociatie, maar eerder een praktische balans tussen focus in de simulatie en realiteitsbesef.

De interactie met de virtuele omgeving werd als overtuigend ervaren. De controllers waren intuïtief in gebruik, waardoor ze na verloop van tijd nauwelijks nog als apart hulpmiddel werden ervaren. De mogelijkheid om vrij rond te lopen en objecten op te nemen, droeg bij aan het gevoel van agency – het idee dat men zélf handelde binnen de virtuele ruimte. Hierdoor ontstond een vloeiende gebruikerservaring waarin handelingen natuurlijk aanvoelden.

De moeilijkheidsgraad van de simulatie werd als evenwichtig beoordeeld: noch te eenvoudig, noch uitdagend in extreme mate. De voorafgaande trainingen boden voldoende voorbereiding, wat het risico op fouten minimaliseerde. Hierdoor ontstond een veilige leeromgeving waarin de gebruiker gemotiveerd bleef en zelden gefrustreerd raakte. Het opdelen van de totale simulatie in vier kortere modules bleek een doordachte keuze; het maakte de sessies behapbaar en voorkwam mentale overbelasting.

Emotioneel gezien bleef de simulatie eerder neutraal. Er was geen sprake van sterke gehechtheid aan het scenario, noch van spanning over mogelijke fouten. Toch werd er met interesse en nieuwsgierigheid gewerkt: het ontdekken van nieuwe elementen – zoals het daadwerkelijk betreden van een tank – werd als verrassend en leerrijk ervaren. Hoewel de gebruiker de simulatie niet meteen opnieuw zou willen doorlopen, gaf hij wel aan dat herhaling op langere termijn interessant zou kunnen zijn.

Visueel werd de omgeving als realistisch ervaren bij een eerste, globale indruk. Bij meer gedetailleerde observatie werd het duidelijk dat sommige visuele aspecten minder natuurgetrouw waren, maar dit had geen storende invloed op de beleving. Over het algemeen werd de simulatie als realistisch genoeg bevonden om bij te dragen aan de leerervaring, zeker gezien het thema van veiligheid en voorbereiding op het betreden van besloten ruimtes.

3.2.3.7 *Lichaamsrepresentatie en embodiment in de virtuele omgeving*

Een belangrijk aspect van virtuele realiteit is de mate waarin gebruikers zich lichamelijk vertegenwoordigd en verbonden voelen met hun virtuele avatar – een concept dat binnen de literatuur wordt omschreven als *virtual embodiment*. Op basis van de bevindingen uit de Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ) kan gesteld worden dat deze lichaamsbetrokkenheid in de VR-simulaties slechts gedeeltelijk tot stand kwam. Hoewel de functionaliteit van het virtuele lichaam overtuigend was, bleef de subjectieve ervaring van lichaamsidentificatie eerder beperkt.

Body Ownership en Acceptatie

De gebruiker rapporteerde dat hij zich nooit volledig één voelde met het virtuele lichaam. Er was geen expliciet gevoel dat het digitale lichaam als zijn eigen lichaam werd ervaren. Dit kwam onder andere doordat de lichaamsdelen in VR niet aanvoelden als verlengstukken van het echte lichaam. Toch waren er elementen die bijdroegen aan een zekere mate van geloofwaardigheid: de proportionele weergave van het lichaam binnen de omgeving (grootte, positie) en de noodzaak om specifieke voorwerpen – zoals een helm of schoenen – naar het juiste lichaamsdeel te brengen, versterkten het idee van een realistisch lichaamsbeeld. Deze handelingen ondersteunden het idee van een functioneel lichaam binnen de virtuele ruimte, ook al leidde dit niet tot een volledig gevoel van eigenaarschap of acceptatie van het avatarlichaam als een integraal deel van het zelf.

Controle en Agency

Wat betreft controle over het virtuele lichaam, was de ervaring overwegend positief. De gebruiker voelde zich steeds verantwoordelijk voor en in controle over de handelingen van het virtuele lichaam. Vooral de handbewegingen die via de VR-controllers werden uitgevoerd, werden als zeer accuraat ervaren en droegen bij aan een gevoel van directheid en precisie.

Toch bleef het verschil tussen echte en virtuele bewegingen merkbaar, met name bij locomotie: het verplaatsen gebeurde via een joystick, terwijl het fysieke lichaam in werkelijkheid stilstond. Deze discrepantie tussen waargenomen en uitgevoerde bewegingen beperkte het gevoel van volledige embodiment, omdat de natuurlijke koppeling tussen motorische intentie en fysieke uitvoering ontbrak.

Verandering van lichaamsperceptie

Tijdens de VR-simulaties ervaarde de gebruiker geen enkele verandering in zijn lichaamsperceptie. De vorm, grootte, breedte en het gewicht van het lichaam bleven in de virtuele omgeving vergelijkbaar met de eigen fysieke proporties. Er werden geen visuele of sensorische aanpassingen gepercipieerd die zouden kunnen bijdragen aan een gevoel van transformatie of vervreemding. Deze consistentie kan positief zijn in het kader van realisme en trainingsdoeleinden, aangezien het behoud van herkenbare lichaamskenmerken de oriëntatie en taakgerichtheid bevordert.

3.2.4 Conclusie

De IVR-toepassingen over het betreden van besloten ruimtes werd geëvalueerd aan de hand van bestaande vragenlijsten. Aan de hand van deze vragenlijsten kon vooral een goed beeld geschetst worden van de technische kwaliteiten van deze IVR-toepassing. De constructen die bevraagd werden, waren vooral aanwezigheid (presence), sociale interactie, gebruikservaring, bewegingsziekte, immersie, betrokkenheid en lichaamsrepresentatie. Dit zijn factoren die terecht onderzocht moeten worden wanneer een IVR-toepassing wordt geëvalueerd.

Bij een toepassing die wordt ontwikkeld voor gebruik in het onderwijs moet er echter ook naar andere factoren worden gekeken. Wanneer VR-toepassingen gebruikt worden in het onderwijs, is het ook belangrijk om de leerervaring te gaan bevragen. VR-toepassingen voor het onderwijs moeten immers niet alleen technisch goed in elkaar zitten, ze zijn ook bedoeld om studenten iets te laten leren. Daarom moeten ze ook rekening houden met *hoe* studenten iets leren. Deze informatie vonden we in de leertheorieën en theoretische kaders zoals deze in de literatuurstudie van dit werk beschreven werden.

De basis om terug te grijpen naar bestaande leertheorieën vinden we in het Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL) (Makransky en Petersen, 2021), een theoretisch kader dat zegt dat leertheorieën en instructiemethodes die gebaseerd zijn op wetenschappelijk onderzoek in klassieke onderwijsmethodes ook kunnen toegepast worden in IVR. Een instructiemethode die gebruikt wordt in een IVR-les is vooral effectief als ze de unieke affordances van IVR mogelijk maakt.

Voor leertheorieën bestaan er ook vragenlijsten. Deze kunnen eventueel aangepast worden zodat ze ook geschikt zijn voor VR-bevragingen.

Zo geven Makransky en Petersen (2021) aan dat het zeer belangrijk is om cognitieve belasting (cognitieve belastingstheorie) en zelf-regulatie (zelf-determinatietheorie) in beschouwing te nemen bij het ontwerpen en ontwikkelen van immersieve leerscenario's. Dit betekent dat irrelevant materiaal dat voor afleiding zorgt tijdens de leerervaring, best weggelaten wordt zodat de lerende zich helemaal kan concentreren op de relevante aspecten.

Door het bevragen van alle affordances die deel uitmaken van het CAMIL-model zou er in de toekomst nog meer onderzoek kunnen gevoerd worden naar de onderlinge relaties en de paden tussen deze affordances.

3.3 Bijkomend onderzoek van een IVR-toepassing a.d.h.v. vragenlijsten van leertheorieën

3.3.1 Toepassing van de cognitieve belastingstheorie op VR-modules voor besloten ruimten

Om de effectiviteit van de VR-modules te evalueren vanuit didactisch perspectief werd onder andere gekeken naar de cognitieve belasting die het leren met deze technologie met zich meebracht. Hierbij werd gebruikgemaakt van een vragenlijst gebaseerd op de cognitieve belastingstheorie (*Cognitive Load Theory*, CLT), die onderscheid maakt tussen drie soorten belasting: intrinsieke, extrane, en germane belasting (Sweller, 1988; Leppink et al., 2013).

De intrinsieke belasting, die verband houdt met de complexiteit van de leerinhoud zelf, werd in deze VR-context als relatief laag ervaren. Dankzij de voorafgaande trainingsmodules, waarin de verschillende stappen helder en stapsgewijs werden uitgelegd, was de inhoud goed te begrijpen. Daarbij speelde het een rol dat de leerstof grotendeels al eerder aan bod was gekomen in het theoretische curriculum. Nieuwe of complexe informatie werd niet als overweldigend ervaren, mede doordat de training elk aspect van het proces systematisch behandelde. Wel werd opgemerkt dat zonder enige voorkennis de instap moeilijker zou kunnen zijn, hoewel de modules ook dan voldoende houvast bieden.

De extrane belasting, die voortkomt uit de vormgeving en structuur van het leermateriaal, kende enkele beperkingen. Zo werd de opdeling in vier afzonderlijke modules als minder overzichtelijk ervaren wanneer men het gehele proces in samenhang wilde begrijpen. Hoewel de mogelijkheid bestond om elke module afzonderlijk te doorlopen, werd hierdoor het leggen van verbanden tussen verschillende informatiesegmenten enigszins bemoeilijkt. Daarnaast werd aangehaald dat het in een VR-omgeving lastiger is om snel informatie te herbekijken of op te zoeken, wat de cognitieve belasting bij onduidelijkheden verhoogt. Ook het wennen aan de virtuele omgeving leidde initieel tot lichte concentratieproblemen, hoewel die gaandeweg verdwenen naarmate men actiever betrokken raakte bij de oefeningen.

De germane belasting – de mentale inspanning die actief bijdraagt aan het leerproces – werd echter als positief ervaren. Doordat de gebruiker na de oefening een score kreeg met concrete feedback op zijn prestatie, ontstaat een duidelijke mogelijkheid tot zelfreflectie. Tijdens de oefeningen moest men zelf de verworven kennis toepassen zonder ondersteuning, waardoor men effectief moest nadenken over de te volgen stappen. Deze zelfsturing droeg bij aan het verdiepen van de leerervaring. Het koppelen van eerder verworven theoretische kennis aan de praktijk in een virtuele setting werd als zeer zinvol ervaren, en gaf gebruikers de mogelijkheid om hun kennis op een meer realistische manier te verankeren. De gescoorde prestaties bevestigden bovendien de effectiviteit van deze aanpak: het leereffect werd als snel en accuraat toepasbaar ervaren.

Samenvattend blijkt dat de VR-modules op een evenwichtige manier omgaan met de drie vormen van cognitieve belasting. De intrinsieke belasting bleef beperkt dankzij een duidelijke opbouw en voorkennis, de extrane belasting was aanwezig maar beheersbaar, en de germane belasting werd optimaal benut door het inzetten van zelfreflectie, praktijkgerichtheid en actieve kennisverwerking. Deze balans draagt in sterke mate bij aan de onderwijskundige waarde van de VR-modules als leermiddel binnen het maritieme veiligheidsdomein.

3.3.2 Motivatie en beleving in VR-trainingen: een analyse op basis van de zelfdeterminatietheorie

De mate waarin een leermethode motiverend werkt, is een cruciale factor voor duurzame kennisopbouw en transfer naar de praktijk. Binnen deze studie werd de motivatie van studenten geëvalueerd aan de hand van de Intrinsic Motivation Inventory (IMI), een vragenlijst ontwikkeld vanuit de zelfdeterminatietheorie (Ryan & Deci, 2000). Deze theorie stelt dat intrinsieke motivatie optimaal tot ontwikkeling komt wanneer drie psychologische basisbehoeften worden vervuld: autonomie, competentie en verbondenheid. In de context van de VR-modules werden verschillende subschalen van de IMI gebruikt om deze aspecten te meten, aangevuld met vragen uit bijhorende belevingsvragenlijsten (TEQ, TMQ en APQ).

De subschaal interest/enjoyment – beschouwd als de directe maat voor intrinsieke motivatie – scoorde hoog. De VR-modules werden als een boeiende en leerrijke manier van leren ervaren. Doordat de gebruiker voortdurend actief betrokken werd bij de uitvoering van de taken, ontstond een gevoel van eigenaarschap over het leerproces. Deze actieve betrokkenheid versterkte niet alleen het leerplezier, maar ook de motivatie om de leerstof grondig te verwerken.

Binnen de perceived competence-dimensie werd duidelijk dat het systeem van onmiddellijke feedback na elke oefening een positief effect had. De gebruiker kreeg een score op zijn prestatie, samen met concrete uitleg over eventuele fouten of vergeten stappen. Hierdoor werd het mogelijk om gericht te reflecteren en verbeterpunten te identificeren. Dit verhoogde het gevoel van bekwaamheid, wat volgens de zelfdeterminatietheorie een kernvoorwaarde is voor intrinsieke motivatie.

De effort/importance-schaal werd in dit geval beïnvloed door het feit dat de simulatie deel uitmaakte van de thesisopdracht. De inzet was dus hoog, maar eerder taakgebonden dan spontaan. Toch toont dit aan dat contextuele factoren – zoals persoonlijke relevantie en doelgerichtheid – ook een rol spelen in motivatiebeleving, zoals ook in het CAMIL-model wordt benadrukt.

Op het vlak van pressure/tension werd de VR-ervaring als ontspannen en beheersbaar omschreven. De gebruiker ervoer geen prestatiedruk, mede dankzij de vrije exploratie binnen de omgeving en de afwezigheid van tijdsdruk. Deze rustige leeromgeving ondersteunde de autonomie van de gebruiker en bevorderde een positieve leerattitude.

Wat betreft value/usefulness was de waardering bijzonder hoog. De simulaties maakten het mogelijk om praktijkervaring op te doen in een gecontroleerde en veilige omgeving, wat in de realiteit vaak ontbreekt. Zeker in het maritiem onderwijs, waar de fysieke toegang tot besloten ruimten zelden geoefend kan worden, biedt VR een unieke meerwaarde. Door het zelf uitvoeren van handelingen, en het visueel en fysiek doorlopen van het proces, werd de theoretische kennis tastbaar en relevant.

Ook uit de aanvullende belevingsvragenlijsten bleek dat de gebruiker het leren via VR als zinvol en leerrijk beschouwde. Hoewel sommige delen van de training als minder boeiend werden ervaren – met name wanneer er vooral moest geluisterd worden – zorgde de actieve toepassing in de oefenfase telkens voor hernieuwde motivatie en betrokkenheid. De training werd dus ervaren als noodzakelijk, maar pas tijdens de toepassing kreeg het geheel echt betekenis.

De text material- en subject impressions-vragenlijsten waren in deze context minder van toepassing, aangezien het leermateriaal voornamelijk auditief werd aangereikt en er weinig sprake was van sociale interactie of tekstverwerking.

Tot slot gaf de gebruiker aan dat het werken met VR niet alleen het leren aantrekkelijker maakte, maar ook het begrip van de leerinhoud vergrootte. Door het virtueel ervaren van het betreden van een besloten ruimte werd de brug geslagen tussen theorie en praktijk. Deze actieve ervaringsgerichte component versterkte de motivatie om zich verder in het onderwerp te verdiepen.

3.3.3 Reflectie op ervaringsgericht leren in VR-context: mogelijkheden en beperkingen

Binnen het kader van deze studie werd de toegevoegde waarde van ervaringsgericht leren geëvalueerd aan de hand van diverse vragenlijsten en modellen, waaronder het model van Kolb (1984). Hoewel dit model doorgaans gericht is op leren door doen, bleek het slechts gedeeltelijk toepasbaar op de specifieke VR-modules die in dit onderzoek werden gebruikt.

In de simulaties werd de leerervaring als aantrekkelijk en leerrijk ervaren, vooral omdat men als gebruiker zelf actief handelingen moest uitvoeren. De mogelijkheid om de theoretische kennis om te zetten in een praktijkervaring werd gewaardeerd. Omdat het betreden van een besloten ruimte moeilijk fysiek na te bootsen is in een schoolcontext, bood de virtuele omgeving een uniek alternatief dat als zinvoller werd ervaren dan traditionele klassikale lessen. Ook het feit dat men volledig autonoom door het scenario ging, zorgde voor een grotere betrokkenheid.

Toch zijn er belangrijke beperkingen in de toepassing van klassieke ervaringsgerichte leerprincipes binnen deze VR-context. Veel van de vragen in de gehanteerde vragenlijsten hadden betrekking op sociale interactie, samenwerking en groepsbesluitvorming, wat in deze simulaties niet aan de orde was. De gebruiker opereerde volledig zelfstandig, terwijl andere “personages” in de simulatie voorgeprogrammeerde computerpersonages waren zonder echte invloed op de beslissingen of het verloop van het scenario.

Bovendien was er sprake van een sterk gestructureerd script. De simulaties boden weinig tot geen ruimte voor vrije keuze, afwijkende oplossingen of onverwachte situaties. Elke stap werd vooraf bepaald en de enige vrijheid lag in het uitvoeren van de procedure zoals vooraf aangeleerd. Dit maakt dat het probleemoplossende aspect en de creatieve component, die normaal kenmerkend zijn voor ervaringsgericht leren, hier beperkt aanwezig waren. Gebruikers kregen geen reële obstakels voorgeschoteld waarbij een analyse of afweging van mogelijke oplossingen vereist was.

Ook het reflectieve luik was niet expliciet ingebouwd in de simulatie zelf, maar werd pas nadien gestimuleerd via feedback in de vorm van scores en foutenanalyse. Hoewel dit wel bijdraagt aan inzicht, mist het de cyclische aard van Kolbs model, waarin reflectie idealiter tot aangepaste actie leidt in een nieuwe situatie.

Kortom, de VR-simulatie bood wel degelijk een vorm van ervaringsgericht leren, met name op het vlak van actief handelen, procedurele uitvoering en ervaringsopbouw. De ervaring was boeiend, praktijkgericht en gaf de gebruiker het gevoel effectief te oefenen met realistische situaties. Echter, de afwezigheid van sociale interactie, vrije beslissingsruimte en onverwachte problemen maakt dat deze leeromgeving slechts een gedeeltelijke invulling geeft aan de klassieke modellen van ervaringsgericht leren. Dit toont aan dat VR binnen veiligheidsopleidingen vooral krachtig is voor het trainen van gestandaardiseerde procedures, maar minder geschikt is voor het oefenen van adaptieve of coöperatieve vaardigheden zoals samenwerking, probleemoplossend denken en beslissingsvorming onder druk.

3.3.4 Toepasbaarheid van probleemgestuurd leren in de context van VR-simulaties

Probleemgestuurd leren (PGL) is een didactische benadering waarbij studenten actief leren door het analyseren en oplossen van realistische, open problemen. Binnen deze benadering staan zelfsturing, samenwerking, reflectie en kennisconstructie centraal (Barrows & Tamblyn, 1980; Ramsden, 2003). Om te onderzoeken in welke mate deze principes aanwezig waren binnen de geteste VR-simulaties, werd de Course Experience Questionnaire (CEQ) als leidraad genomen voor reflectie.

De VR-modules in dit onderzoek waren duidelijk gestructureerd rond één specifiek scenario: het veilig betreden van een besloten ruimte aan boord van een schip. Hoewel deze context een herkenbare en beroepsrelevante toepassing betreft, werd de inhoud ervaren als nauw afgebakend en procedureel, eerder dan als breed toepasbaar of transfergericht. De training focuste sterk op het correct uitvoeren van vooraf bepaalde stappen, zonder ruimte voor alternatieve oplossingen of het formuleren van eigen strategieën. Dit beperkt de mate waarin sprake is van authentieke, open problemen — een kernvereiste voor probleemgestuurd leren.

Bovendien liet de opbouw van de simulaties weinig keuzemogelijkheden of beslissingsruimte toe. Hoewel de gebruiker theoretisch de volgorde van stappen kon wijzigen, leidde dit automatisch tot foutmeldingen of puntenverlies. Hierdoor werd de nadruk gelegd op het correct reproduceren van een vastgelegde procedure, wat kenmerkender is voor instructiegericht leren dan voor probleemgestuurd leren. Het leerproces was dus eerder gericht op het correct navolgen van een script, dan op het exploreren of oplossen van complexe problemen.

Toch waren er ook elementen aanwezig die een positief effect kunnen hebben op motivatie en betrokkenheid, aspecten die wél ondersteund worden binnen het PGL-denken. Zo gaf de deelnemer aan dat het gebruik van VR als leermiddel motiverend werkte. Het bood een vernieuwende en interactieve ervaring die afweek van traditionele klassikale lessen, wat volgens onderzoek (Dolmans et al., 2005) bijdraagt aan verhoogde studentbetrokkenheid. Daarnaast waren de leerdoelen en verwachtingen per module duidelijk omschreven, wat aansluit bij een van de positieve kenmerken van effectieve PGL-implementaties volgens Ramsden (2003).

De zelfregulerende component bleef echter beperkt. In klassiek probleemgestuurd leren is het de bedoeling dat studenten zelf informatie opzoeken, onderling discussiëren en het probleem analyseren. Binnen deze simulaties gebeurde dat niet: de training gaf alle benodigde informatie vooraf, en de oefening moest vervolgens één-op-één gereproduceerd worden. Er was geen groepsinteractie, geen probleemverkenning en geen zelfgestuurde kennisverwerving.

Samenvattend kan gesteld worden dat de onderzochte VR-modules niet beantwoorden aan de kerncriteria van probleemgestuurd leren. Hoewel het scenario realistisch was en de leerdoelen helder geformuleerd, ontbraken essentiële didactische elementen zoals open probleemstelling, keuzevrijheid, samenwerking en zelfsturing. De modules waren eerder gericht op het individueel inoefenen van gestandaardiseerde procedures, wat ze wel bijzonder geschikt maakt voor instructieve doeleinden, maar beperkt inzetbaar als volwaardige PGL-leeromgeving. Wel toont de motivatie van de deelnemer aan dat innovatieve leervormen zoals VR waardevol kunnen zijn binnen een blended learning-benadering, waarin PGL en instructief leren elkaar kunnen aanvullen.

3.3.5 Flow-ervaring tijdens het gebruik van VR-simulaties

De Flow-theorie, zoals geformuleerd door Csikszentmihalyi (1990), beschrijft een optimale toestand van betrokkenheid waarbij individuen volledig opgaan in een activiteit, met een hoge mate van concentratie, controle, en intrinsiek plezier. In het kader van deze studie werd de *Échelle de Flow en Contexte Éducatif* (Heutte et al., 2021) gebruikt om de aanwezigheid van flow tijdens het gebruik van VR-simulaties voor het betreden van besloten ruimtes te analyseren.

De deelnemer gaf aan een sterk gevoel van controle en zelfvertrouwen te ervaren tijdens het uitvoeren van de taken. De voorafgaande training zorgde voor voldoende structuur en voorbereiding, waardoor de oefeningen met zekerheid en doelgerichtheid konden worden aangevat. Deze balans tussen uitdaging en bekwaamheid vormt een essentieel element van flow.

Verder werd melding gemaakt van een verhoogde concentratie en absorptie tijdens de oefeningen. De gebruiker was sterk gefocust op de uitvoering van de handelingen, wat leidde tot een verminderde tijdsbeleving — een typisch kenmerk van flow. De omgeving stimuleerde zo een diepere cognitieve betrokkenheid, zonder dat externe afleiding of sociale druk meespeelde.

In sociale zin droeg het feit dat de simulatie individueel werd doorlopen bij aan het wegnemen van eventuele spanningen. Er was geen invloed van andere mensen in de omgeving van de gebruiker waardoor gevoelens van schaamte of prestatiedruk konden ontstaan, wat de psychologische veiligheid van de leeromgeving ten goede kwam.

Hoewel de ervaring als leerzaam en interessant werd omschreven, was er geen sprake van een diepere emotionele band met de taak. De flow-ervaring bleef dan ook eerder cognitief en taakgericht, zonder de existentiële voldoening die soms met meer betekenisvolle of creatieve opdrachten gepaard gaat.

Samengevat kunnen we stellen dat de VR-simulaties de nodige voorwaarden voor het ontstaan van flow wisten te realiseren. De combinatie van duidelijke doelen, onmiddellijke feedback, afwezigheid van externe afleiding en een evenwichtige verhouding tussen vaardigheid en uitdaging, creëerde een leeromgeving waarin gebruikers zich optimaal konden concentreren en engageren.

3.3.6 Beoordeling van de VR-simulatie in het licht van (sociaal-)constructivistisch leren

Het constructivisme stelt dat leren het resultaat is van actieve kennisconstructie op basis van ervaringen, waarbij de lerende centraal staat in zijn of haar eigen leerproces. Binnen het sociaal-constructivisme ligt daarnaast een sterke nadruk op sociale interactie, coöperatief leren en betekenisvolle contexten. Om na te gaan in welke mate de VR-modules aansloten bij deze onderwijskundige stroming, werd de simulatie geëvalueerd aan de hand van dimensies uit constructivistische ontwerpmodellen.

De VR-simulaties voldeden gedeeltelijk aan enkele basiskenmerken van constructivistisch leren. Zo was er sprake van een authentieke en relevante context: de scenario's weerspiegelden realistische situaties die daadwerkelijk kunnen voorkomen aan boord van een schip. De gebruiker gaf aan duidelijk te begrijpen wat er verwacht werd tijdens de oefening, en waarom die handelingen van belang waren. Door de oefening zelfstandig te voltooien en een score te ontvangen, werd een directe link gelegd tussen handeling en uitkomst, wat het leerproces versterkte. Bovendien stimuleerde het vaste beoordelingsmechanisme — waarbij fouten enkel konden worden gecorrigeerd door de volledige oefening opnieuw te doen — een duidelijke leergerichte motivatie en taakgerichtheid.

Desondanks bleven meerdere kernaspecten van sociaal-constructivistisch leren afwezig. Er was geen sprake van samenwerking of interactie met andere studenten of instructeurs. De simulatie was volledig individueel opgebouwd, zonder gelegenheid voor overleg, discussie of gedeelde reflectie tijdens of na de oefening. Hoewel een nabespreking met medestudenten theoretisch mogelijk is, werd aangegeven dat dit weinig toegevoegde waarde zou hebben, omdat de scenario's vastliggen en er geen variatie of alternatieve oplossingen mogelijk zijn.

Ook het probleemoplossende en hogere orde denken, vaak bevorderd binnen projectmatig of probleemgestuurd leren, kwam binnen deze VR-module nauwelijks aan bod. De leeromgeving was strikt gestructureerd, met een duidelijke, lineaire volgorde van handelingen die moest worden gevolgd. Afwijken van het voorgeschreven pad resulteerde onmiddellijk in een lagere score of foutmelding. Hierdoor was er weinig ruimte voor interpretatie, analyse of het ontwikkelen van eigen oplossingsstrategieën.

Ten slotte bleek ook de psychosociale leeromgeving — een belangrijk aspect van constructivistische modellen — minder relevant in deze context. De gebruiker opereerde in volledige afzondering binnen de simulatie, zonder sociale druk of groepsdynamiek. Hoewel dit een gevoel van veiligheid kon bevorderen, betekende dit tegelijk dat er geen gebruik werd gemaakt van de leermogelijkheden die voortvloeien uit sociale interactie of gedeelde kennisopbouw.

Concluderend kunnen we stellen dat de geteste VR-module weliswaar een betekenisvolle en praktijkgerichte leerervaring bood, maar slechts gedeeltelijk aansluit bij het constructivistische paradigma, en nauwelijks bij het sociaal-constructivistische kader. De nadruk lag op het individueel verwerven en toepassen van procedurele kennis binnen een vaste, vooraf gescipte context. Samenwerking, keuzevrijheid en cognitieve diepgang — centrale kenmerken van constructivistisch onderwijs — bleven grotendeels afwezig. Dit bevestigt dat VR, in zijn huidige vorm, vooral geschikt is voor het trainen van technische procedures, maar aanvullende didactische werkvormen nodig heeft om ook sociaal en kritisch denken te stimuleren.

Deel 4 Besluit

In deze masterproef werd een IVR-toepassing voor het aanleren van procedures voor het betreden van besloten ruimtes geëvalueerd aan de hand van vragenlijsten. Voor deze evaluatie werd gebruik gemaakt van twee soorten vragenlijsten.

In een eerste fase werden standaard vragenlijsten ingevuld die regelmatig ingezet worden voor het ontwerpen, ontwikkelen en evalueren van IVR. Deze vragenlijsten werden ervaren als goede tools om de voor- en nadelen van de IVR-toepassing te beoordelen. Dankzij deze vragenlijsten kon een duidelijke indruk gevormd worden van de virtuele omgeving. De algemene gebruikerservaring werd als positief beoordeeld. Alhoewel de gebruiker zich niet volledig ondergedompeld voelde in de ervaring, was er wel sprake van functionele betrokkenheid. Er was weinig vrijheid – maar dat is ook eigen aan de procedure. De technische aspecten waren zonder meer goed en zorgden niet voor overdreven afleiding. Enkel de navigatie met controllers voelde toch vooral als onnatuurlijk.

De literatuurstudie die in het eerste deel van het onderzoek werd uitgevoerd, wees er vooral op dat de bestaande onderzoeken en bijhorende vragenlijsten in de eerste plaats gericht waren op technische aspecten van IVR. Zo is bijvoorbeeld een groot gevoel van onderdompeling of immersie vooral het gevolg van specifieke technische kenmerken.

In de literatuur die we onderzochten werd een groot hiaat aangehaald als het ging over het gebruik van IVR in het onderwijs, namelijk het gebrek aan integratie van leertheorieën die al zeer grondig bestudeerd zijn en hun grote waarde al meermaals hebben bewezen bij het gebruik van meer traditionele onderwijsmethodieken.

Daarom is er in deze masterproef voor gekozen om de specifieke IVR-toepassing over het betreden van besloten ruimtes en gerelateerde veiligheidsmaatregelen voor gebruik in een maritieme opleiding, niet enkel te evalueren aan de hand van de standaard vragenlijsten maar ook aan de hand van vragenlijsten in het kader van relevante leertheorieën zoals de cognitieve belastingstheorie, de zelf-determinatietheorie, het sociaal- constructivisme of de theorie van het probleemgestuurd leren.

Wanneer beide evaluaties met elkaar worden vergeleken, mag het duidelijk zijn dat bij de tweede reeks vragenlijsten de nadruk veel meer ligt op de leerervaring op zich en veel minder op de technische kwaliteiten van het programma.

Aangezien methodieken die in het onderwijs worden gebruikt toch vooral moeten streven naar boeiende leerervaringen met als uiteindelijk doel het verbeteren van leerresultaten kunnen we hier vooral besluiten dat, wanneer in de toekomst nieuwe IVR-toepassingen ontworpen en ontwikkeld worden voor gebruik in het hoger maritiem onderwijs, het belangrijk zal zijn om bij de evaluatie rekening te houden met relevante leertheorieën en deze zoveel mogelijk te integreren in de toepassing.

Bibliografie

20200204_rapportage-literatuurstudie-AR-VR.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van https://www.uu.nl/sites/default/files/20200204_rapportage-literatuurstudie-AR-VR.pdf

A review on cultivating effective learning: Synthesizing educational theories and virtual reality for enhanced educational experiences [PeerJ]. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://peerj.com/articles/cs-2000/>

Abbas Shah, S. F., Mazhar, T., Shahzad, T., Khan, M. A., Ghadi, Y. Y., & Hamam, H. (2024). Integrating educational theories with virtual reality: Enhancing engineering education and VR laboratories. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101207. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101207>

Abeywardena, I. S. (2023). OXREF: Open XR for Education Framework. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 24(3), 185-206. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v24i3.7109>

Advancing inside-out motion tracking for immersive mobile VR | Qualcomm. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://www.qualcomm.com/news/onq/2017/08/advancing-inside-out-motion-tracking-immersive-mobile-vr>

Ai-Lim Lee, E., Wong, K. W., & Fung, C. C. (2010). How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55(4), 1424-1442. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006>

Akman, E., & Çakır, R. (2019). Pupils' Opinions on an Educational Virtual Reality Game in Terms of Flow Experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(15), 121. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i15.10576>

Al-Azawi, R., & Shakkah, M. S. (2018). Embedding augmented and virtual reality in educational learning method: Present and future. *2018 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, 218-222. <https://doi.org/10.1109/IACS.2018.8355470>

Allcoat, D., & Mühlenen, A. von. (2018). Learning in virtual reality: Effects on performance, emotion and engagement. *Research in Learning Technology*, 26. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.2140>

Ames, S. L., Wolffsohn, J. S., & McBrien, N. A. (2005). The Development of a Symptom Questionnaire for Assessing Virtual Reality Viewing Using a Head-Mounted Display: *Optometry and Vision Science*, 82(3), 168-176.

<https://doi.org/10.1097/01.OPX.0000156307.95086.6>

Andersen, A. D., Frenken, K., Galaz, V., Kern, F., Klerkx, L., Mouthaan, M., Piscicelli, L., Schor, J. B., & Vaskelainen, T. (2021). On digitalization and sustainability transitions.

Environmental Innovation and Societal Transitions, 41, 96-98.

<https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.09.013>

Anderson, L.W., Krathwohl, D. R., Airasian, P., Cruikshank, K., Mayer, R., Pintrich, P., & Wittrock, M. (z.d.). *A REVISION OF BLOOM'S TAXONOMY OF EDUCATIONAL OBJECTIVES*.

Artikel-virtual-reality-in-onderwijs.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van

<https://vrindeklas.be/wp-content/uploads/sites/28/2021/09/Artikel-virtual-reality-in-onderwijs.pdf>

Assaf, N., & Morán-Mirabal, L. F. (2023). Instructional Usability and Learner-User eXperience Assessment in a Virtual Reality Educational Milieu: A Deductive Tech-Instructionality Model from EdTech. *2023 Future of Educational Innovation-Workshop Series Data in Action*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF56852.2023.10104873>

Augmented Reality (AR): Definition, Examples, and Uses. (z.d.). Investopedia. Geraadpleegd 13 februari 2025, van <https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>

Bandura, A. (1978). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, 1(4), 139-161. [https://doi.org/10.1016/0146-6402\(78\)90002-4](https://doi.org/10.1016/0146-6402(78)90002-4)

Bareišytė, L., Slatman, S., Austin, J., Rosema, M., van Sintemaartensdijk, I., Watson, S., & Bode, C. (2024). Questionnaires for evaluating virtual reality: A systematic scoping review. *Computers in Human Behavior Reports*, 16, 100505.

<https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100505>

Blended Learning: A Potential Approach to Promote Learning Outcomes. (2020).

International Journal of Social Sciences & Educational Studies, 7(4).

<https://doi.org/10.23918/ijsses.v7i4p103>

- Boel, C. (2023). *Mobile immersive virtual reality in secondary education: From affordances to implementation* [Dissertation, Ghent University]. <http://hdl.handle.net/1854/LU-01HH9SW9XYWHYK855FWQ7GCKCE>
- Chang, S.-C., Hsu, T.-C., & Jong, M. S.-Y. (2020). Integration of the peer assessment approach with a virtual reality design system for learning earth science. *Computers & Education*, 146, 103758. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103758>
- Checklist For Entry Into Enclosed Spaces: 8 Hours | PDF | Atmospheric Entry | Breathing.* (z.d.). Scribd. Geraadpleegd 20 mei 2025, van <https://www.scribd.com/document/385452524/de23a>
- Clark, R. E. (1994). Media will never influence learning. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 21-29. <https://doi.org/10.1007/BF02299088>
- Classroom, E. (2021, juni 30). All About TPACK: A Teacher's Guide to the TPACK Tech Integration Model. *EdTech Classroom*. <https://edtech-class.com/2021/06/30/all-about-tpack-a-teachers-guide-to-the-tpack-tech-integration-model/>
- Coban, M., Bolat, Y. I., & Goksu, I. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 36, 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>
- Concannon, B. J., Esmail, S., & Roduta Roberts, M. (2019). Head-Mounted Display Virtual Reality in Post-secondary Education and Skill Training. *Frontiers in Education*, 4. <https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00080>
- Coyne, L., Merritt, T. A., Parmentier, B. L., Sharpton, R. A., & Takemoto, J. K. (2019). The Past, Present, and Future of Virtual Reality in Pharmacy Education. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 83(3), 7456. <https://doi.org/10.5688/ajpe7456>
- Crone, C. L., & Kallen, R. W. (2024). Measuring virtual embodiment: A psychometric investigation of a standardised questionnaire for the psychological sciences. *Computers in Human Behavior Reports*, 14, 100422. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100422>
- Csikszentmihalyi, M. (1988). The flow experience and its significance for human psychology. In M. Csikszentmihalyi & I. S. Csikszentmihalyi (Red.), *Optimal Experience* (1ste dr., pp. 15-35). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511621956.002>

Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2016). How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*, 19(2), 272-309. <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>

Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>

Dave, S. (2021, juni 22). What is the Kolb Experiential Learning Theory? *Practera*. <https://practera.com/what-is-the-experiential-learning-theory-of-david-kolb/>

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>

DeLuca, J. R., & Fornatora, E. (2020). Experiential Learning From a Classroom Desk: Exploring Student Perceptions of Applied Coursework. *Sport Management Education Journal*, 14(2), 142-150. <https://doi.org/10.1123/smej.2019-0015>

DE-TEL. (z.d.). *An introduction to Design-based Research in TEL | The DE-TEL Book— Doctoral Education for Technology Enhanced Learning*. The DE-TEL Book. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <http://localhost:4000/detel-book/chapter/methodologies/design-based-research/>

Dewey, J. (z.d.). *EXPERIENCE & EDUCATION*.

Di Natale, A. F., Repetto, C., Riva, G., & Villani, D. (2020). Immersive virtual reality in K-12 and higher education: A 10-year systematic review of empirical research. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2006-2033. <https://doi.org/10.1111/bjet.13030>

Digitale Didactiek | Het TPACK model. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <http://www.digitaledidactiek.be/modules/1-basis/theorie/het-tpack-model/>

Dolmans, D. H. J. M., De Grave, W., Wolhagen, I. H. A. P., & Van Der Vleuten, C. P. M. (2005). Problem-based learning: Future challenges for educational practice and research. *Medical Education*, 39(7), 732-741. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2005.02205.x>

drannalcox. (2024, december 18). *Measuring Immersion: The IEQ Explained – eWorkResearch*. <https://www.eworkresearch.org/measuring-immersion-the-ieq-explained/>

Enclosed space ship safety rule enters into force. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/Enclosed-space-ship-safety-rule-enters-into-force.aspx>

Experiential Learning and Kolb's Learning Styles – VirtualSpeech. (z.d.). Geraadpleegd 25 maart 2025, van <https://virtualspeech.com/blog/experiential-learning-vr>

EXPERIENTIAL LEARNING PROCESSING QUESTIONS. (z.d.).

Experiential_learning_model.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van https://extension.purdue.edu/news/county/lawrence/_docs/experiential_learning_model.pdf

Exploring the Perceived Ease of Use of an Immersive VR Engine Room Simulator among Maritime Students: A Segmentation Approach. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/18/8208>

Extended Reality (XR) in de klas. (z.d.). Geraadpleegd 11 februari 2025, van <https://onderwijs.vlaanderen.be/nl/onderwijspersoneel/van-basis-tot-volwassenenonderwijs/lespraktijk/extended-reality-in-de-klas>

Fatani, T. H. (2020). Student satisfaction with videoconferencing teaching quality during the COVID-19 pandemic. *BMC Medical Education*, 20(1), 396. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02310-2>

Felton, W. M., & Jackson, R. E. (2022). Presence: A Review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 38(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1921368>

Fertleman, C., Aubugeau-Williams, P., Sher, C., Lim, A.-N., Lumley, S., Delacroix, S., & Pan, X. (2018). A Discussion of Virtual Reality As a New Tool for Training Healthcare Professionals. *Frontiers in Public Health*, 6, 44. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00044>

Form 0920-20PR Virtual Reality Sickness Questionnaire—OMB 0920-1342. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://omb.report/icr/202012-0920-016/doc/107354700>

Freina, L., & Ott, M. (2015). A LITERATURE REVIEW ON IMMERSIVE VIRTUAL REALITY IN EDUCATION: STATE OF THE ART AND PERSPECTIVES. 133-141. <https://doi.org/10.12753/2066-026X-15-020>

- Freiwald, J. P., Göbel, Y., Mostajeran, F., & Steinicke, F. (2020). The cybersickness susceptibility questionnaire: Predicting virtual reality tolerance. *Proceedings of Mensch Und Computer 2020*, 115-118. <https://doi.org/10.1145/3404983.3410022>
- Gibson, J. J. (2015). *The ecological approach to visual perception: Classic edition*. Psychology Press.
- Grenier, S., Forget, H., Bouchard, S., Isere, S., Belleville, S., Potvin, O., Rioux, M.-È., Talbot, M., Pachana, N. A., & Oude Voshaar, R. C. (2015). Using virtual reality to improve the efficacy of cognitive-behavioral therapy (CBT) in the treatment of late-life anxiety: Preliminary recommendations for future research. *International Psychogeriatrics*, 27(7), 1217-1225. <https://doi.org/10.1017/S1041610214002300>
- Harris, D., Wilson, M., & Vine, S. (2020). Development and validation of a simulation workload measure: The simulation task load index (SIM-TLX). *Virtual Reality*, 24(4), 557-566. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00422-9>
- Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience—A research agenda. *Behaviour & Information Technology*, 25(2), 91-97. <https://doi.org/10.1080/01449290500330331>
- Heutte, J., Fenouillet, F., Martin-Krumm, C., Gute, G., Raes, A., Gute, D., Bachelet, R., & Csikszentmihalyi, M. (2021). Optimal Experience in Adult Learning: Conception and Validation of the Flow in Education Scale (EduFlow-2). *Frontiers in Psychology*, 12, 828027. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.828027>
- Hill, A., Horswill, M. S., Plooy, A. M., Watson, M. O., Karamatic, R., Basit, T. A., Wallis, G. M., Riek, S., Burgess-Limerick, R., & Hewett, D. G. (2012). Assessing the realism of colonoscopy simulation: The development of an instrument and systematic comparison of 4 simulators. *Gastrointestinal Endoscopy*, 75(3), 631-640.e3. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2011.10.030>
- Hilliker, S. (z.d.). *Virtual exchange as a study abroad alternative to foster language and culture exchange in TESOL teacher education*. 23(4). <https://tesl-ej.org/wordpress/issues/volume23/ej92/ej92a7/>
- Hoover, M., & Winer, E. (2021). Designing Adaptive Extended Reality Training Systems Based on Expert Instructor Behaviors. *IEEE Access*, 9, 138160-138173. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3118105>

Houben, I., Luyckx, D., Potters, G., & De Meyer, A. D. M. (2023). *Performance Differences in Lifeboat Launching Procedures between Ivr Training and Traditional Practical Lessons in Maritime Safety Education* (SSRN Scholarly Paper 4608103). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4608103>

Huang, H.-M., & Liaw, S.-S. (2018). An Analysis of Learners' Intentions Toward Virtual Reality Learning Based on Constructivist and Technology Acceptance Approaches. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i1.2503>

Huang, W. (2023). Deep Learning Becomes a Reality when Emerging Technologies Meet Learning Design. *TechTrends*, 67(1), 178-188. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00778-x>

IEQ - questionnaire assessment - Your Experience of the Game: Please answer the following questions - Studocu. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.studocu.com/ph/document/university-of-the-philippines-visayas/assessment-of-learning-2/ieq-questionnaire-assessment/79151630>

Ijsselsteijn, W., & Riva, G. (z.d.). *1 Being There: The experience of presence in mediated environments.*

IMI_Complete.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van https://selfdeterminationtheory.org/wp-content/uploads/2022/02/IMI_Complete.pdf

Immersive learning formats: VR, AR, XR... how to find your way around? (2021, april 13). Immersive Factory. <https://immersivefactory.com/blog/144-Immersive-learning-formats-VR-AR-XR-how-to-find-your-way-around>

Integrating educational theories with virtual reality: Enhancing engineering education and VR laboratories—ScienceDirect. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590291124004042?via%3Dihub>

International American School, Warsaw, Poland, & Samuel Finch, K. (2021). DEVELOPMENT AND VALIDATION OF AN INSTRUMENT TO MEASURE SOCIAL CONSTRUCTIVISM IN A VIRTUAL CLASSROOM. *PUPIL: International Journal of Teaching, Education and Learning*, 5(1), 23-39. <https://doi.org/10.20319/pijtel.2021.51.2339>

- Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T., & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(9), 641-661. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2008.04.004>
- Jiang, J., & Fryer, L. K. (2024). The effect of virtual reality learning on students' motivation: A scoping review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(1), 360-373. <https://doi.org/10.1111/jcal.12885>
- Johnson-Glenberg, M. C. (2019). The Necessary Nine: Design Principles for Embodied VR and Active Stem Education. In P. Díaz, A. Ioannou, K. K. Bhagat, & J. M. Spector (Red.), *Learning in a Digital World* (pp. 83-112). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8265-9_5
- Johnson-Glenberg, M. C., Bartolomea, H., & Kalina, E. (2021). Platform is not destiny: Embodied learning effects comparing 2D desktop to 3D virtual reality STEM experiences. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(5), 1263-1284. <https://doi.org/10.1111/jcal.12567>
- Jonassen, D. H., & Hung, W. (2012). Problem-Based Learning. In N. M. Seel (Red.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2687-2690). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_210
- Jones, G., & Warren, S. J. (2011). Issues and Concerns of K-12 Educators on 3-D Multi-User Virtual Environments in Formal Classroom Settings: *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.4018/jgcms.2011010101>
- Joseph Psotka. (z.d.). Educational Games and Virtual Reality as Disruptive Technologies | Request PDF. *ResearchGate*. Geraadpleegd 19 mei 2025, van https://www.researchgate.net/publication/288997480_Educational_Games_and_Virtual_Reality_as_Disruptive_Technologies
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (z.d.). *A systematic review of Virtual Reality in education*.
- Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0303_3

- Keshavarz, B., & Hecht, H. (2011). Validating an Efficient Method to Quantify Motion Sickness. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 53(4), 415-426. <https://doi.org/10.1177/0018720811403736>
- Kilteni, K., Groten, R., & Slater, M. (2012). The Sense of Embodiment in Virtual Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 21(4), 373-387. https://doi.org/10.1162/PRES_a_00124
- Kim, H. K., Oh, Y., Lee, Y., Jung, S., Hwang, H., & Park, J. (2020). Using a VR Training-Evaluation Tool to Evaluate a VR-Simulation Assembly Process. *ICIC International*.
- Kim, H. K., Park, J., Choi, Y., & Chloe, M. (z.d.). *Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment*.
- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00014-7)
- Kishino, F. & Paul Milgram. (z.d.). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. http://vered.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.htm
- Kolb, D. A. (1984). *Experimental learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Kolb, D. A., Boyatzis, R. E., & Mainemelis, C. (2002). Experiential on cognitive, learning, and thinking styles. *Perspectives learning theory: Previous research and new directions*, 227-248.
- Kolb_Questionnaire.pdf*. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van https://intense-eu.info/wp-content/uploads/2017/11/Kolb_Questionnaire.pdf
- Kourtesis, P., Collina, S., Dumas, L. A. A., & MacPherson, S. E. (2019). Validation of the Virtual Reality Neuroscience Questionnaire: Maximum Duration of Immersive Virtual Reality Sessions Without the Presence of Pertinent Adverse Symptomatology. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 417. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00417>
- Krieglstein, F., Beege, M., Rey, G. D., Sanchez-Stockhammer, C., & Schneider, S. (2023). Development and Validation of a Theory-Based Questionnaire to Measure Different Types of

- Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 35(1), 9. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09738-0>
- Larsen, V. (2023). Pedagogising Virtual Reality Technology: A New Perspective on the TPACK-framework. *Nordic Journal of Comparative and International Education (NJCIE)*, 7(2). <https://doi.org/10.7577/njcie.5254>
- Lee, S. H. (Mark), Sergueeva, K., Catangui, M., & Kandaurova, M. (2017). Assessing Google Cardboard virtual reality as a content delivery system in business classrooms. *Journal of Education for Business*, 92(4), 153-160. <https://doi.org/10.1080/08832323.2017.1308308>
- Leppink, J., Paas, F., Van Der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058-1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Leung, A. K., & Hon, K. L. (2019). Motion sickness: An overview. *Drugs in Context*, 8, 1-11. <https://doi.org/10.7573/dic.2019-9-4>
- Li, P., Fang, Z., & Jiang, T. (2022). Research Into improved Distance Learning Using VR Technology. *Frontiers in Education*, 7, 757874. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.757874>
- Liu, X., Zhang, H., & Liu, L. (2024). The perceived coolness of using virtual reality technology in blended learning performance can improve learning motivation and learning satisfaction. *Frontiers in Education*, 9, 1346467. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1346467>
- Lombard, M., Ditton, T. B., & Weinstein, L. (z.d.). *Measuring presence: The Temple Presence Inventory (TPI)*. Geraadpleegd 19 mei 2025, van https://matthewlombard.com/research/p2_ab.html
- Makransky, G., Andreassen, N. K., Baceviciute, S., & Mayer, R. E. (2021). Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 719-735. <https://doi.org/10.1037/edu0000473>
- Makransky, G., Borre-Gude, S., & Mayer, R. E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(6), 691-707. <https://doi.org/10.1111/jcal.12375>

- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, 66(5), 1141-1164. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2>
- Makransky, G., Lilleholt, L., & Aaby, A. (2017). Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach. *Computers in Human Behavior*, 72, 276-285. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.066>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2019). Investigating the process of learning with desktop virtual reality: A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 134, 15-30. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.002>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Marine Safety Card: Entry into Enclosed Spaces*. (z.d.). Witherbys. Geraadpleegd 20 mei 2025, van <https://shop.witherbys.com/marine-safety-card-entry-into-enclosed-spaces/>
- Marín-Morales, J., Llinares, C., Guixeres, J., & Alcañiz, M. (2020). Emotion Recognition in Immersive Virtual Reality: From Statistics to Affective Computing. *Sensors*, 20(18), 5163. <https://doi.org/10.3390/s20185163>
- Marlies. (2023, juli 20). *Immersieve technologie*. Kennisnet. <https://www.kennisnet.nl/technologische-innovatie/immersieve-technologie/>
- Marougkas, A., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023). Virtual Reality in Education: A Review of Learning Theories, Approaches and Methodologies for the Last Decade. *Electronics*, 12(13), 2832. <https://doi.org/10.3390/electronics12132832>

- Marshev, V., De Bougrenet De La Tonnaye, J.-L., Cochener, B., & Nourrit, V. (2021). Predicting virtual reality discomfort. *Electronic Imaging*, 33(13), 168-1-168-5. <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2021.13.ERVR-168>
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B., & González-Marrero, A. (2017). Virtual Technologies Trends in Education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>
- Martinho Costa, J., & Miranda, G. L. (2019). Using Alice Software with 4C-ID Model: Effects in Programming Knowledge and Logical Reasoning. *Informatics in Education*, 18(1), 1-15. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.01>
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. Mayer (Red.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (1ste dr., pp. 31-48). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- Mayer, R. E., & Pilegard, C. (2014). Principles for Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pre-training, and Modality Principles. In R. E. Mayer (Red.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2de dr., pp. 316-344). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.016>
- McAuley, E., Duncan, T., & Tammen, V. V. (1989). Psychometric Properties of the Intrinsic Motivation Inventory in a Competitive Sport Setting: A Confirmatory Factor Analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 60(1), 48-58. <https://doi.org/10.1080/02701367.1989.10607413>
- McKenney, Susan & Reeves, Thomas. (2011). *Conducting Educational Design Research*.
- Mihaly Csikszentmihalyi. (z.d.). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. ResearchGate. Geraadpleegd 19 mei 2025, van https://www.researchgate.net/publication/224927532_Flow_The_Psychology_of_Optimal_Experience
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>

Mishra, P., & Koehler, M. J. (z.d.). *Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge*.

Moon, J. A. (2013). *A Handbook of Reflective and Experiential Learning* (0 dr.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203416150>

Mulders, M. (2022). Vocational Training in Virtual Reality: A Case Study Using the 4C/ID Model. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/mti6070049>

Norman, D. A. (1999). Affordance, conventions, and design. *Interactions*, 6(3), 38-43. <https://doi.org/10.1145/301153.301168>

Oberhauser, M., & Dreyer, D. (2017). A virtual reality flight simulator for human factors engineering. *Cognition, Technology & Work*, 19(2-3), 263-277. <https://doi.org/10.1007/s10111-017-0421-7>

Obourdin, G., de Maeyer, S., & Van den Bossche, P. (2024). Unlocking the power of immersive learning: The FAIRI instructional design proposition for adaptive immersive virtual reality. *Computers & Education: X Reality*, 5, 100084. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100084>

Ogbuanya, T. C., & Onele, N. O. (2018). Investigating the Effectiveness of Desktop Virtual Reality for Teaching and Learning of Electrical/Electronics Technology in Universities. *Computers in the Schools*, 35(3), 226-248. <https://doi.org/10.1080/07380569.2018.1492283>

Pbltoolkitsept09.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://insight.cumbria.ac.uk/id/eprint/183/1/pbltoolkitsept09.pdf>

Peeters, W. (2024, maart 11). Load Reduction Instruction: Rekening houden met de cognitieve belasting (download). *Vernieuwonderwijs*. <https://vernieuwonderwijs.nl/cognitieve-belasting-load-reduction-instruction/>

Pellas, N., Mystakidis, S., & Kazanidis, I. (2021). Immersive Virtual Reality in K-12 and Higher Education: A systematic review of the last decade scientific literature. *Virtual Reality*, 25(3), 835-861. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00489-9>

Perkins, D. N. & Salomon, G. (z.d.). Transfer of Learning. *The International Encyclopedia of Education*, 2nd ed., 425-441.

Pirker, J., Lesjak, I., & Gütl, C. (2017). An Educational Physics Laboratory in Mobile Versus Room Scale Virtual Reality – A Comparative Study. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 13(08), 106-120. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v13i08.7371>

Poeschl Sandra & Doering Nicola. (2015). Measuring Co-Presence and Social Presence in Virtual Environments ‐ Psychometric Construction of a German Scale for a Fear of Public Speaking Scenario. In *Studies in Health Technology and Informatics*. IOS Press. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-595-1-58>

Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>

Procedure for Entering an Enclosed Space on a Ship. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.marineinsight.com/marine-safety/procedure-for-entering-an-enclosed-space-on-a-ship/>

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>

Ramsden, P., & Ramsden, P. (2003). *Learning to Teach in Higher Education* (0 dr.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203507711>

Ramsden, P., Richardson, J.T.E., Wilson, K. L., & Lizzio, A. (z.d.). *Course Experience Questionnaire*.

Ratan, R. A. & Hasler, B. S. (z.d.). *Self-Presence Questionnaire*.

Rauschnabel, P. A., Felix, R., Hinsch, C., Shahab, H., & Alt, F. (2022). What is XR? Towards a Framework for Augmented and Virtual Reality. *Computers in Human Behavior*, 133, 107289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107289>

Real, F. J., DeBlasio, D., Beck, A. F., Ollberding, N. J., Davis, D., Cruse, B., Samaan, Z., McLinden, D., & Klein, M. D. (2017). A Virtual Reality Curriculum for Pediatric Residents

Decreases Rates of Influenza Vaccine Refusal. *Academic Pediatrics*, 17(4), 431-435.

<https://doi.org/10.1016/j.acap.2017.01.010>

Richardson, J. T. E. (2005). Instruments for obtaining student feedback: A review of the literature. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 30(4), 387-415.

<https://doi.org/10.1080/02602930500099193>

Roth, D., & Latoschik, M. E. (2020). Construction of the Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ). *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 26(12), 3546-3556.

<https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3023603>

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78.

<https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>

Sample Checklist for Confined Space Work. (z.d.). Geraadpleegd 20 mei 2025, van

<https://www.tal.sg/wshc/resources/publications/checklists-and-articles/sample-checklist-for-confined-space-work>

Sankaranarayanan, G., Wooley, L., Hogg, D., Dorozhkin, D., Olasky, J., Chauhan, S., Fleshman, J. W., De, S., Scott, D., & Jones, D. B. (2018). Immersive virtual reality-based training improves response in a simulated operating room fire scenario. *Surgical Endoscopy*, 32(8), 3439-3449. <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6063-x>

Schmied-Kowarzik, R., Kaschub, L., Keser, T., Rodeck, R., & Wende, G. (2024). Does It Look Real? Visual Realism Complexity Scale for 3D Objects in VR. In J. Y. C. Chen & G. Fragomeni (Red.), *Virtual, Augmented and Mixed Reality* (Vol. 14706, pp. 73-92). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61041-7_6

Schöne, B., Wessels, M., & Gruber, T. (2019). Experiences in Virtual Reality: A Window to Autobiographical Memory. *Current Psychology*, 38(3), 715-719.

<https://doi.org/10.1007/s12144-017-9648-y>

Setting sail to reshape learning. (z.d.). Geraadpleegd 6 februari 2025, van

<https://www.delaware.pro/en-be/stories/xr-learning-platform-antwerp-maritime-academy>

- Shin, D.-H. (2017). The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality. *Telematics and Informatics*, 34(8), 1826-1836. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.013>
- Siagian*, G., Lufri, L., Andromeda, A., & Mufit, F. (2023). The Effectiveness of Constructive Learning Having a Vision of Science, Environment, Technology, Society for Increase Results Learn IPA High School Student. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 7(1), 86-96. <https://doi.org/10.24815/jipi.v7i1.29796>
- Singer, M. J. (2013). *PRESENCE QUESTIONNAIRE*.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Sociaal constructivisme—Uitleg begrippen onderwijs. (z.d.). Geraadpleegd 1 juni 2025, van <https://wij-leren.nl/sociaal-constructivisme.php>
- Southgate, E., Smith, S. P., Cividino, C., Saxby, S., Kilham, J., Eather, G., Scevak, J., Summerville, D., Buchanan, R., & Bergin, C. (2019). Embedding immersive virtual reality in classrooms: Ethical, organisational and educational lessons in bridging research and practice. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.002>
- Souza, V., Maciel, A., Nedel, L., Kopper, R., Loges, K., & Schlemmer, E. (2020). The Effect of Virtual Reality on Knowledge Transfer and Retention in Collaborative Group-Based Learning for Neuroanatomy Students. *2020 22nd Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, 92-101. <https://doi.org/10.1109/SVR51698.2020.00028>
- Steinkuehler, C., & Duncan, S. (2008). Scientific Habits of Mind in Virtual Worlds. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 530-543. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9120-8>
- Suh, A., & Prophet, J. (2018). The state of immersive technology research: A literature analysis. *Computers in Human Behavior*, 86, 77-90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>

Table 1 | Development and Validation of a Theory-Based Questionnaire to Measure Different Types of Cognitive Load | Educational Psychology Review. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://link.springer.com/article/10.1007/s10648-023-09738-0/tables/1>

Tagg, J., Tolman, A. O., & Kremling, J. (2023). *Why Students Resist Learning: A Practical Model for Understanding and Helping Students* (1ste dr.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003448747>

Tao, F., Sui, F., Liu, A., Qi, Q., Zhang, M., Song, B., Guo, Z., Lu, S. C.-Y., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin-driven product design framework. *International Journal of Production Research*, 57(12), 3935-3953. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1443229>

The Science Behind VR in Learning | INSEAD XR Immersive Solutions. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://xr.insead.edu/science-behind-vr-learning>

The triangle of VR technology. | Download Scientific Diagram. (z.d.). ResearchGate. Geraadpleegd 27 april 2025, van https://www.researchgate.net/figure/The-triangle-of-VR-technology_fig5_359863855

Thomann, H., Zimmermann, J., & Deutscher, V. (2024). How effective is immersive VR for vocational education? Analyzing knowledge gains and motivational effects. *Computers & Education*, 220, 105127. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105127>

TPACK. (z.d.). Geraadpleegd 1 juni 2025, van <https://www.tpack.nl/>

UEQ-Nederlands.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.ergonomiesite.be/documenten/risicoanalyse/UEQ-Nederlands.pdf>

Uitleg-over-het-4CID-model.pdf. (z.d.). Geraadpleegd 18 februari 2025, van <https://www.bsl.nl/wp-content/uploads/2016/04/Uitleg-over-het-4CID-model.pdf>

Vakil, T. S. (z.d.). *The use of extended reality in maritime education and training: A case study of India*.

Van Den Broeck, A., Ferris, D. L., Chang, C.-H., & Rosen, C. C. (2016). A Review of Self-Determination Theory's Basic Psychological Needs at Work. *Journal of Management*, 42(5), 1195-1229. <https://doi.org/10.1177/0149206316632058>

Van Merriënboer, J. J. G., Jelsma, O., & Paas, F. G. W. C. (1992). Training for reflective expertise: A four-component instructional design model for complex cognitive skills. *Educational Technology Research and Development*, 40(2), 23-43. <https://doi.org/10.1007/BF02297047>

Vansteenkiste, M. P. 802000036917 0000-0001-6983-3607, Sierens, E., Soenens, B. P. 802000069047 0000-0003-1581-3656, & Lens, W. (2007). Willen, moeten en structuur: Over het bevorderen van een optimaal leerproces. (2007) *BEGELEID ZELFSTANDIG LEREN*. <http://lib.ugent.be/catalog/pug01:420619>

VEQ. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://sites.google.com/view/virtualembodimentquestionnaire/>

Virtual Reality as Pedagogical Tool to Enhance Experiential Learning: A Systematic Literature Review—Asad—2021—Education Research International—Wiley Online Library. (z.d.). Geraadpleegd 27 april 2025, van <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/7061623>

Virtual Reality in Vocational Education: Exploring opportunities for cognition, emotion and behavior | Swiss Federal university for Vocational Education and Training SFUVET. (2022, januari 1). <https://www.sfuvet.swiss/research/projects/virtual-reality-vocational-education-exploring-opportunities-cognition-emotion>

Vygotskij, L. S., & Cole, M. (1981). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Nachdr.). Harvard Univ. Press.

Wat is Augmented Reality (AR) en wat zijn de mogelijkheden? (2017, juni 3). <https://www.vrowl.nl/wat-is-augmented-reality-ar/>

Wat is mixed reality? | Adobe Substance 3D. (z.d.). Geraadpleegd 13 februari 2025, van https://www.adobe.com/be_nl/products/substance3d/discover/mixed-reality.html

Wat is Mixed Reality? Uitgebreide gids & cases | VR Owl. (2024, januari 10).

<https://www.vrowl.nl/wat-is-mixed-reality/>

Wat is Virtual Reality? | Consumentenbond. (z.d.). Geraadpleegd 13 februari 2025, van

<https://www.consumentenbond.nl/smartphone/wat-is-virtual-reality>

Webster, R. (2016). Declarative knowledge acquisition in immersive virtual learning environments. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1319-1333.

<https://doi.org/10.1080/10494820.2014.994533>

Weese, M. (z.d.). *Experiential Learning Model*.

What is augmented reality? – Cafe24 Newsroom. (2020, november 30).

<https://news.cafe24.com/global/>

What Is Design Thinking & Why Is It Important? | HBS Online. (2022, januari 18). Business Insights Blog. <https://online.hbs.edu/blog/post/what-is-design-thinking>

What Is Extended Reality (XR)? (z.d.). The Interaction Design Foundation. Geraadpleegd 12 februari 2025, van <https://www.interaction-design.org/literature/topics/extended-reality-xr>

What Is the Virtuality Continuum? (z.d.). The Interaction Design Foundation. Geraadpleegd 19 mei 2025, van <https://www.interaction-design.org/literature/topics/virtuality-continuum>

What is XR? – ASIL. (z.d.). Geraadpleegd 6 februari 2025, van <https://asil.ugent.be/what-is-xr/>

Wilkinson, M., Brantley, S., & Feng, J. (2021). A Mini Review of Presence and Immersion in Virtual Reality. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 65(1), 1099-1103. <https://doi.org/10.1177/1071181321651148>

Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240.

<https://doi.org/10.1162/105474698565686>

Wohlgenannt, I., Simons, A., & Stieglitz, S. (2020). Virtual Reality. *Business & Information Systems Engineering*, 62(5), 455-461. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00658-9>

Wolfartsberger, J., Zimmermann, R., Obermeier, G., & Niedermayr, D. (2023). Analyzing the potential of virtual reality-supported training for industrial assembly tasks. *Computers in Industry*, 147, 103838. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103838>

Working in confined spaces | International Labour Organization. (2024, januari 28).
<https://www.ilo.org/topics/labour-administration-and-inspection/resources-library/occupational-safety-and-health-guide-labour-inspectors-and-other/working-confined-spaces>

Xin, B., Chen, G., Wang, Y., Bai, G., Gao, X., Chu, J., Xiao, J., & Liu, T. (2019). The Efficacy of Immersive Virtual Reality Surgical Simulator Training for Pedicle Screw Placement: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *World Neurosurgery*, 124, e324-e330. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.12.090>

Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2

Bijlagen

Bijlage 1 : Presence Questionnaire

(Witmer & Singer, Vs. 3.0, Nov. 1994)*

Revised by the UQO Cyberpsychology Lab (2004)

Characterize your experience in the environment, by marking an "X" in the appropriate box of the 7-point scale, in accordance with the question content and descriptive labels.

Please consider the entire scale when making your responses, as the intermediate levels may apply. Answer the questions independently in the order that they appear. Do not skip questions or return to a previous question to change your answer.

WITH REGARD TO THE EXPERIENCED ENVIRONMENT

1. How much were you able to control events?

| | | | | | |

NOT AT ALL

SOMEWHAT

COMPLETELY

2. How responsive was the environment to actions that you initiated (or performed)?

| | | | | | |

NOT

MODERATELY

COMPLETELY

RESPONSIVE

RESPONSIVE

RESPONSIVE

3. How natural did your interactions with the environment seem?

| | | | | | |

EXTREMELY

BORDERLINE

COMPLETELY

ARTIFICIAL

NATURAL

4. How much did the visual aspects of the environment involve you?

| | | | | | |

NOT AT ALL

SOMEWHAT

COMPLETELY

5. How natural was the mechanism which controlled movement through the environment?

EXTREMELY	BORDERLINE				COMPLETELY	
ARTIFICIAL					NATURAL	

6. How compelling was your sense of objects moving through space?

NOT AT ALL	MODERATELY				VERY	
COMPELLING					COMPELLING	

7. How much did your experiences in the virtual environment seem consistent with your real world experiences?

NOT	MODERATELY				VERY	
CONSISTENT	CONSISTENT				CONSISTENT	

8. Were you able to anticipate what would happen next in response to the actions that you performed?

NOT AT ALL	SOMEWHAT				COMPLETELY	

9. How completely were you able to actively survey or search the environment using vision?

NOT AT ALL	SOMEWHAT				COMPLETELY	

10. How compelling was your sense of moving around inside the virtual environment?

NOT	MODERATELY				VERY	
COMPELLING	COMPELLING				COMPELLING	

11. How closely were you able to examine objects?

NOT AT ALL	PRETTY				VERY	
CLOSELY					CLOSELY	

12. How well could you examine objects from multiple viewpoints?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL

SOMEWHAT

EXTENSIVELY

13. How involved were you in the virtual environment experience?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT

MILDLY

COMPLETELY

INVOLVED

INVOLVED

ENGROSSED

14. How much delay did you experience between your actions and expected outcomes?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NO DELAYS

MODERATE

LONG

DELAYS

DELAYS

15. How quickly did you adjust to the virtual environment experience?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL

SLOWLY

LESS THAN

ONE MINUTE

16. How proficient in moving and interacting with the virtual environment did you feel at the end of the experience?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT

REASONABLY

VERY

PROFICIENT

PROFICIENT

PROFICIENT

17. How much did the visual display quality interfere or distract you from performing assigned tasks or required activities?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL INTERFERED PREVENTED

SOMEWHAT TASK PERFORMANCE

18. How much did the control devices interfere with the performance of assigned tasks or with other activities?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL INTERFERED INTERFERED

SOMEWHAT GREATLY

19. How well could you concentrate on the assigned tasks or required activities rather

than on the mechanisms used to perform those tasks or activities?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL SOMEWHAT COMPLETELY

IF THE VIRTUAL ENVIRONMENT INCLUDED SOUNDS:

20. How much did the auditory aspects of the environment involve you?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL SOMEWHAT COMPLETELY

21. How well could you identify sounds?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL SOMEWHAT COMPLETELY

22. How well could you localize sounds?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL SOMEWHAT COMPLETELY

IF THE VIRTUAL ENVIRONMENT INCLUDED HAPTIC (SENSE OF TOUCH):

23. How well could you actively survey or search the virtual environment using touch?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL SOMEWHAT COMPLETELY

24. How well could you move or manipulate objects in the virtual environment?

|_____|_____|_____|_____|_____|_____|_____|

NOT AT ALL SOMEWHAT EXTENSIVELY

Last version : March 2013

*Original version : Witmer, B.G. & Singer, M.J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. Presence : Teleoperators and Virtual Environments, 7(3), 225-240. Revised factor

structure: Witmer, B.J., Jerome, C.J., & Singer, M.J. (2005). The factor structure of the Presence Questionnaire. Presence, 14(3) 298-312.

Questionnaire sur l'État de Présence (QÉP)

Laboratoire de Cyberpsychologie de l'UQO

Validation of the French-Canadian version developed by the UQO Cyberpsychology

Bijlage 2: Self-Presence Questionnaire (Ratan & Hasler)

(note: these questions are subject to change. Updates on the project can be found here: <http://self-presence.com>)

Proto Self-Presence

1. When using your avatar, do you feel physically close to the objects and other avatars in the game/virtual environment?

(Example response prompt: When using my avatar, I feel [not at all/somewhat/moderately/very much/a great deal] physically close to the objects and other avatars in the game/virtual environment.)

2. When playing the game/using the virtual environment, how much do you feel like your avatar is an extension of your body within the game/virtual environment?

3. When something happens to your avatar's body, to what extent does it feel like it is happening to any part of your body?

4. When using your avatar, to what extent do you feel like your arm is elongated into the game/virtual environment through your avatar?

5. When using your avatar, to what extent do you feel like you can reach into the game/virtual environment through your avatar?

6. When playing the game/using the virtual environment, to what extent do you feel like your hand is inside of the game/virtual environment?

7. When playing the game/using the virtual environment, how much do you feel your avatar is a part of your body?

Core Self-Presence

1. When happy events happen to your avatar, to what extent do you feel happy?

2. When surprising events happen to your avatar, to what extent do you feel surprised?

3. When sad events happen to your avatar, to what extent do you feel sad?

4. When upsetting events happen to your avatar, to what extent do you feel angry?

5. When arousing events happen to your avatar, to what extent do you feel aroused?

Extended Self-Presence

1. How much effort did you put into making your avatar's sex clear to others?
2. How much effort did you put into making your avatar's race clear to others?
3. How important is it for your profile to portray a specific identity for your avatar?
4. How much do you care about the age of your avatar?
5. How much do you care about the race of your avatar?
6. To what extent has the experience of using your avatar helped you learn more about your own identity?
7. To what extent have you customized your avatar to make it look the way it does?
8. To what extent does your avatar's appearance represent some aspect of your identity?
9. How much do you care about the sex of your avatar?
10. How much effort did you put into making your avatar's age clear to others?
11. How much do you care about how your avatar looks?

Bijlage 3: Measuring presence: The Temple Presence Inventory (TPI)

Matthew Lombard, Theresa B. Ditton and Lisa Weinstein

The Temple Presence Inventory (TPI) is a set of questionnaire items that can be used to measure dimensions of (tele)presence.

The TPI:

Contains items culled from a comprehensive literature review of presence theory and research.

Has been developed and validated using traditional psychological measurement procedures.

Is appropriate for use with most media and media content.

Measures diverse presence dimensions including several types of social presence.

Is free.

Researchers can use the entire inventory, sets of items for specific dimensions, and/or individual items as deemed useful and appropriate for a specific study. Items can also be modified as needed. All that we ask is that you help refine the instrument by reporting on your experience using all or part of the TPI. Please direct reports of use and/or questions to Matthew Lombard at lombard@temple.edu.

The 42 TPI items followed by various supplementary materials regarding the background and validity and reliability testing of the TPI are below.

TPI - Spatial presence:

How much did it seem as if the objects and people you saw/heard had come to the place you were?

(Not at all O O O O O O O Very much [7 points])

How much did it seem as if you could reach out and touch the objects or people you saw/heard?

(Not at all O O O O O O O Very much [7 points])

How often when an object seemed to be headed toward you did you want to move to get out of its way?

(Never ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Always [7 points])

To what extent did you experience a sense of being there inside the environment you saw/heard?

(Not at all ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very much [7 points])

To what extent did it seem that sounds came from specific different locations?

(Not at all ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very much [7 points])

How often did you want to or try to touch something you saw/heard?

(Never ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Always [7 points])

Did the experience seem more like looking at the events/people on a movie screen or more like looking at the events/people through a window?

(Like a movie screen ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Like a window [7 points])

TPI - Social presence - Actor within medium (parasocial interaction):

How often did you have the sensation that people you saw/heard could also see/hear you?

(Never ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Always [7 points])

To what extent did you feel you could interact with the person or people you saw/heard?

(None ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very much [7 points])

How much did it seem as if you and the people you saw/heard both left the places where you were and went to a new place?

(Not at all ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very much [7 points])

How much did it seem as if you and the people you saw/heard were together in the same place?

(Not at all ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very much [7 points])

How often did it feel as if someone you saw/heard in the environment was talking directly to you?

(Never ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Always [7 points])

How often did you want to or did you make eye-contact with someone you saw/heard?

(Never ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Always [7 points])

Seeing and hearing a person through a medium constitutes an interaction with him or her. How much control over the interaction with the person or people you saw/heard did you feel you had?

(None ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very much [7 points])

TPI - Social presence - Passive interpersonal:

During the media experience how well were you able to observe the facial expressions of the people you saw/heard?

(Not well ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very well [7 points])

During the media experience how well were you able to observe the changes in tone of voice of the people you saw/heard?

(Not well ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very well [7 points])

During the media experience how well were you able to observe the style of dress of the people you saw/heard?

(Not well ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very well [7 points])

During the media experience how well were you able to observe the body language of the people you saw/heard?

(Not well ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Very well [7 points])

TPI - Social presence - Active interpersonal:

How often did you make a sound out loud (e.g. laugh or speak) in response to someone you saw/heard in the media environment?

(Never ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Always [7 points])

How often did you smile in response to someone you saw/heard in the media environment?

(Never 0 0 0 0 0 0 0 Always [7 points])

How often did you want to or did you speak to a person you saw/heard in the media environment?

(Never 0 0 0 0 0 0 0 Always [7 points])

TPI - Engagement (mental immersion):

To what extent did you feel mentally immersed in the experience?

(Not at all 0 0 0 0 0 0 0 Very much [7 points])

How involving was the experience?

(Not at all 0 0 0 0 0 0 0 Very much [7 points])

How completely were your senses engaged?

(Not at all 0 0 0 0 0 0 0 Very much [7 points])

To what extent did you experience a sensation of reality?

(Not at all 0 0 0 0 0 0 0 Very much [7 points])

How relaxing or exciting was the experience?

(Very relaxing 0 0 0 0 0 0 0 Very exciting [7 points])

How engaging was the story?

(Not at all 0 0 0 0 0 0 0 Very much [7 points])

TPI - Social richness:

Please circle the number that best describes your evaluation of the media experience:

Remote 0 0 0 0 0 0 0 Immediate (7 points)

Unemotional 0 0 0 0 0 0 0 Emotional (7 points)

Unresponsive ○○○○○○○○ Responsive (7 points)

Dead ○○○○○○○○ Lively (7 points)

Impersonal ○○○○○○○○ Personal (7 points)

Insensitive ○○○○○○○○ Sensitive (7 points)

Unsociable ○○○○○○○○ Sociable (7 points)

TPI - Social realism:

The events I saw/heard would occur in the real world

(Strongly disagree ○○○○○○○○ Strongly agree [7 points])

The events I saw/heard could occur in the real world

(Strongly disagree ○○○○○○○○ Strongly agree [7 points])

The way in which the events I saw/heard occurred is a lot like the way they occur in the real world

(Strongly disagree ○○○○○○○○ Strongly agree [7 points])

TPI - Perceptual realism:

Overall how much did touching the things and people in the environment you saw/heard feel like it would if you had experienced them directly?

(Not at all ○○○○○○○○ Very much [7 points])

How much did the heat or coolness (temperature) of the environment you saw/heard feel like it would if you had experienced it directly?

(Not at all ○○○○○○○○ Very much [7 points])

Overall, how much did the things and people in the environment you saw/heard smell like they would had you experienced them directly?

(Not at all ○○○○○○○○ Very much [7 points])

Overall, how much did the things and people in the environment you saw/heard look they would if you had experience them directly

(Not at all O O O O O O O Very much [7 points])

Overall, how much did the things and people in the environment you saw/heard sound like they would if you had experienced them directly?

(Not at all O O O O O O O Very much [7 points])

Bijlage 4: User Experience Questionnaire

Maak dan nu uw evaluatie.

Voor de beoordeling van het product, vragen we u de onderstaande vragenlijst in te vullen. De vragenlijst bestaat uit twee tegengestelde eigenschappen die van toepassing zijn op het product. De rondjes staan voor verschillende gradaties. U kunt uw beoordeling geven door het rondje, die het meest uw indruk weerspiegelt, aan te vinken.

Voorbeeld:

aantrekkelijk ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ onaantrekkelijk

Graag uw eerst ingeving invullen. Wacht niet te lang met invullen om te voorkomen dat u gaat twifelen over uw eerste ingeving. Soms bent u misschien niet helemaal zeker van uw antwoord of u vindt de eigenschap niet volledig van toepassing, kruis dan toch een rondje aan.

Het is uw mening die telt. Let op: er is geen goed of fout antwoord!

Gelieve beoordeel het product nu door het aanvinken van een rondje per regel.

	1	2	3	4	5	6	7		
onplezierig	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	plezierig	1
onbegrijpelijk	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	begrijpelijk	2
creatief	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	saai	3
makkelijk te leren	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	moelijk te leren	4
waardevol	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	inferieur	5
vervelend	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	spannend	6
oninteressant	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	interessant	7
onvoorspelbaar	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	voorspelbaar	8
snel	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	langzaam	9
origineel	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	conventioneel	10
belemmerend	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ondersteunend	11
goed	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	slecht	12
complex	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	eenvoudig	13
afstotend	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	aantrekkelijk	14
gebruikelijk	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	nieuw	15
onaangenaam	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	aangenaam	16
vertrouwd	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	niet vertrouwd	17
motiverend	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	demotiverend	18
volgens verwachtingen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	niet volgens verwachtingen	19
inefficiënt	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	efficiënt	20
overzichtelijk	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	verwarrend	21
onpraktisch	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	praktisch	22
ordelijk	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	rommelig	23
aantrekkelijk	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	onaantrekkelijk	24
aardig	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	onaardig	25
conservatief	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	innovatief	26

Bijlage 5: Virtual reality sickness questionnaire

Form Approved
OMB No. 0920-XXXX
Exp. Date xx/xx/20xx

Instrument D

VIRTUAL REALITY SICKNESS QUESTIONNAIRE

Instructions: Circle how much each symptom below is affecting you right now.

1. General discomfort	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
2. Fatigue	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
3. Headache	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
4. Eye strain	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
5. Difficulty focusing	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
6. Fullness of the Head	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
7. Blurred vision	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
8. Dizziness with eyes closed	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>
9. *Vertigo	<u>None</u>	<u>Slight</u>	<u>Moderate</u>	<u>Severe</u>

A = Sum of questions 1-4: _____ C = A/12 x 100: _____

B = Sum of questions 5-9: _____ D = B/15 x 100: _____

VRSQ Score = (C + D)/ 2: _____

Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ) is modified from the Simulator Sickness Questionnaire (SSQ).

Kim, H. K., Park, J., Choi, Y., & Choe, M. (2018). Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Applied ergonomics*, 69, 66-73.

Original version of Simulator Sickness Questionnaire (SSQ): Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220.

Bijlage 6: Immersive Experience Questionnaire

Your Experience of the Game: Please answer the following questions by circling the relevant number (1-7). In particular, remember that these questions are asking you about how you felt at the end of the game.

1) To what extent did the game hold your attention?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

2) To what extent did you feel you were focused on the game?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

3) How much effort did you put into playing the game?

Very little 1 2 3 4 5 6 7 A lot

4) Did you feel that you were trying your best?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

5) To what extent did you lose track of time, e.g. did the game absorb your attention so that you were not bored?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

6) To what extent did you feel consciously aware of being in the real world whilst playing?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

7) To what extent did you forget about your everyday concerns?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

8) To what extent were you aware of yourself in your surroundings?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very aware

9) To what extent did you notice events taking place around you?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

10) Did you feel the urge at any point to stop playing and see what was happening around you?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

11) To what extent did you feel that you were interacting with the game environment?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

12) To what extent did you feel as though you were separated from your real-world environment?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

13) To what extent did you feel that the game was something fun you were experiencing, rather than a task you were just doing?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

14) To what extent was your sense of being in the game environment stronger than your sense of being in the real world?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

15) At any point did you find yourself become so involved that you were unaware you were even using controls, e.g. it was effortless?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

16) To what extent did you feel as though you were moving through the game according to your own will?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

17) To what extent did you find the game challenging?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very difficult

18) Were there any times during the game in which you just wanted to give up?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

19) To what extent did you feel motivated while playing?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

20) To what extent did you find the game easy?

Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

21) To what extent did you feel like you were making progress towards the end of the game?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

22) How well do you think you performed in the game?
Very poor 1 2 3 4 5 6 7 Very well

23) To what extent did you feel emotionally attached to the game?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

24) To what extent were you interested in seeing how the game's events would progress?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

25) How much did you want to "win" the game?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

26) Were you in suspense about whether or not you would do well in the game?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

27) At any point did you find yourself become so involved that you wanted to speak to the game directly?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

28) To what extent did you enjoy the graphics and the imagery?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

29) How much would you say you enjoyed playing the game?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 A lot

30) When it ended, were you disappointed that the game was over?
Not at all 1 2 3 4 5 6 7 Very much so

31) Would you like to play the game again?
Definitely no 1 2 3 4 5 6 7 Definitely yes

32) How immersed did you feel? (10 = very immersed; 1 = not at all immersed)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Scoring the Immersive Experience Questionnaire (IEQ)

IEQ Immersion Score: Add up the responses to all 31 questionnaire items; responses to Q6, Q8, Q9, Q10, Q18 and Q20 are reversed (e.g. 1 becomes 7, 2 becomes 6, 3 becomes 5).

Single Question Measure of Immersion: The last question “How immersed did you feel?” gives the researcher an additional measure to check whether the IEQ is reliably reflecting the participant’s immersive experience.

IEQ Immersion Factors: Scores for five immersion factors can be computed, see Excel sheet “IEQ Scoring v2”. The five factors are: cognitive involvement, emotional involvement, real world dissociation, control, challenge.

If the item has +1 then you include that item’s response in the factor score (e.g. rating of 1).

If the item has -1 this means you include the item, but reverse the rating scale (e.g. rating of 1 becomes 7, etc.)

Reference: Jennett, C., Cox, A. L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs, T. & Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66, 641-661.

Bijlage 7: Virtual embodiment questionnaire

References Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ) - English The scale was published in the following publication, that can be used as a reference (citation) for the use of the scale in further studies: D. Roth and M. E. Latoschik (2020), Construction of the Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ), in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, doi: 10.1109/TVCG.2020.3023603. Bibtex: @article{roth_veq_2020, author={D. {Roth} and M. E. {Latoschik}}, journal={IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics}, title={Construction of the Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ)}, year={2020}, volume={26}, number={12}, doi={10.1109/TVCG.2020.3023603}, pages={3546-3556} } Predecessor Roth, D., Lugin, J. L., Latoschik, M. E., & Huber, S. (2017, May). Alpha IVBO-construction of a scale to measure the illusion of virtual body ownership. In Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 2875-2883). ACM.

Instructions

Please read each statement and check the relevant response to indicate how strongly you agree or disagree with each statement (1 through 7). There are no right or wrong answers. Answer spontaneously and intuitively.

	Strongly disagree	Disagree	Somewhat disagree	Neither agree nor disagree	Somewhat agree	Agree	Strongly agree
	1	2	3	4	5	6	7
Acceptance/Body Ownership							
AC1 myBody It felt like the virtual body was my body.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
AC2 myBodyParts It felt like the virtual body parts were my body parts.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
AC3 humanness The virtual body felt like a human body.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
AC4 belongsToMe It felt like the virtual body belonged to me.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Strongly disagree	Disagree	Somewhat disagree	Neither agree nor disagree	Somewhat agree	Agree	Strongly agree
Control/Agency	1	2	3	4	5	6	7
CO1 myMovements The movements of the virtual body felt like they were my movements.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
CO2 controlMovements I felt like I was controlling the movements of the virtual body.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
CO3 causeMovements I felt like I was causing the movements of the virtual body.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
CO4 syncMovements The movements of the virtual body were in sync with my own movements.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Strongly disagree	Disagree	Somewhat disagree	Neither agree nor disagree	Somewhat agree	Agree	Strongly agree
Change	1	2	3	4	5	6	7
CH1 myBodyChange I felt like the form or appearance of my own body had changed.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
CH2 echoHeavyLight I felt like the weight of my own body had changed.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
CH3 echoTallSmall I felt like the size (height) of my own body had changed.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
CH4 echoLargeThin I felt like the width of my own body had changed.	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Scoring process

Acceptance (Ownership) = (AC1 + AC2 + AC3 + AC4)/4

Control (Agency) = (CO1 + CO2 + CO3 + CO4)/4

Change = (CH1 + CH2 + CH3 + CH4)/4

Method

The scale measures virtual embodiment based on the factors Acceptance (ownership), Control (agency), and Change (perceived change in the body scheme). The scale should be measured immediately after exposure/induction of virtual embodiment. A 0-6-point scale can be used instead of the 1-7-point scale.

Additional items (excluded through CFA)

AGX1 bodyControlEnjoyment (AG)

I enjoyed controlling the virtual body.

VOX1 ownOtherBody (BO)

I had the illusion of owning a different body to my own.

CHX1 myBodyCheck (CH)

I felt like I had to check that my own body still looked like I remembered.

VOX2 belongsOtherPerson (BO*)

I felt like the virtual body belonged to someone else. *(recoded)

Contact

daniel.roth@tum.de

www.virtualembodimentscale.com

Bijlage 8: Development and validation of a theory-based questionnaire to measure different types of cognitive load

Cognitive load	Proposed item (in German)	Proposed item (in English)
ICL		
ICL1 (Item 1)	Die Lerninhalte waren schwer zu verstehen	The learning content was difficult to understand
ICL2 (Item 2)	Die Erklärungen des Lerninhalts waren schwer nachvollziehbar	The explanations of the learning content were difficult to understand
ICL3 (Item 3)	Die Lerninhalte waren komplex	The learning contents were complex
ICL4 (Item 4)	Die Lerninhalte enthielten viele komplexe Informationen	The learning content included much complex information
ICL5 (Item 5)	Ohne Vorwissen waren die Informationen nicht verständlich	Without prior knowledge, the information was not understandable
ECL		
ECL1 (Item 6)	Es war schwierig, einen Überblick über den Aufbau des Lernmaterials zu erlangen	It was difficult to gain an overview of the structure of the learning material
ECL2 (Item 7)	Die Gestaltung des Lernmaterials machte es schwer, die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Informationen herzustellen	The design of the learning material made it difficult to recognise links between individual information units
ECL3 (Item 8)	Das Lernmaterial war ungünstig gestaltet	The design of the learning material was inconvenient
ECL4 (Item 9)	Die Gestaltung des Lernmaterials machte es schwierig, wichtige Informationen zügig zu finden	The design of the learning material made it difficult to find relevant information quickly

Cognitive load	Proposed item (in German)	Proposed item (in English)
ECL5 (Item 10)	Aufgrund der Gestaltung des Lernmaterials hatte ich das Gefühl, mich nicht auf die Lerninhalte konzentrieren zu können	Because of the design of the learning material, I had the impression that I could not concentrate on the learning content
GCL		
GCL1 (Item 11)	Ich habe aktiv über die Lerninhalte nachgedacht	I actively reflected upon the learning content
GCL2 (Item 12)	Das Lernmaterial hat mich angeregt, aktiv über die Lerninhalte nachzudenken	The learning material encouraged me to actively think about the learning content
GCL3 (Item 13)	Ich habe mich bemüht, die Lerninhalte zu verstehen	I made an effort to understand the learning content
GCL4 (Item 14)	Ich war in der Lage, die einzelnen Informationen in einen Zusammenhang zu bringen	I was able to put the individual pieces of information into context
GCL5 (Item 15)	Ich habe ein umfassendes Verständnis der Lerninhalte erlangt	I achieved a comprehensive understanding of the learning content
GCL6 (Item 16)	Ich konnte mein bestehendes Wissen mit den Lerninhalten erweitern	I was able to expand my prior knowledge with the learning content
GCL7 (Item 17)	Das Wissen, das ich durch das Lernmaterial erworben habe, kann ich schnell und sicher anwenden	I can apply the knowledge that I acquired through the learning material quickly and accurately

Bijlage 9: The post-experimental intrinsic motivation inventory

THE POST-EXPERIMENTAL INTRINSIC MOTIVATION INVENTORY

(Below are listed all 45 items that can be used depending on which are needed.)

For each of the following statements, please indicate how true it is for you, using the following scale:

1 2 3 4 5 6 7

not at all somewhat very
true true true

Interest/Enjoyment

I enjoyed doing this activity very much
This activity was fun to do.
I thought this was a boring activity. (R)
This activity did not hold my attention at all. (R)
I would describe this activity as very interesting.
I thought this activity was quite enjoyable.
While I was doing this activity, I was thinking about how much I enjoyed it.

Perceived Competence

I think I am pretty good at this activity.
I think I did pretty well at this activity, compared to other students.
After working at this activity for awhile, I felt pretty competent.
I am satisfied with my performance at this task.
I was pretty skilled at this activity.
This was an activity that I couldn't do very well. (R)

Effort/Importance

I put a lot of effort into this.
I didn't try very hard to do well at this activity. (R)

I tried very hard on this activity.
It was important to me to do well at this task.
I didn't put much energy into this. (R)

Pressure/Tension

I did not feel nervous at all while doing this. (R)
I felt very tense while doing this activity.
I was very relaxed in doing these. (R)
I was anxious while working on this task.
I felt pressured while doing these.

Perceived Choice

I believe I had some choice about doing this activity.
I felt like it was not my own choice to do this task. (R)
I didn't really have a choice about doing this task. (R)
I felt like I had to do this. (R)
I did this activity because I had no choice. (R)
I did this activity because I wanted to.
I did this activity because I had to. (R)

Value/Usefulness

I believe this activity could be of some value to me.
I think that doing this activity is useful for _____.
I think this is important to do because it can _____.
I would be willing to do this again because it has some value to me.
I think doing this activity could help me to _____.
I believe doing this activity could be beneficial to me.
I think this is an important activity.

Relatedness

I felt really distant to this person. (R)
I really doubt that this person and I would ever be friends. (R)
I felt like I could really trust this person.
I'd like a chance to interact with this person more often.
I'd really prefer not to interact with this person in the future. (R)
I don't feel like I could really trust this person. (R)
It is likely that this person and I could become friends if we interacted a lot.
I feel close to this person.

Constructing the IMI for your study. First, decide which of the variables (factors) you want to use, based on what theoretical questions you are addressing. Then, use the items from those factors, randomly ordered. If you use the value/usefulness items, you will need to complete the three items as appropriate. In other words, if you were studying whether the person believes an activity is useful for improving concentration, or becoming a

better basketball player, or whatever, then fill in the blanks with that information. If you do not want to refer to a particular outcome, then just truncate the items with its being useful, helpful, or important.

Scoring information for the IML. To score this instrument, you must first reverse score the items for which an (R) is shown after them. To do that, subtract the item response from 8, and use the resulting number as the item score. Then, calculate subscale scores by averaging across all of the items on that subscale. The subscale scores are then used in the analyses of relevant questions.

The following is a 22 item version of the scale that has been used in some lab studies on intrinsic motivation. It has four subscales: interest/enjoyment, perceived choice, perceived competence, and pressure/tension. The interest/enjoyment subscale is considered the self-report measure of intrinsic motivation; perceived choice and perceived competence are theorized to be positive predictors of both self-report and behavioral measures of intrinsic motivation. Pressure tension is theorized to be a negative predictor of intrinsic motivation. Scoring information is presented after the questionnaire itself.

TASK EVALUATION QUESTIONNAIRE

For each of the following statements, please indicate how true it is for you, using the following scale:

1	2	3	4	5	6	7
not at all			somewhat			very
true			true			true

1. While I was working on the task I was thinking about how much I enjoyed it.
2. I did not feel at all nervous about doing the task.
3. I felt that it was my choice to do the task. ●
4. I think I am pretty good at this task.
5. I found the task very interesting.
6. I felt tense while doing the task.
7. I think I did pretty well at this activity, compared to other students.
8. Doing the task was fun.
9. I felt relaxed while doing the task.
10. I enjoyed doing the task very much.
11. I didn't really have a choice about doing the task.
12. I am satisfied with my performance at this task.
13. I was anxious while doing the task.
14. I thought the task was very boring.
15. I felt like I was doing what I wanted to do while I was working on the task.
16. I felt pretty skilled at this task.
17. I thought the task was very interesting.
18. I felt pressured while doing the task.
19. I felt like I had to do the task.
20. I would describe the task as very enjoyable.
21. I did the task because I had no choice.
22. After working at this task for awhile, I felt pretty competent.

Scoring information. Begin by reverse scoring items # 2, 9, 11, 14, 19, 21. In other words, subtract the item response from 8, and use the result as the item score for that item. This way, a higher score will indicate more of the concept described in the subscale name. Thus, a higher score on pressure/tension means the person felt more pressured and tense; a higher score on perceived competence means the person felt more competent; and so on. Then calculate subscale scores by averaging the items scores for the items on each subscale. They are as follows. The (R) after an item number is just a reminder that the item score is the reverse of the participant's response on that item.

Interest/enjoyment: 1, 5, 8, 10, 14(R), 17, 20
 Perceived competence: 4, 7, 12, 16, 22
 Perceived choice: 3, 11(R), 15, 19(R), 21(R)
 Pressure/tension: 2(R), 6, 9(R), 13, 18

The subscale scores can then be used as dependent variables, predictors, or mediators, depending on the research questions being addressed.

率率率率率率率率率率

TEXT MATERIAL QUESTIONNAIRE I

For each of the following statements, please indicate how true it is for your, using the following scale as a guide:

1 2 3 4 5 6 7

not at all true		somewhat true		very true
--------------------	--	------------------	--	--------------

1. While I was reading this material, I was thinking about how much I enjoyed it.
2. I did not feel at all nervous while reading.
3. This material did not hold my attention at all.
4. I think I understood this material pretty well.
5. I would describe this material as very interesting.
6. I think I understood this material very well, compared to other students.
7. I enjoyed reading this material very much.
8. I felt very tense while reading this material.
9. This material was fun to read.

Scoring information. Begin by reverse scoring items # 2 and 3. In other words, subtract the item response from 8, and use the result as the item score for that item. This way, a higher score will indicate more of the

concept described in the subscale name. Then calculate subscale scores by averaging the items scores for the items on each subscale. They are shown below. The (R) after an item number is just a reminder that the item score is the reverse of the participant's response on that item.

Interest/enjoyment: 1, 3(R), 5, 7, 9
Perceived competence: 4, 6,
Pressure/tension: 2(R), 8

※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※ ※

The next version of the questionnaire was used for a study of internalization with an uninteresting computer task (Deci et al., 1994).

ACTIVITY PERCEPTION QUESTIONNAIRE

The following items concern your experience with the task. Please answer all items. For each item, please indicate how true the statement is for you, using the following scale as a guide:

1	2	3	4	5	6	7
not at all			somewhat			very
true			true			true

1. I believe that doing this activity could be of some value for me.
2. I believe I had some choice about doing this activity.
3. While I was doing this activity, I was thinking about how much I enjoyed it.
4. I believe that doing this activity is useful for improved concentration.
5. This activity was fun to do.
6. I think this activity is important for my improvement.
7. I enjoyed doing this activity very much.
8. I really did not have a choice about doing this activity.

9. I did this activity because I wanted to.
10. I think this is an important activity.
11. I felt like I was enjoying the activity while I was doing it.
12. I thought this was a very boring activity.
13. It is possible that this activity could improve my studying habits.
14. I felt like I had no choice but to do this activity.
15. I thought this was a very interesting activity.
16. I am willing to do this activity again because I think it is somewhat useful.
17. I would describe this activity as very enjoyable.
18. I felt like I had to do this activity.
19. I believe doing this activity could be somewhat beneficial for me.
20. I did this activity because I had to.
21. I believe doing this activity could help me do better in school.
22. While doing this activity I felt like I had a choice.
23. I would describe this activity as very fun.
24. I felt like it was not my own choice to do this activity.
25. I would be willing to do this activity again because it has some value for me.

Scoring information. Begin by reverse scoring items # 8, 12, 14, 18, 20, and 24 by subtracting the item response from 8 and using the result as the item score for that item. Then calculate subscale scores by averaging the items scores for the items on each subscale. They are shown below. The (R) after an item number is just a reminder that the item score is the reverse of the participant's response on that item.

Interest/enjoyment: 3, 5, 7, 11, 12(R), 15, 17, 23
 Value/usefulness: 1, 4, 6, 10, 13, 16, 19, 21, 25
 Perceived choice: 2, 8(R), 9, 14(R), 18(R), 20(R), 22, 24(R)

SUBJECT IMPRESSIONS QUESTIONNAIRE

The following sentences describe thoughts and feelings you may have had regarding the other person who participated in the experiment with you. For each of the following statement please indicate how true it is for you, using the following scale as a guide:

1	2	3	4	5	6	7
not at all			somewhat			very
true			true			true

1. While I was interacting with this person, I was thinking about how much I enjoyed it.
2. I felt really distant to this person.
3. I did not feel at all nervous about interacting with this person.
4. I felt like I had choice about interacting with this person.
5. I would describe interacting with this person as very enjoyable.
6. I really doubt that this person and I would ever become friends.
7. I found this person very interesting.
8. I enjoyed interacting with this person very much.
9. I felt tense while interacting with this person.
10. I really feel like I could trust this person.
11. Interacting with this person was fun.
12. I felt relaxed while interacting with this person.
13. I'd like a chance to interact more with this person.

14. I didn't really have a choice about interacting with this person.
15. I tried hard to have a good interaction with this person.
16. I'd really prefer not to interact with this person in the future.
17. I was anxious while interacting with this person.
18. I thought this person was very boring.
19. I felt like I was doing what I wanted to do while I was interacting with this person.
20. I tried very hard while interacting with this person.
21. I don't feel like I could really trust this person.
22. I thought interacting with this person was very interesting.
23. I felt pressured while interacting with this person.
24. I think it's likely that this person and I could become friends.
25. I felt like I had to interact with this person.
26. I feel really close to this person.
27. I didn't put much energy into interacting with this person.
28. I interacted with this person because I had no choice.
29. I put some effort into interacting with this person.

Scoring information. Begin by reverse scoring items # 2, 3, 6, 12, 14, 16, 18, 21, 25, 27, and 28 by subtracting the item response from 8 and using the result as the item score for that item. Then calculate subscale scores by averaging the items scores for the items on each subscale. They are shown below. The (R) after an item number is just a reminder that the item score is the reverse of the participant's response on that item.

Relatedness:	2(R), 6(R), 10, 13, 16(R), 21(R), 24, 26
Interest/enjoyment:	1, 5, 7, 8, 11, 18(R), 22
Perceived choice:	4, 14(R), 19, 25(R), 28(R)
Pressure/tension:	3(R), 9, 12(R), 17, 23,
Effort:	15, 20, 27(R), 29

Bijlage 10: Experiential learning processing questions

EXPERIENTIAL LEARNING PROCESSING QUESTIONS

SHARE

- ▲ What did you like about this activity?
- ▲ What part of the activity was hardest to do?
- ▲ How did you decide what to choose?
- ▲ What was the most fun about doing this activity?
- ▲ How did it feel to do this activity?
- ▲ How did your group work together?
- ▲ What happened during the activity?
- ▲ What did you observe?
- ▲ What does it feel like to pretend to _____?
- ▲ What kinds of _____ did you discover?
- ▲ How did you learn _____?
- ▲ What help did you get?
- ▲ How did you feel about successfully being able to _____?
- ▲ What are some decisions you had to make to carry out this activity?
- ▲ What steps did you go through before you made your decision?
- ▲ How did you feel about _____ before the activity? After the activity?
- ▲ What did you learn about _____?
- ▲ What was the easiest to do?
- ▲ Why do you think everyone in your group didn't agree about _____?
- ▲ How did you feel about this game?
- ▲ What was it like to have to make quick decisions?
- ▲ How did you keep track of everyone's ideas?
- ▲ Do you think you get more ideas working alone or in a group? Why?
- ▲ How did you feel in your role?
- ▲ If you did not know _____ before, how did you figure it out?
- ▲ How did you feel about doing _____?
- ▲ What were some of the things that were hard to understand when you started _____?
- ▲ What kinds of feelings did you have when group members argued?
- ▲ What did you observe about the way the groups disagreed (or agreed)?
- ▲ What did you do to plan and conduct the activity?
- ▲ What did you learn about conducting the activity?
- ▲ How was this different from _____?
- ▲ Tell us about your experience doing _____.
- ▲ What surprised you about _____?
- ▲ What skills do you need to have in order to _____?
- ▲ How did you use your various senses to _____?
- ▲ What new words did you learn?
- ▲ Why do you think people have different ideas about what is correct?

PROCESS

- ▲ What did you learn about yourself by doing this activity?
- ▲ Why is it important to know _____?
- ▲ How did you group decide to _____?
- ▲ What did you learn as a group that you might not have learned alone?
- ▲ What were some common themes or thoughts you heard?
- ▲ How were each person's viewpoints the same? How were they different?
- ▲ What is your favorite way of _____?
- ▲ Why is it important to think through and decide _____?
- ▲ What problems came up over and over?
- ▲ Why was this a fun way to learn _____?
- ▲ How does having fun help you learn?
- ▲ What would you do if _____ were to happen?
- ▲ How did you work together with your group to _____?
- ▲ What did you learn about making decisions?
- ▲ What did you learn about communicating with others?
- ▲ What types of communication helped you make your decisions? Why?
- ▲ How have _____ been important in your life?
- ▲ Why is it important for other people to know _____?
- ▲ What was hard about trying to _____?
- ▲ How did others help you _____?
- ▲ Why is it important to be able to _____?
- ▲ How do you tell the difference between _____?
- ▲ Why is it important to _____?
- ▲ What was easy or difficult about working with a group to _____?
- ▲ What did you do if everyone in the group didn't agree on _____?
- ▲ What did the "leader" do to make you feel he or she was the group leader?
- ▲ Why is it important to learn the proper way to _____?
- ▲ What was the most challenging or difficult part of the activity?
- ▲ What did you learn from this activity that you didn't know before?
- ▲ How did this differ from the way you are usually taught in school?
- ▲ Give an example of a challenge you had and what you did to solve it?
- ▲ What works best to get people involved and excited about doing this type of activity?
- ▲ Why is learning with others sometimes more fun than learning alone?
- ▲ What suggestions would you have for someone who wanted to _____?
- ▲ What made this a good activity?

GENERALIZE

- ▲ How will learning _____ help you?
- ▲ What other situations like this have you experienced?
- ▲ Why is knowing _____ important?
- ▲ Why is it important that each person has his/her own view?
- ▲ When have you had to _____ before?
- ▲ Where can you find resources to help you make decisions about _____?
- ▲ When else have you had fun and learned new things at the same time?
- ▲ Why is it important to have plenty of information before making decisions?
- ▲ When do you make decisions that require everyone in the group to agree?
- ▲ What do you do when you don't agree with the group?
- ▲ What did you learn about your own skill in making decisions?
- ▲ What did you learn about your own skill in communicating with others?
- ▲ Describe five ways in which new ideas are communicated to you?
- ▲ In what ways do people help each other learn new things?
- ▲ What are some ways you like to learn?
- ▲ Where can you go to find information you may need to _____?
- ▲ What did you learn by observation?
- ▲ What are qualities that you think are important in a leader?
- ▲ How would you describe your skill at _____?
- ▲ What do you feel you need to work on to be effective at _____?
- ▲ What advice would you give to someone who wants to _____?
- ▲ What other skills do you need to be good at _____?
- ▲ What can people do to help themselves continue learning?
- ▲ What are some ways we can learn new things?
- ▲ What do you think about your own _____ skills?
- ▲ Why was this important?
- ▲ What did you learn?

APPLY

- ▲ How would you teach someone about this activity or concept?
- ▲ What did you learn today that you will be able to use in school?
- ▲ How will your new skills help you at home?
- ▲ What did you learn by participating in this process that will help you in the future?
- ▲ Describe a time when you might need the skills/knowledge you learned today.
- ▲ What are some other situations when you will need to use the skills you learned today?
- ▲ How could the things you learned today be used to help you in other situations?
- ▲ Can you name some times when you will need to use your skills in _____?
- ▲ In what other ways could you apply the skills you gained in this activity?
- ▲ How can you apply the thinking process used in this process to evaluate other issues at home or school?
- ▲ What would you do differently if you conducted this activity?

Bijlage 11: Experiential Learning Process Questions



Experiential Learning Process Questions

1. EXPERIENCE—The hands-on action step. Youth do their activity/project before they are shown or told how to do it. Remember it is important to not rob youth of their discoveries. Youth must experiment with new ideas, interests, projects, etc., first-hand.

The following ideas for questions can help you utilize the whole experiential learning process.

2. SHARE—Describe what was done.

Promote discussion by asking the following:

- What kinds of hopes and dreams did you have for your 4-H experience this year?
- What did you do? Where did you go? What was your goal for this project/activity when you began?
- What did you do to plan your project/activity? Tell me about your most/least favorite things about working on your project/activity.
- What did you learn while doing this project/activity? How did you feel? What was easiest? What surprised you?
- What did you learn about yourself? How did you share your project/activity with others?

3. PROCESS—Identify common themes and discover what was most important (the life skill) about the project, activity, or service opportunity.

Use the following process questions:

- What did you learn about yourself by doing this project/activity? How did others help you?
- How did you make your decisions? What steps did you take?
- What did you learn about making decisions?
- What made this a good project/activity?
- What were some of the common themes or thoughts you had?
- What problems came up over and over? How did you handle them?
- What would you do if _____?
- What was the most challenging part of your project/activity? Why? How did you solve it? What did you learn from this project/activity that you didn't know before?
- What suggestions would you have for someone else who wanted to do a similar project or activity?
- Why does it matter (to you or anyone else) that you did this project/activity?
- What life skill(s) were you developing through your project? Why is the life skill important?
- What did you learn through sharing with others?
- What new questions do you have about yourself and others?

4. GENERALIZE—So what?

Identify how to use what's been learned in real life. These questions transition the experience or "product" itself to the skill being practiced in real life. They explore the nature of the life skill and help participants reflect on how the life skill has been developed through their experiences. Generalizing sets the stage for applying the life skill in new situations.

- What key points have you learned?
- Have you had similar experiences related to this project/activity?
- Where have you faced similar challenges in your life?
- How is this life skill important to you?
- Where might this situation occur in the future?
- Discuss another time when you had fun and learned new things at the same time.
- Why is it important to have plenty of information before making decisions?
- Describe what you learned about your decision making skills?
- What did you learn about your own skill in communicating with others?
- How would you describe your skills regarding _____?
- What advice would you give to someone who wants to learn about this life skill?

5. APPLY—What's next?

These are the questions the experiential learning process has been building toward. Adults can help youth show that they have gained knowledge and practiced the life skills learned rather than solely focusing on the subject matter.

- How do you think the project/activity relates to your everyday life?
- Why was this project/activity important to you?
- What have you learned about yourself? Others?
- Are there principles or guidelines you can use in real-life situations?
- What similar situations have you experienced?
- How can you use these skills in different situations?
- In what ways do people help each other learn new things?
- How will you act differently as a result of this experience?
- List some ways you can learn new things?
- What are qualities that you think are important in a leader?
- If someone helped or mentored you in this project, what would you tell him/her you learned and what difference it has made in your life? How would you express your appreciation?

Adapted from the Essential Elements of 4-H Youth Development Programs – 4-H National Headquarters and 4-H National Council and from the 2005 Minnesota 4-H Curriculum Committee.
Revised December 2012, by Chris Gleason, 4-H Youth Program Specialist

IOWA STATE UNIVERSITY
Extension and Outreach

Iowa State University Extension and Outreach does not discriminate on the basis of age, disability, ethnicity, gender identity, genetic information, marital status, national origin, pregnancy, race, religion, sex, sexual orientation, socioeconomic status, or status as a U.S. veteran. (Not all prohibited bases apply to all programs.) Inquiries regarding non-discrimination policies may be directed to the Diversity Officer, 2150 Beardshear Hall, 515 Morrill Road, Ames, Iowa 50011, 515-294-1482, extdiversity@iastate.edu. All other inquiries may be directed to 800-262-3804.

Bijlage 12: Kolb's Learning Style Questionnaire

This questionnaire is designed to find out your preferred learning styles(s) as an adult. Over the years, you have probably developed learning habits that help you benefit more from some experiences than from others. You may be unaware of this, and this questionnaire will help you pinpoint your learning preferences and share them with the other Community Facilitators.

This questionnaire will probably take you about 10 minutes to complete. The accuracy of your results depends on how honest you are. There are no right or wrong answers. If you agree more than you disagree with a statement, place a tick (✓) in the box to the left of the question. If you disagree more than you agree, leave the box blank. If you find yourself wondering which situation to think of when answering a question, just think about how you are when you are working with people. Go with your first gut reaction instead of over-thinking your response.

QUESTIONS

1. I have strong beliefs about what is right and wrong, good and bad.
2. I often act without considering the possible consequences.
3. I tend to solve problems using a step-by-step approach.
4. I believe that formal procedures and policies restrict people.
5. I have a reputation for saying what I think, simply and directly.
6. I often find that actions based on feelings are as sound as those based on careful thought and analysis.
7. I like the sort of work where I have time for thorough preparation and implementation.
8. I regularly question people about their basic assumptions.
9. What matters most is whether something works in practice.
10. I actively seek out new experiences.
11. When I hear about a new idea or approach, I immediately start working out how to apply it in practice.
12. I am keen on self discipline such as watching my diet, taking regular exercise, sticking to a fixed routine, etc.
13. I take pride in doing a thorough job.
14. I get on best with logical, analytical people and less well with spontaneous, 'irrational' people.
15. I take care over how I interpret data and avoid jumping to conclusions.
16. I like to reach a decision carefully after weighing up many alternatives.
17. I am attracted more to novel, unusual ideas than to practical ones.
18. I don't like disorganised things and prefer to fit things into a coherent pattern.
19. I accept and stick to laid down procedures and policies so long as I regard them as an efficient way of getting the job done.

20. I like to relate my actions to a general principle, standard or belief.
21. In discussions, I like to get straight to the point.
22. I tend to have distant, rather formal relationships with people at work.
23. I thrive on the challenge of tackling something new and different.
24. I enjoy fun-loving spontaneous people.
25. I pay careful attention to detail before coming to a conclusion.
26. I find it difficult to produce ideas on impulse.
27. I believe in coming to the point immediately.
28. I am careful not to jump to conclusions too quickly.
29. I prefer to have as many sources of information as possible – the more information to think over the better.
30. Flippant, superficial people who don't take things seriously enough usually irritate me.
31. I listen to other people's points of view before putting my own view forward.
32. I tend to be open about how I'm feeling.
33. In discussions, I enjoy watching the plotting and scheming of the other participants.
34. I prefer to respond to events in a spontaneous, flexible way rather than plan things out in advance.
35. I tend to be attracted to techniques such as flow charts, contingency plans etc.
36. It worries me if I have to rush work to meet a tight deadline.
37. I tend to judge people's ideas on their practical merits.
38. Quiet, thoughtful people tend to make me feel uneasy. 39. I often get irritated by people who want to rush things.
40. It is more important to enjoy the present moment than to think about the past or future.
41. I think that decisions based on a careful analysis of all the information are better than those based on intuition.
42. I tend to be a perfectionist.
43. In discussions, I usually produce lots of spontaneous ideas.
44. In meetings, I put forward practical, realistic ideas.
45. More often than not, rules are there to be broken.
46. I prefer to stand back from a situation and consider all the perspectives.
47. I can often see inconsistencies and weaknesses in other people's arguments.
48. On balance I talk more than I listen.

49. I can often see better, more practical ways to get things done.
50. I think written reports should be short and to the point.
51. I believe that rational, logical thinking should win the day.
52. I tend to discuss specific things with people rather than engaging in social discussion.
53. I like people who approach things realistically rather than theoretically.
54. In discussions, I get impatient with irrelevant issues and digressions.
55. If I have a report to write, I tend to produce lots of drafts before settling on the final version.
56. I am keen to try things out to see if they work in practice.
57. I am keen to reach answers via a logical approach.
58. I enjoy being the one that talks a lot.
59. In discussions, I often find I am a realist, keeping people to the point and avoiding wild speculations.
60. I like to ponder many alternatives before making up my mind.
61. In discussions with people I often find I am the most dispassionate and objective.
62. In discussions I'm more likely to adopt a 'low profile' than to take the lead and do most of the talking.
63. I like to be able to relate current actions to the longer-term bigger picture.
64. When things go wrong, I am happy to shrug it off and 'put it down to experience'.
65. I tend to reject wild, spontaneous ideas as being impractical.
66. It's best to think carefully before taking action.
67. On balance, I do the listening rather than the talking.
68. I tend to be tough on people who find it difficult to adopt a logical approach.
69. Most times I believe the end justifies the means.
70. I don't mind hurting people's feelings so long as the job gets done.
71. I find the formality of having specific objectives and plans stifling.
72. I'm usually one of the people who puts life into a party.
73. I do whatever is practical to get the job done.
74. I quickly get bored with methodical, detailed work.
75. I am keen on exploring the basic assumptions, principles and theories underpinning things and events.
76. I'm always interested to find out what people think.
77. I like meetings to be run on methodical lines, sticking to laid down agenda.

78. I steer clear of subjective (biased) or ambiguous (unclear) topics.

79. I enjoy the drama and excitement of a crisis situation.

80. People often find me insensitive to their feelings.

Bijlage 13: Course Experience Questionnaire

Ramsden, P. (1991). A performance indicator of teaching quality in higher education: the course experience questionnaire. *Studies in Higher Education*, 16, 129-150.

Richardson, JTE (1994). A British evaluation of the course experience questionnaire. *Studies in Higher Education*. 19, 59-68.

Wilson, K. L., Lizzio, A., & Ramsden, P. (1997). The development, validation and application of the Course Experience Questionnaire. *Studies in higher education*, 22(1), 33-53.

37 Items

6 Dimensions

Good Teaching scale

- #*4 The teaching staff of this course motivate students to do their best work
- #* 9 Staff here put a lot of time into commenting on students' work
- #*20 The staff make a real effort to understand difficulties students may be having with their work
- #*22 Teaching staff here normally give helpful feedback on how you are going
- #*23 Our lecturers are extremely good at explaining things to us
- #*25 Teaching staff here work hard to make subjects interesting
- # 31 Staff here show no real interest in what students have to say.
- # 33 This course really tries to get the best out of all its students

Clear Goals and Standards scale

- *1 It's always easy here to know the standard of work expected
- #* 8 You usually have a clear idea of where you're going and what's expected of you
- #*18 It's often hard to discover what's expected of you in this course
- # 24 The aims and objectives of this course are NOT made very clear
- #*35 The staff here make it clear right from the start what they expect from students

Generic Skills scale

- *2 This course has helped me to develop my problem-solving skills (GS)
- *6 This course has sharpened my analytic skills
- *11 This course has helped develop my ability to work as a team member
- * 12 As a result of doing this course, I feel more confident about tackling unfamiliar problems
- *13 This course has improved my written communication skills
- *28 This course has helped me develop the ability to plan my own work

Appropriate Assessment scale

- # 7 Lecture here frequently give the impression they have nothing to learn from student
- #*10 To do well on this course all you really need is a good memory
- #*17 Staff seem more interested in testing what you're more than that you understand
- #*26 Too many staff ask us questions just about facts
- # 29 Feedback on student work is usually provided ONLY in the form of marks and grades
- # 32 It would be possible to get through this course just by working hard around exam times

Appropriate Workload scale

- #* 5 The workload is too heavy
- 6 This course has sharpened my analytical skills
- # 14 It seems to me that the syllabus tries to cover too many topics
- #*19 We are generally given enough time to understand the things we have to learn
- #*27 There's a lot of pressure on you as a student here

#*36 The sheer volume of work to be got through in this course means you can't comprehend it all thoroughly

Emphasis on Independence Scale

3 There are few opportunities to choose the particular areas you want to study (IN)

15 The course has encouraged me to develop my own academic interests as far as possible

16 Students have a great deal of choice over how they are going to learn in this course

21 Students here are given a lot of choice in the work they have to do

#30 We often discuss with our lecturers or tutors how we are going to learn in this course

34 There's very little choice in this course in the ways you are assessed

37 Overall, I am satisfied with the quality of this course Items 1-36=CEQ36; #

items=CEQ30 (used in Ramsden, 1991; Richardson, 1994); *items = CEQ23

5-point Likert Scale (means 'definitely disagree' and 5 means 'definitely agree')

Good Teaching: Cronbachs α = 0.79 - 0.88

Clear Goals: Cronbachs α = 0.76 – 0.82

Workload: Cronbachs α = 0.69 – 0.77

Assessment: Cronbachs α = 0.47 - 0.74

Independence: Cronbachs α = 0.55 - 0.72

Generic Skills: Cronbachs α = 0.77- 0.8

Bijlage 14: Échelle de flow en contexte éducatif v.2 (EduFlow-2)

Échelle de flow en contexte éducatif v.2 (EduFlow-2)

Lisez attentivement chaque phrase et répondez, sur l'échelle située en face, en entourant un nombre correspondant le mieux à ce que vous pensez 1 = pas du tout d'accord à 7 = tout à fait d'accord.

pas du tout d'accord	très peu d'accord	un peu d'accord	Moyennement d'accord	Assez d'accord	Fortement d'accord	tout à fait d'accord
1	2	3	4	5	6	7
[strongly disagree] <-----> [totally agree]						

En général, quand je suis dans une activité (formation en ligne, travail en classe ou devoirs à la maison...) à contextualiser en fonction de l'activité... [During a learning activity...]

01 D1a	Je me sens capable de faire face aux exigences élevées de la situation.	1 2 3 4 5 6 7
02 D2a	Je suis totalement absorbé-e par ce que je fais.	1 2 3 4 5 6 7
03 D3a	Je ne suis pas préoccupé-e par ce que les autres pourraient penser de moi.	1 2 3 4 5 6 7
04 D4a	J'ai le sentiment de vivre un moment enthousiasmant.	1 2 3 4 5 6 7
05 D1b	Je sens que je contrôle parfaitement mes actions.	1 2 3 4 5 6 7
06 D2c	Je ne vois pas le temps passer.	1 2 3 4 5 6 7
07 D3b	Je ne suis pas préoccupé-e par le jugement des autres.	1 2 3 4 5 6 7
08 D4b	Cette activité me procure beaucoup de bien-être.	1 2 3 4 5 6 7
09 D1c	A chaque étape, je sais ce que je dois faire.	1 2 3 4 5 6 7
10 D2b	Je suis profondément concentré-e sur ce que je fais.	1 2 3 4 5 6 7
11 D3c	Je ne suis pas inquiet-e de ce que les autres peuvent penser de moi.	1 2 3 4 5 6 7
12 D4c	Quand j'évoque cette activité, je ressens une émotion que j'ai envie de partager.	1 2 3 4 5 6 7

- FlowD1 : Contrôle cognitif/Cognitive control
- FlowD2 : Immersion et altération de la perception du temps/Immersion and Time transformation
- FlowD3 : Absence de préoccupation à propos du soi/Loss of self-consciousness
- FlowD4 : Expérience autotélique (Bien-être procuré par l'activité)/Autotelic experience (well-being provided by the activity)

Note : FlowD1+FlowD2+FlowD3 = Absorption cognitive/Cognitive absorption

Merci d'utiliser cette référence pour citer l'échelle de flow en éducation v.2 (EduFlow-2)

Heutte, J., Fenouillet, F., Martin-Krumm, C., Gute, G., Raes, A., Gute, D., Bachelet, R. & Csikszentmihalyi, M. (2021). Optimal Experience in Adult Learning: Conception and Validation of the Flow in Education Scale (EduFlow-2) *Frontiers in Psychology, section Educational Psychology, 12*, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.828027>

Echelle de flow en éducation v.2 [Flow in Education scale v.2] (EduFlow-2)

FlowD1a	Je me sens capable de faire face aux exigences élevées de la situation. [I trust my ability to meet the high demands of the situation.]
FlowD1b	Je sens que je contrôle parfaitement mes actions. [I feel completely in control of my actions.]
FlowD1c	A chaque étape, je sais ce que je dois faire. [At each step, I know exactly what I have to do.]
FlowD2a	Je suis totalement absorbé-e par ce que je fais. [I am wholly absorbed in what I am doing.]
FlowD2b	Je suis profondément concentré-e sur ce que je fais. [I am deeply focused on what I am doing.]
FlowD2c	Je ne vois pas le temps passer. [I am losing track of time.]
FlowD3a	Je ne suis pas préoccupé-e par ce que les autres pourraient penser de moi. [I don't care about what others may think of me.]
FlowD3b	Je ne suis pas préoccupé-e par le jugement des autres. [I am not concerned about the judgement of others.]
FlowD3c	Je ne suis pas inquiet-e de ce que les autres peuvent penser de moi. [I am not worried about what others might think of me.]
FlowD4a	J'ai le sentiment de vivre un moment enthousiasmant. [I have the feeling I am living a very exciting experience.]
FlowD4b	Cette activité me procure beaucoup de bien-être. [This activity brings me a sense of well-being.]
FlowD4c	Quand j'évoque cette activité, je ressens une émotion que j'ai envie de partager. [When I talk about this activity, I feel such a deep emotion that I want to share it.]

- FlowD1 : Contrôle cognitif/Cognitive control
- FlowD2 : Immersion et altération de la perception du temps/Immersion and Time transformation
- FlowD3 : Absence de préoccupation à propos du soi/Loss of self-consciousness
- FlowD4 : Expérience autotélique (Bien-être procuré par l'activité)/Autotelic experience (well-being provided by the activity)

Note : FlowD1+FlowD2+FlowD3 = Absorption cognitive/Cognitive absorption

Please use this reference to cite the Flow in Education scale v.2 (EduFlow-2)

Heutte, J., Fenouillet, F., Martin-Krumm, C., Gute, G., Raes, A., Gute, D., Bachelet, R. & Csikszentmihalyi, M. (2021). Optimal Experience in Adult Learning: Conception and Validation of the Flow in Education Scale (EduFlow-2) *Frontiers in Psychology, section Educational Psychology, 12*, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.828027>

Bijlage 15: Constructivist Learning Environment Survey

Please respond to the following questions using the scale described and circling the appropriate number:

5= very often

4= often

3= sometimes

2= seldom

1= never

In this class, I would prefer ...

5 4 3 2 1 | 1. to ask other students about their ideas

5 4 3 2 1 | 2. the teacher to help me think about what I learned in past lessons.

5 4 3 2 1 | 3. to think hard about my own ideas

5 4 3 2 1 | 4. the teacher to give me problems to investigate.

In this class, I would prefer ...

5 4 3 2 1 | 5. not to ask other students about their ideas

5 4 3 2 1 | 6. to see if what I learned in the past still makes sense to me.

5 4 3 2 1 | 7. to do investigations in my own way.

5 4 3 2 1 | 8. the teacher to expect me to remember important ideas I learned in the past.

In this class, I would prefer ...

5 4 3 2 1 | 9. not to be aware of other students' ideas.

5 4 3 2 1 | 10. there to be not enough time to really think.

5 4 3 2 1 | 11. to find my own way of doing investigations.

5 4 3 2 1 | 12. the teacher to set my learning activities.

In this class, I would prefer ...

5 4 3 2 1 | 13. to talk with other students about the most sensible way of solving a problem.

5 4 3 2 1 | 14. to think about interesting, real-life problems.

5 4 3 2 1 | 15. that I decide how much time to spend on an activity.

5 4 3 2 1 | 16. the teacher to expect me to remember things I learned in past lessons.

In this class, I would prefer ...

5 4 3 2 1 | 17. to try to make sense of other students' ideas

5 4 3 2 1 | 18. to learn about things that interest me.

5 4 3 2 1 | 19. that I could decide if my solutions made sense.

5 4 3 2 1 | 20. to learn the teacher's method for doing investigations.

In this class, I would prefer ...

5 4 3 2 1 | 21. to pay close attention to other students' ideas.

5 4 3 2 1 | 22. that what I learn has nothing to do with real-life.

5 4 3 2 1 | 23. that I could decide if my ideas are sensible.

5 4 3 2 1 | 24. the teacher to insist that my activities be completed on time.

In this class, I would prefer ...

5 4 3 2 1 | 25. not to pay attention to other students' ideas.

5 4 3 2 1 | 26. to learn about things that are not really interesting.

5 4 3 2 1 | 27. that I could decide how much time I spend on an activity

5 4 3 2 1 | 28. the teacher to show the correct method for solving problems.

Scales Items

Negotiation 1, 5, 9, 13, 17, 21, 25

Prior Knowledge 2, 6, 10, 14, 18, 22, 26

Autonomy 3, 7, 11, 15, 19, 23, 27

Student Centredness 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28

Bijlage 16: Development and validation of an instrument to measure social constructivism in a virtual classroom

Appendix A

Instrument Items

Authentic, Relevant, and Meaningful (AUT)

- • I understand what I am doing in a task and why I am doing it.
- • I have experienced methods of authentic practices like making or building things; analyzing problems; designing solutions; trying out solutions; testing and evaluating solutions.
- • Special guests are brought in to discuss an emerging field or hot topic.
- • I have opportunities to revise or modify my assessments.
- • Assignments I complete are related to real-world settings.
- • I have lead discussions in online my class.
- • I could see a logical connection connecting the learning task to a worthwhile practice. (For eg. I can see that learning about the environment will help me make informed choices about what I buy from the market)

PUPIL: International Journal of Teaching, Education and Learning ISSN 2457-0648

38

Tasks that require Higher Cognitive Skills (COG)

- • I am provided sample tasks or methods to help me understand what I'm supposed to do in a task.
- • I critically evaluate my own (and others' work. (After a test I can check my answers with a mark scheme and understand what I did wrong).
- • I have exhibited creative use of my knowledge. (Eg. I have designed a lab activity).
- • I revisited and improved my assignment because I understood it better at a later step. (Eg. I submitted a second copy of my presentation as I had explained my topic better on it).
- • I have participated in 'what if' discussions that require me to think beyond what I have covered in my class.
- • I have participated in an activity that required me to tutor or mentor someone.

- • I have participated in an activity where I considered and proposed alternatives.
- • I have constructed, built, or enacted something that is abstract in theory or idea. Like a poem or a song.
- • I have analyzed online case situations and reacted to the posts of their peers' case solutions.
- • I got the chance to describe my work from my perspective/belief. (For eg. I presented my point of view about racial discrimination).
- • I have used my knowledge to solve local problems and situations.

Collaborative and Cooperative Small Group Work (COLL)

- • I have had the opportunity to take part in group activities.
- • I have negotiated with my teacher or peers about something. (Eg. While we were writing an essay, we discussed and negotiated the word limit).
- • I or my class has created grading rubrics with my teacher.
- • I have received a grade simply for participating in an activity; like a discussion.
- • I participate in collaborative and cooperative small group work (this would include: chat discussions; discussions with outside experts; small-group exercises; projects with multiple authors).
- • I experienced that the process of collaborative work is as important as the final result. (eg. in a group project I noticed my partner had made good contributions which raised the quality of the final work)
- • During group work, my team shares with others what we are doing and we react to the progress or final products of other teams. (For. eg. Group 1 posts, "hey we are on Q4" and you respond it that comment)

Project-based Learning Tasks (PBL)

- • I explore important problem areas and ask questions, debate ideas, make predictions, and draw conclusions while creating relevant artifacts. (an artifact can be the end product like a poster, an essay, an article, a lab report, a presentation, an artwork, etc).
- • I share my project drafts with my peers during development and completion and ask

them for feedback.

- • Projects I work on are authentic (takes place in a real-world setting with real-world participants).
- • I have completed projects that are open-ended in nature. (for example, you are asked to investigate a civilization where you can choose which civilization you would want to work with).
- • I have completed a variety of project-based learning tasks that would include: design and development projects; research and evaluation projects; analysis and critique projects; scenario and case responses; knowledge-based development projects.
- • I completed projects for which I was given some general guidelines as to possible projects to complete, but I decided what is relevant and meaningful to me while completing it.

Safe Environment (SAFE)

- • I can freely communicate with my teachers and peers.
- • I feel trusted and supported by my teachers.

[View publication stats](#)

Bijlage 17: Safety checklist**SAFETY CHECK LIST**

Before entry into the enclosed space the appropriate safety checks listed below must be carried out by a competent person or officer authorised by the Master and by the person(s) who is/are to enter.

Space Date Time

Section 1 – To be confirmed by the competent person or officer authorised by the Master to take charge of entry:

1.1	Have all hazards been identified?	
1.2	Has the space been properly ventilated, tested and found safe?	
1.3	Has the space been isolated and secured against the ingress of harmful substances from adjacent or connected spaces?	
1.4	Have arrangements been made to continue ventilation during occupancy of the space and at breaks?	
1.5	Have arrangements been made to repeat testing at regular intervals during occupancy and after breaks?	
1.6	Are rescue and resuscitation equipment available for immediate use at the entrance to the space?	
1.7	Have arrangements been made for a responsible person with breathing apparatus to be in constant attendance at the entrance to the space?	
1.8	Has a system of communication between the person at the entrance and those entering the space been agreed and tested?	
1.9	Has the space and its access areas been adequately illuminated?	
1.10	Are portable lights and other equipment to be used of an appropriate type?	
1.11	Is a rescue team briefed and available in the event of an emergency arising?	
1.12	Is entry into the space suitable using breathing apparatus?	
1.13	Have the person(s) entering the space attended a dedicated course for entry into enclosed spaces?	

Section 2 – To be confirmed by the person/s who is/are to enter the space after the relevant checks in SECTION 1 have been completed.

2.1	Are you satisfied all relevant checks in Section 1 have been completed?	
2.2	Do you understand the instructions and permit to work given by the competent person or officer authorised by the Master to enter the space?	
2.3	Do you understand the arrangements made for communication between yourself and the responsible person in attendance at the entrance to the space?	
2.4	Are you aware you should leave the space immediately in the event of ventilation problems or communication failure?	
2.5	Do you have any other safety concerns?	
2.6	Have you been trained in entry into enclosed spaces?	

Section 3 – To be confirmed jointly by the officer authorised by the Master and the person(s) who is/are to enter the space if breathing apparatus is to be used.

3.1	Are you trained in the use of the apparatus?	
3.2	Is the apparatus in good condition and has it been checked for:	
	(i) adequacy of air supply	
	(ii) high pressure integrity	
	(iii) working of low pressure audible alarm	
	(iv) face mask seal?	

The completed card should be handed to the competent person at the entrance to the space before entering.

Bijlage 18: Sample checklist for confined space work

SAMPLE CHECKLIST FOR CONFINED SPACE WORK

This checklist provides the basic requirements of a confined space plan. Occupiers and employers should ensure and maintain a safe working environment for entry and working in a confined space. This checklist is non-exhaustive, and users should customise the checklists suitable for the work processes and conditions at the workplace.

S/N	Items		Remarks
Section A: Responsibilities of Personnel			
1.	Have the following key personnel, who are involved in confined space entry or work, been appointed? • Authorised Manager • Confined Space Safety Assessor (CSSA) • Confined Space Attendant • Rescue Personnel	☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No	
2.	Are the duties and responsibilities of all employees (including key personnel) clearly stipulated?	☐ Yes ☐ No	
Section B: Confined Space Identification			
3.	Have you identified all the confined spaces within your workplace?	☐ Yes ☐ No	
4.	Do you keep a record of all identified confined spaces?	☐ Yes ☐ No	
5.	Have all affected employees been informed of the existence of these confined spaces and warned of the possible hazards?	☐ Yes ☐ No	
Section C: Risk Assessment			
6.	Have all confined space entry or work been evaluated to assess the necessity of conducting such work within the workplace?	☐ Yes ☐ No	
7.	Has a risk assessment been conducted to identify, evaluate and control all risks arising from entry or work in confined spaces?	☐ Yes ☐ No	
8.	Are the risk control measures selected based on the hierarchy of control for management of confined space hazards?	☐ Yes ☐ No	
9.	Are confined space hazards re-evaluated when new operations or work procedures are introduced or when current operations or work procedures are altered?	☐ Yes ☐ No	
Section D: Safe Work Procedures & Confined Space Entry Permit			
10.	Have safe work procedures been established for all confined space works?	☐ Yes ☐ No	
11.	Do the safe work procedures for confined space cover the following key areas? • Evaluation of the need to enter or carry out work in the confined space • A confined space entry permit • The types of atmospheric testing required and the interpretation of results of the tests	☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No	

	- The safety and health precautions to be taken during entry into the confined space and during an emergency situation - The provision and safe use of safety equipment and PPE - The means to prevent unauthorised entry into the confined space, including the display of warning signs.	☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No	
12.	Are the following information provided on the confined space entry permit? - The location and identity of the confined space - The purpose of entry into the confined space - The results of the gas testing of the atmosphere of the confined space - The validity of the confined space entry permit	☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No	
13.	Is a copy of the confined space entry permit and a sketch of work area displayed prominently at the entrance to the confined space?	☐ Yes ☐ No	
14.	Are identification badges of entrants displayed at the entrance to the confined space?	☐ Yes ☐ No	
15.	Are the entry permits kept for a minimum of 2 years from the date of approval?	☐ Yes ☐ No	
Section E: Atmospheric Testing and Monitoring			
16.	Is the space tested by a CSSA for oxygen levels, flammable and/or toxic gases, vapours or fumes before an entry permit is issued?	☐ Yes ☐ No	
17.	Are the test results within the acceptable criteria?	☐ Yes ☐ No	
18.	Are the results recorded on the entry permit?	☐ Yes ☐ No	
19.	Is the atmosphere in the space tested at periodic intervals subsequently?	☐ Yes ☐ No	
20.	Are the periodic test results recorded?	☐ Yes ☐ No	
Section F: Ventilation Provisions			
21.	Is adequate ventilation provided and maintained at all times in the confined space during the validity of the confined space entry permit?	☐ Yes ☐ No	
22.	Is the air supply for the ventilation system from a source or area which is free of contaminants?	☐ Yes ☐ No	
Section G: General Safety Provisions			
23.	Are safe means of access and egress provided for the movement of entrants to and within the confined space?	☐ Yes ☐ No	
24.	Are all pressurised confined spaces depressurised and rendered safe prior to opening?	☐ Yes ☐ No	
25.	Are all confined space openings barricaded or guarded properly after opening?	☐ Yes ☐ No	
26.	Are all confined space openings covered effectively to prevent objects from falling through?	☐ Yes ☐ No	
27.	Is there sufficient and suitable lighting provided for entry into and work in confined space?	☐ Yes ☐ No	

28.	Are all electrical installation and equipment used of good construction, sound material and properly maintained?	☐ Yes ☐ No	
29.	Are all moving parts and equipment inside the confined space locked out and tagged?	☐ Yes ☐ No	
30.	Are warning signs posted at the entrances of confined space?	☐ Yes ☐ No	
Section H: Emergency Preparedness and Rescue			
31.	Has a written rescue plan for confined space work been established?	☐ Yes ☐ No	
32.	Are sufficient supplies of rescue equipment provided/ made readily available?	☐ Yes ☐ No	
33.	Are the rescue equipment properly maintained?	☐ Yes ☐ No	
34.	Are records of every test and examination of the rescue equipment by a competent person available for inspection?	☐ Yes ☐ No	
35.	Are regular drills for confined space rescue conducted?	☐ Yes ☐ No	
Section I: Training			
36.	Have the persons entering the confined space received adequate safety and health training pertaining to the hazards associated with entry/work in the confined space?	☐ Yes ☐ No	
37.	Have all appointed rescue personnel received adequate training in rescue operation, including first aid and proper usage of PPE and other rescue equipment?	☐ Yes ☐ No	
38.	Are training records maintained and made available for inspection?	☐ Yes ☐ No	

Bijlage 19: Checklist for entry into enclosed spaces

CHECKLIST FOR ENTRY INTO ENCLOSED SPACES



This permit relates to entry into any enclosed space and should be completed by the Master, Responsible Officer and by all persons entering the space.

MV/MT: _____ Location/ Name of enclosed Space: _____
 Sea/ Port/ Anchor: _____ Loaded/ Ballast: _____ Present/ Last Cargo: _____
 Reason for Entry: _____

- A. This permit fulfills the 'Risk Assessment' required for entering enclosed spaces. If any item is marked as 'NO', it is essential that permission is obtained from the company and a safe system of work agreed prior making entry. Hazards as detailed in section HSM 9.2.1.1 are also to be taken into account.
- B. Validity of this permit should not exceed 8 hours and the maximum time the space can be left unattended shall not exceed 4 hours.
- C. A separate checklist is to be filled for each compartment to be entered.
- D. All previously issued 'Safety Permits' should be revoked immediately upon vessel's berthing and fresh permit should be issued only after obtaining permission from port/ terminal.

SECTION 1 – PRE-ENTRY PREPARATION (To be checked by the Responsible Officer)

YES NO N/A

1. Has the space been thoroughly ventilated by mechanical means? ☐ ☐ ☐
2. Has the space been segregated by blanking off or isolating all connecting pipelines or valves and electrical power/equipment? ☐ ☐ ☐
3. Has the space been cleaned where necessary? ☐ ☐ ☐
4. Pre-entry atmosphere test readings: (To be tested from outside the space) Time: _____

Location of Checks	Height (m)	Oxygen (% vol)	LFL (%)	Toxic Gas 1	PPM	TLV	Toxic Gas 2	PPM	TLV	Toxic gas 3	PPM	TLV

5. Has the space been tested and found safe for entry? (See notes 1, 2 & 3) ☐ ☐ ☐
6. Have arrangements been made for frequent atmosphere checks to be made while the space is occupied and after work breaks? ☐ ☐ ☐
- (The interval will depend upon nature of enclosed space, duration of work and in any case shall not exceed 60 minutes)
7. Have arrangements been made for the space to be continuously ventilated throughout the period of occupation and during work breaks? ☐ ☐ ☐
8. Are access and illumination adequate? ☐ ☐ ☐
9. Is a proper Fall Arrestor Device (FAD) available, checked and being used for tank entry unless permanent fall prevention structure such as full length guard railings are provided on the vertical ladder? ☐ ☐ ☐
10. Are persons entering the space briefed about importance of maintaining 3-Point contact on ladders? ☐ ☐ ☐
11. Has an attendant(s) been designated to be in constant attendance at the entrance to the space? ☐ ☐ ☐
- Name(s) / Rank(s) _____
12. Has the officer of the watch (bridge / engine-room / cargo control room) been advised of the planned entry? ☐ ☐ ☐
13. Has a system of communication between all parties been tested and emergency signals agreed? ☐ ☐ ☐
14. Are emergency and evacuation procedures established and understood by all personnel involved with the enclosed space entry? ☐ ☐ ☐
15. Is all equipment used in good working condition and inspected prior to entry? ☐ ☐ ☐
16. Are personnel properly clothed and equipped? ☐ ☐ ☐
17. Has inert gas pressure of adjacent tanks been lowered to reduce possibility of any inter-tank leakage? ☐ ☐ ☐
18. Has the Generic Risk Assessment Template given in HSM section 9.3.1 been referred to? ☐ ☐ ☐

SECTION 2 – PRE-ENTRY CHECKS (To be checked by Person InCharge of Entry Team and each person entering the space)

1. I have received instructions or permission from the Responsible Officer to enter the enclosed space ☐ ☐ ☐
2. Section 1 of this permit has been satisfactorily completed by the Responsible Officer ☐ ☐ ☐
3. I have agreed and understand the communication procedures ☐ ☐ ☐
4. I have agreed upon a reporting interval of _____ minutes ☐ ☐ ☐
5. Emergency and evacuation procedures have been agreed and are understood ☐ ☐ ☐
6. I am aware that the space must be vacated immediately in the event of ventilation failure or if atmosphere tests show a change from agreed safe criteria ☐ ☐ ☐

CHECKLIST FOR ENTRY INTO ENCLOSED SPACES



SECTION 3 – EMERGENCY PREPAREDNESS (To be checked jointly by the Responsible Officer and the persons who are to enter the space)

Is rescue and resuscitation equipment available for immediate use by the entrance to the space?
Following to be checked:

1. A breathing apparatus is standby and those entering the space are familiar with its use
The breathing apparatus shall be tested for its guage & capacity of air supply, low pressure audible alarm and the face mask under positive pressure and not leaking
2. Rescue Hoist is readily available for evacuating a casualty from enclosed space.
3. Rescue harness with complete lifeline
4. First aid and resuscitation equipment kept ready including a Stretcher
5. The means of communication has been tested and emergency signals agreed

☐ ☐ ☐
☐ ☐ ☐
☐ ☐ ☐
☐ ☐ ☐
☐ ☐ ☐

Signed upon completion of sections 1, 2 and 3 by:

Person entering the space

Name: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

(InCharge of Entry Team - See Note 4)

Name: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

Name: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

Name: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

Name: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

Name: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

Responsible Officer: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

Master's Approval: _____ Signature: _____ Rank: _____ Date: _____ Time: _____

This permit is valid: From _____ hrs Date _____ To _____ hrs Date _____

SECTION 4 – PERSONNEL ENTRY (To be completed by the Responsible Officer supervising entry)

Initial Time in: _____ Final Time out: _____

SECTION 5 – COMPLETION OF JOB (To be completed by the Responsible Officer supervising entry)

Job completed Date: _____ Time: _____

Space secured against entry Date: _____ Time: _____

The officer of the watch has been informed Date: _____ Time: _____

Signed upon completion of sections 4 and 5 by:

Responsible Officer supervising entry _____ Date: _____ Time: _____

**THIS PERMIT IS RENDERED INVALID SHOULD VENTILATION OF THE SPACE STOP
OR IF ANY OF THE CONDITIONS NOTED IN THE CHECKLIST CHANGE**

Notes:

1. For entry purposes, steady readings of all the following should be obtained: 20.9% oxygen by volume; Hydro Carbon content not more than 1% of lower flammable limit (LFL); Toxic gases 0.0 ppm. TLV values to be checked from MSDS sheets or Shore Office.
2. In order to obtain a representative cross-section of the space's atmosphere, samples should be taken from several levels and through as many openings as possible. Ventilation should be stopped for about 10 minutes before the pre-entry atmosphere tests are taken.
3. Tests for specific toxic contaminants, such as benzene or hydrogen sulphide, should be undertaken depending on the nature of the previous contents of the space.
4. Cadet or Trainee shall not be nominated as person incharge of entry team.