

# Hologrammen en videogames: goede combinatie of slecht idee?

D.K. Raat & L.Y. Zhu

N&T, Informatica (coderclass)

Metis Montessori Lyceum, 6v1 & 6v2

Amsterdam

M. Dewanchand

20-01-2023

## Inhoud

1. Inleiding.....	2
2. Videogames <i>Pong</i> en <i>Tanks</i> .....	3
2.1 <i>Pong</i> .....	3
2.2 <i>Tanks</i> .....	4
3. Hologramprojecties van de games .....	6
3.1 Projecteren op een piramide .....	6
3.2 De HOLOFIL-cardboard .....	7
3.3 Het implementeren van de projecteeropties .....	7
4. Gamebesturing.....	9
4.1 Het besturen van <i>Pong-3D</i> .....	9
4.2 Het besturen van <i>Tanks-3D</i> .....	9
5. Resultaten: spelbeleving van medeleerlingen .....	10
5.1 <i>Pong</i> of <i>Tanks</i> ? .....	10
5.2 Laptop, HOLOFIL of piramide? .....	11
5.3 Controller of toetsenbord? .....	12
6. Conclusie .....	14
7. Nawoord .....	15
8. Literatuurlijst.....	16
9. Bijlage.....	17
9.1 Beoordelingstabel .....	17

## 1. Inleiding

Hologrammen zijn vooral bekend uit sciencefiction, maar de afgelopen jaren worden ze in de echte wereld ook steeds vaker toegepast, zoals bij concerten. Er wordt dan een concert gegeven door een overleden artiest. Het optreden van de artiest staat digitaal opgeslagen en tijdens het concert wordt het geprojecteerd op een reflectief scherm, waardoor het voor het publiek lijkt alsof de artiest echt op het podium staat (NEMO Science Museum, z.d.).

Hologrammen zijn een opkomende technologie die veel mogelijke toepassingen heeft, zoals in videogames. Momenteel worden hologrammen niet op grote schaal hiervoor gebruikt, maar dat kan in de toekomst veranderen. Wij hebben onderzoek gedaan naar deze opkomende technologie in relatie tot videogames. De hoofdvraag die we hebben gesteld is:

*In hoeverre zijn hologrammen geschikt voor videogames?*

Om deze vraag te beantwoorden hebben wij twee games met de game-engine *Unity* geprogrammeerd (2021). Onze twee games zijn een 3D-versie van het spel *Pong* en een 3D-versie van *Tanks* (1972; z.d.). De 3D-games kunnen zowel op gewoon scherm (laptop) als in hologram gespeeld worden. Om te testen wat het beste werkt voor een geprojecteerde game, hebben we onze medeleerlingen van beide games zes verschillende versies laten spelen: drie met een Xbox-controller en drie met een toetsenbord als besturing. Van deze drie versies is één door een gewoon laptopscherm geprojecteerd, één in een piramide van plastic geprojecteerd en één geprojecteerd op de HOLOFIL-cardboard (z.d.). De projecties in de piramide en op de HOLOFIL-cardboard zijn hologramversies. Tenslotte hebben we de spelbeleving van medeleerlingen bij de verschillende opties voor de projectie, het soort game en de besturing gemeten.

## 2. Videogames *Pong* en *Tanks*

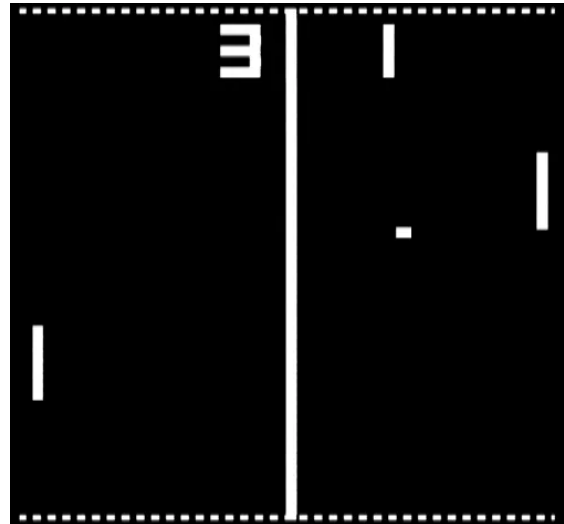
Voor ons onderzoek hebben we twee verschillende videogames geprogrammeerd: *Pong-3D* en *Tanks-3D*. Zo konden we twee verschillende games vergelijken en konden we concluderen wat voor soort games het meest geschikt zijn voor hologrammen.

### 2.1 *Pong*

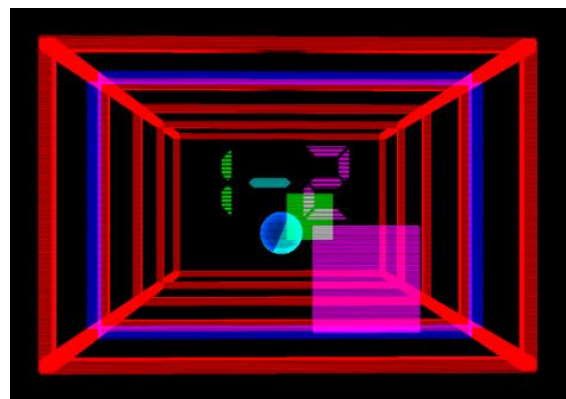
We zijn begonnen met het maken van een 3D-versie van *Pong* (1972). *Pong* is een spel dat in 1972 door Atari is uitgebracht. Het was de eerste arcade game die massaal geproduceerd werd en ook commercieel succesvol was (Ivory, 2015).

In het spel zijn twee spelers en een bal. De spelers besturen beide een rechthoek waarmee de bal gekaatst kan worden. Deze rechthoek kan omhoog en omlaag worden bewogen. Als de bal langs de rechthoek van een speler en uit het veld gaat, krijgt de tegenstander een punt. Het is dus erg belangrijk om te zorgen dat de bal terug naar de tegenstander wordt gekaatst. De hoek waarmee de bal gekaatst is afhankelijk van de plek waar het de speler raakt.

Wij probeerden *Pong-3D*, onze versie van het spel, zo dicht mogelijk bij het origineel te houden. Beide spelers zijn nu vierkanten in plaats van rechthoeken en de bal beweegt nu in drie dimensies. We hebben met behulp van lijnen het veld weergegeven. Ook hebben we een blauw vierkant van lijnen dat de bal op z-as volgt gemaakt. Dit helpt de spelers om te zien hoe dichtbij de bal is. Ook in onze versie krijgt een speler een punt als de bal bij de tegenstander uit het veld verdwijnt.



Figuur 1. *Pong*



Figuur 2. *Pong-3D*

Het programmeren van *Pong-3D* ging redelijk vlot aangezien er niet veel ingewikkelde mechanismes in de game zijn. Er zijn echter wel een aantal berekeningen die moeilijker werden omdat het spel nu in 3D was. Een voorbeeld is het terugkaatsen van de bal. In de originele game kon de bal van een grotere hoek stoten als deze de speler aan de rand raakte. Wij hebben deze functie ingevoegd door de x- en y-snelheid van de bal te veranderen op basis van de afstand tot de speler:

```
z = z * -1.0f;
x = ((rb.position.x - player2.transform.position.x) + x) / 2;
y = ((rb.position.y - player2.transform.position.y) + y) / 2;
move = new Vector3(x, y, z);
```

In deze code zijn x, y en z de snelheden in de respectievelijke assen, rb.position.x en rb.position.y zijn x- en y-positie van de bal, en player2.transform.position.x en player2.transform.position.y zijn de x- en y-positie van de speler.

## 2.2 Tanks

De tweede game die we hebben nagemaakt is de flash-game *Tanks* (z.d.). In *Tanks* besturen de spelers een tank. Om de beurt mogen de spelers met de tank op elkaar schieten. Hierbij zijn er meerdere variabelen om op te letten, zoals de hoek van de loop van de tank, de schietkracht en de wind. Als een speler raak schiet, krijgt deze speler punten en geld

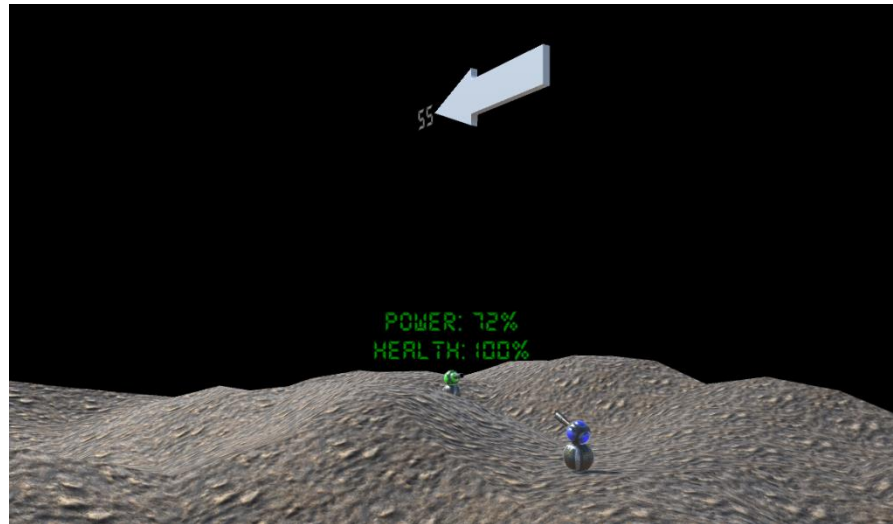


Figuur 3. Tanks

en gaat de maximale schietkracht van de geraakte speler omlaag. Als de schietkracht op nul staat, is de speler af. Als er nog maar één speler over is, is de ronde over. Dan hebben de spelers de kans om met hun verdiende geld upgrades voor de tank of nieuwe bommen te kopen. Hierna start de volgende ronde.

Het leek ons een goed idee om als tweede game *Tanks* te maken omdat het in speelstijl erg verschilt van *Pong*. Bij het spelen van *Pong* moet men snel reageren en de bal terugkaatsen, terwijl het in *Tanks* juist erg belangrijk is om de tijd te nemen en een goede strategie te vormen.

Net zoals bij *Pong-3D* probeerden wij *Tanks-3D* zo dicht mogelijk bij het origineel te houden. Toch zijn er een paar elementen die we hebben weggelaten. Eén van deze elementen is de winkel waar de spelers upgrades en nieuwe bommen kunnen kopen. We hebben ook nog één



Figuur 4. *Tanks-3D*

element toegevoegd aan de game: een bewegende camera. Deze kan rond het middelpunt van het veld draaien en zorgt ervoor dat de spelers vanaf alle kanten kunnen kijken. Dit maakt het richten een stuk makkelijker.

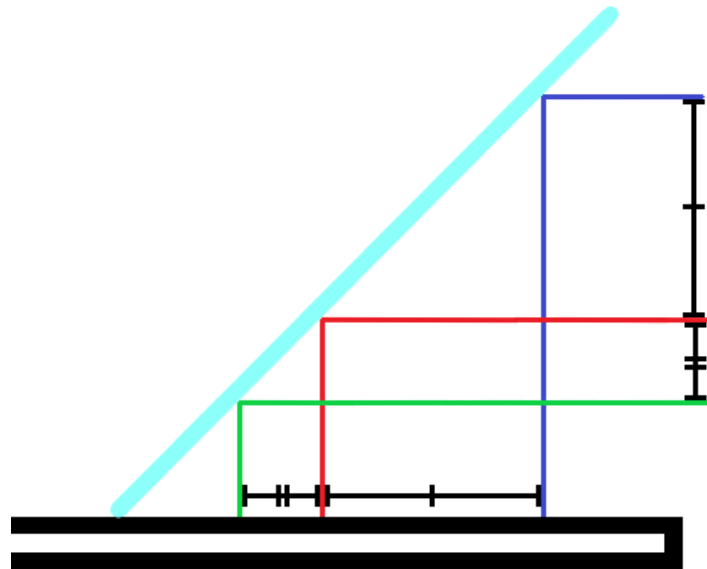
Ook bij het programmeren van *Tanks-3D* waren er uitdagingen. Het terrein is in het originele spel altijd willekeurig gegenereerd, wat betekent dat de heuvels altijd een andere hoogte en plaats hebben. Om hetzelfde principe te implementeren in een 3D-omgeving hebben we 'procedural terrain generation' gebruikt. Als eerste wordt er een willekeurige 'noisemap' gemaakt. Een noisemap is een kaart met verschillende grijs tinten op bepaalde plekken. De grijs tinten van de noisemap kan je linken aan een bepaalde hoogte die het gaat krijgen als terrein. Doordat de transitie van donker naar licht gaat en niet volledig willekeurig is, krijg je een ronde heuvel. De tweede stap is het overlappen van de noisemap met een vlak vierkant. Dit is mogelijk doordat de noisemap ook vierkant is. Na het overlappen worden delen van het vierkant veranderd in hoogte gebaseerd op de grijs tint van de noisemap. Op deze manier ontstaat er uiteindelijk een willekeurig gegenereerd terrein met heuvels (Oliveira, 2022).

### 3. Hologramprojecties van de games

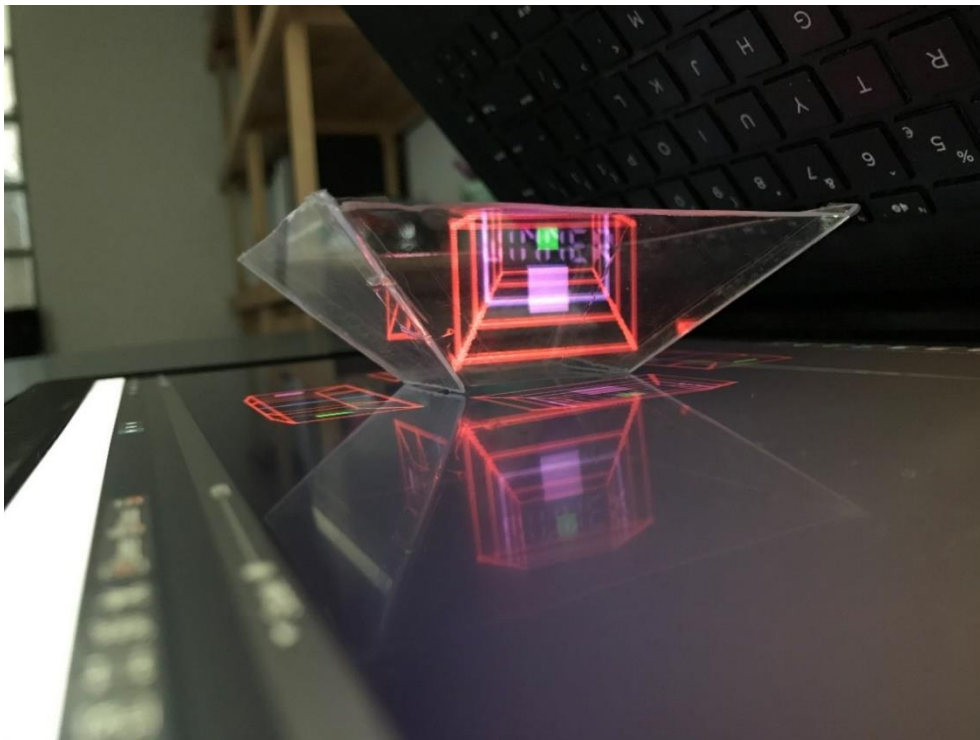
Er zijn veel verschillende manieren om een hologram te projecteren. Voorbeelden van gebruikte apparaten zijn een Holobox, Led Fan Hologram, Pepper's Cone en Voxon VX1 (*Hoe werkt een Hologram?*, 2021; Luo et al., 2017; Voxon Photonics, z.d.). Deze apparaten zijn echter erg duur en wij hadden hiervoor niet het budget. Wij moesten dus iets anders verzinnen.

#### 3.1 Projecteren op een piramide

In eerste instantie zouden wij alleen gebruik maken van een Pepper's ghost illusie en deze vergelijken met de game op de laptop. Bij een Pepper's ghost illusie wordt een doorzichtig materiaal zoals plastic door een beeldscherm beschenen. Dit licht wordt vervolgens weerkaatst, waardoor het lijkt alsof de projectie in de lucht zweeft. Voor de Pepper's ghost illusie hebben wij een omgekeerde piramide van plastic gemaakt. Hierop kan je vier verschillende kanten van de game zien.



Figuur 5. Pepper's ghost illusie



Figuur 6. Piramide

### 3.2 De HOLOFIL-cardboard

In september 2022 vertelde Hakan Akkas, één van onze informaticadocenten, dat hij een HOLOFIL-cardboard had gekocht (HOLOFIL-cardboard, z.d.). In de HOLOFIL plaats je in de bovenkant een telefoon. Ook de HOLOFIL gebruikt de Pepper's ghost illusie. Het licht dat uit de telefoon komt wordt gereflecteerd in het glas, waardoor het beeld in de lucht lijkt te zweven. De HOLOFIL is echter wel gelimiteerd tot één scherm en dus één zichtbare kant van het spel. We mochten



Figuur 7. HOLOFIL-cardboard

de HOLOFIL voor ons project gebruiken, waardoor we drie verschillende projecteeropties konden vergelijken: een gewone laptop, een hologram geprojecteerd in de piramide en een hologram geprojecteerd in de HOLOFIL. De ontwikkelaar van de HOLOFIL heeft zelf al games gemaakt die men op een normaal telefoonscherm of in de HOLOFIL kan spelen. Wij hebben gekozen om deze games niet te gebruiken omdat we dan niet meer de mogelijkheid zouden hebben om het ook met de piramide te vergelijken.

### 3.3 Het implementeren van de projecteeropties

Het implementeren van deze verschillende projecteeropties hebben we gedaan door in de game engine *Unity* de camera-instellingen te veranderen. Voor de laptop hebben we één camera gebruikt. In de HOLOFIL hebben we hetzelfde gebruikt, maar daar is de horizontale beweging en de tekst gespiegeld. Dat zorgt ervoor dat het lijkt alsof het beeld ook gespiegeld is. Voor de piramide hebben we vijf camera's gebruikt. Vier hiervan renderen de game van vier verschillende kanten. Deze vier beelden worden vervolgens op hun eigen driehoek geplaatst. Als je dan de vier driehoeken naast elkaar zet en met een vijfde camera bekijkt kan het goed geprojecteerd worden op de piramide. Net zoals bij de HOLOFIL wordt de horizontale beweging weer gespiegeld. In *Tanks-3D* kan de camera in de piramide niet omhoog of omlaag, omdat dit ervoor zou zorgen dat het kijken van vier kanten niet meer goed zou werken. Om in de games tussen de projecteeropties te wisselen hebben we een menu gemaakt. In dit menu kunnen de projecteeropties worden veranderd door op een knop te drukken.

Ook waren er wat zaken die buiten de standaardversie van *Unity* moesten gebeuren om het goed te projecteren. Zo moesten we een telefoon met *Unity Remote* gebruiken om de game op de HOLOFIL te krijgen en moesten we een laptop op zijn scherm zetten zodat daar de piramide op kon staan (*Unity Remote*, z.d.). Ook hebben we voor beide projecteeropties een verhoging moeten gebruiken. Anders moeten de spelers bukken om het goed te kunnen zien.

Doordat onze games van meerdere kanten kunnen worden bekeken als ze in de piramide worden geprojecteerd, was het een uitdaging om belangrijke informatie weer te geven. Onder deze informatie vallen: de score in *Pong-3D* en de schietkracht, de benzinelimiet, de



windsterkte, de windrichting en het aantal levenspunten in *Tanks-3D*. Deze informatie moest niet alleen door beide spelers gezien kunnen worden, maar ook door mogelijke toeschouwers aan de zijkant. Uiteindelijk hebben we gekozen om in *Pong-3D* de score in het midden van het veld te laten draaien. Deze aanpak geeft iedereen de kans om de informatie te zien zonder dat het erg hindert. In *Tanks-3D* hebben we ervoor gekozen om de tekst goed te laten zien aan één van de vier kanten.

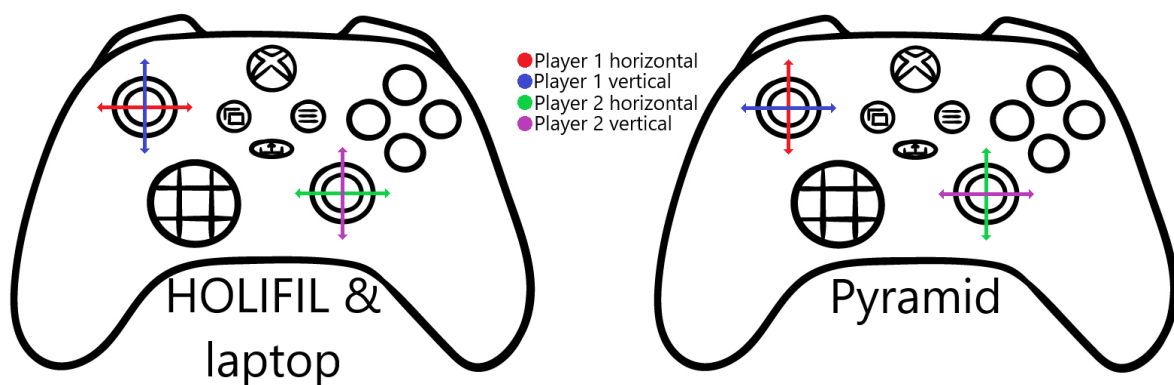
## 4. Gamebesturing

Het besturen van de game verschilt erg tussen *Pong-3D* en *Tanks*. Dit is voornamelijk omdat er bij *Pong-3D* twee mensen tegelijkertijd spelen, terwijl ze bij *Tanks-3D* om de beurt spelen.

### 4.1 Het besturen van *Pong-3D*

Bij het spelen van *Pong-3D* moeten twee mensen hetzelfde toetsenbord of controller tegelijkertijd gebruiken. Voor de versie op de laptop of in de HOLOFIL kijken beide spelers vanaf dezelfde kant, waardoor het niet voor grote problemen zorgt. Hier kan op het toetsenbord gewoon WASD en de pijltjestoetsen gebruikt worden. Met de Xbox-controller hebben beide spelers één joystick.

De besturing bij het projecteren op de piramide is wat moeilijker in *Pong-3D*, omdat beide spelers vanaf een andere kant kijken. Dit hebben we bij het toetsenbord opgelost door één speler de DWSX-knoppen te laten gebruiken en de ander de JMKI-knoppen. Bij het spelen met een controller gebruikt één speler de linker joystick en de ander de rechter. Deze zijn wel gedraaid zodat de beweging in de goede richting gaat. Hieronder is dit weergegeven.



Figuur 8. Besturing *Pong-3D* op Xbox-controller

### 4.2 Het besturen van *Tanks-3D*

Bij *Tanks-3D* hebben we de volgende besturing gebruikt op toetsenbord: WASD om te bewegen en te richten, K om te wisselen tussen bewegen en richten, L om te schieten, O om de schietkracht te verlagen, P om de schietkracht te verhogen en de pijltjestoetsen om de camera te bewegen.

Op de controller wordt de volgende besturing gebruikt: L om te bewegen en te richten, A om te wisselen tussen bewegen en richten, B om te schieten, LT om de schietkracht te verlagen, RT om de schietkracht te verhogen en R om de camera te bewegen.



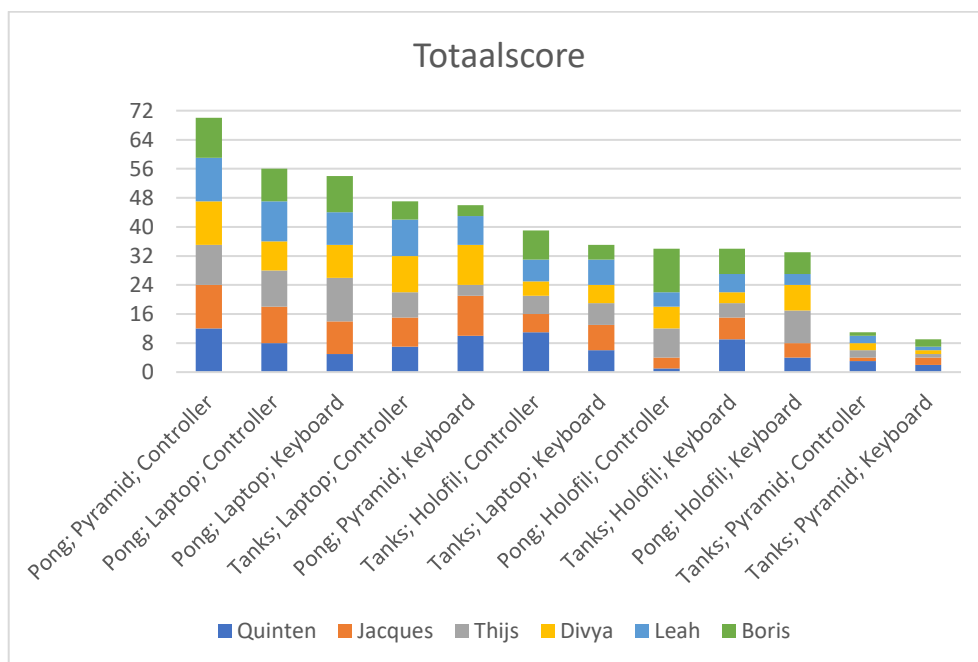
Figuur 9. Besturing *Tanks-3D* op Xbox-controller

## 5. Resultaten: spelbeleving van medeleerlingen

De spelbeleving bij verschillende versies van de games hebben we vergeleken door ze te laten testen door medeleerlingen. Drie groepjes van twee medeleerlingen hebben onze games gespeeld. Deze groepjes bestonden uit Quinten de Leeuw en Jacques Lamé, Thijs Rutledge en Divya Bhulai, en Leah Crozier en Boris Zwietink. Na het spelen hebben we de leerlingen de versies laten rangschikken van beste (12 punten) tot slechtste (1 punt). Deze punten hebben we vervolgens bij elkaar opgeteld om een totaalscore te krijgen voor ieder van de versies. Ook hebben verschillende leerlingen feedback gegeven op de games.

### 5.1 *Pong of Tanks?*

Als het totaal aantal punten van beide games wordt opgeteld, blijkt *Pong-3D* duidelijk de favoriet. De totaalscore was 175 punten voor *Tanks-3D* en 293 punten voor *Pong-3D* (Figuur 10).



Figuur 10. Totaalscore

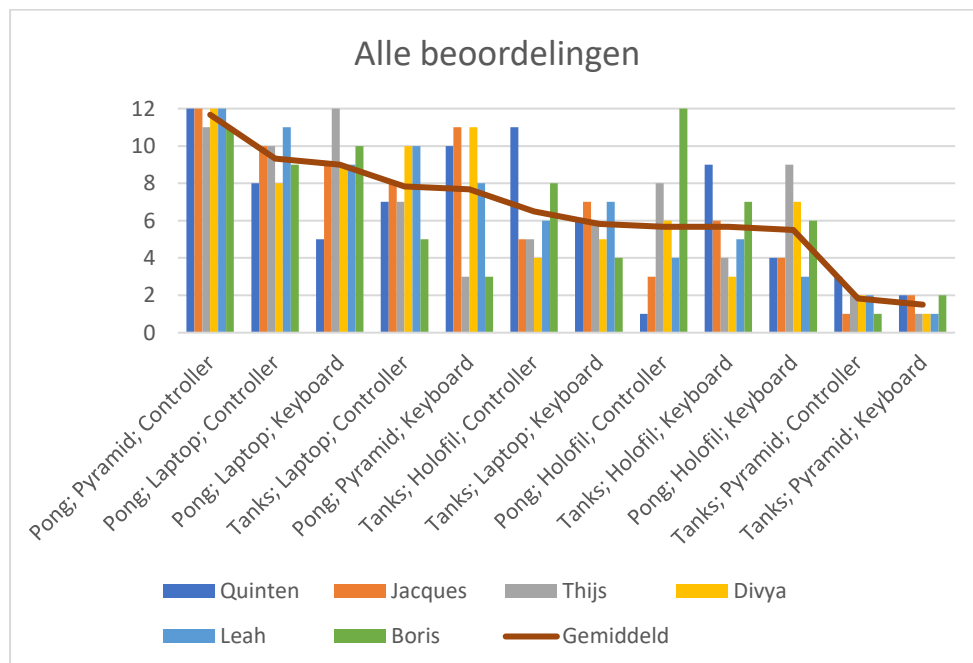
Een mogelijke reden waarom *Pong-3D* een hogere score krijgt dan *Tanks-3D* is dat *Pong-3D* een makkelijkere game is om te spelen. Het enige wat een speler moet doen in *Pong-3D* is bewegen, terwijl er bij het spelen van *Tanks-3D* veel meer van de spelers wordt verwacht. Hier moet de speler de besturing weten voor het bewegen, mikken, wisselen tussen lopen en schieten, de schietkracht veranderen en schieten. Naast de besturing kan de omgeving ook een uitdaging zijn voor spelers. Bij *Pong-3D* moet een speler alleen letten op de bal en waar deze terechtkomt. Bij *Tanks-3D* moeten spelers letten op de positie van de tanks, de richting van de loop, de windkracht, de windrichting, de schietkracht, het aantal benzine, het aantal levenspunten en de positie van de camera. Kortgezegd, *Pong-3D* is een veel simpeler game dan *Tanks-3D* en is dus makkelijker op te pakken.

Een tweede verklaring voor het verschil in score is de zichtbaarheid. Bij een simpele game als *Pong-3D* hoeven er weinig visuele details te zijn, waardoor het op verschillende

schermen duidelijk blijft. Bij een game waar veel data moet worden bijgehouden, zoals *Tanks-3D*, is het moeilijker om dit klein en duidelijk te visualiseren. Opmerkingen van de spelers gingen vooral over het niet duidelijk kunnen zien van *Tanks-3D* in de piramide. Een slechte zichtbaarheid heeft duidelijk invloed op de speelervaring en dus ook de beoordeling.

## 5.2 Laptop, HOLOFIL of piramide?

De versie van de games die het best werd beoordeeld, was *Pong-3D* op de piramide geprojecteerd en met controller bestuurd. Alle spelers beoordeelden deze met 11 of 12 punten, wat uitkwam op een totaalscore van 70 (Figuur 10 & 11). De reden hiervoor is dat de piramide iets leuks toevoegt: de mogelijkheid voor beide spelers om een andere kant van hetzelfde spel te zien. De versie met de toetsenbord werd echter lager beoordeeld omdat sommige leerlingen de gekozen toetsen niet fijn vonden. Deze kreeg een score van 46 (Figuur 10).



Figuur 11. Alle beoordelingen

Op de laptop wordt *Pong-3D* bij beide versies hoog beoordeeld. De controllerversie krijgt 56 punten en de toetsenbordversie 54 (Figuur 10). Ook hier was er niet veel variatie tussen de aparte beoordelingen van de testpersonen (Figuur 11).

De HOLOFIL is bij *Pong-3D* het laagst beoordeeld. De controllerversie kreeg een score van 34 en de toetsenbordversie een score van 33 (Figuur 10). Een mogelijke oorzaak van deze slechte beoordeling is de vertraging (lag) die deze versie heeft. Deze lag ontstaat omdat we *Unity Remote* gebruiken om de game op een telefoonscherm te krijgen. Er moet dan informatie via een telefoonsnoer worden doorgestuurd, wat traag werkt.

In *Tanks-3D* is er geen groot verschil tussen laptop en HOLOFIL. De laptop krijgt scores van 47 en 35 wat een totaal van 82 vormt. De HOLOFIL zit iets lager met scores van 39 en 34 en een totaalscore van 73 (Figuur 10). Het verschil tussen de twee is iets kleiner dan bij *Pong-*

3D. De spelers hebben hier namelijk minder last van lag, omdat hij of zij ruim de tijd kan nemen voor lopen en richten.

De laagst beoordeelde versies zijn *Tanks-3D* geprojecteerd op de piramide. Deze versies krijgen een score van 11 en 9, opgeteld 20 (Figuur 10). De reden dat spelers deze versies zo laag beoordeelden is omdat er te veel belangrijke informatie is die op een klein scherm werd weergegeven. Ook was het kleurenschema dat gebruikt wordt in *Tanks-3D* te donker om goed te zien in de piramide.

In de score van beide games is te zien dat de HOLOFIL altijd lager scoort dan de laptop (Figuur 10). De testpersonen waren van mening dat de HOLOFIL weinig toegevoegde waarde gaf. Ook gaf de HOLOFIL niet hetzelfde effect als de piramide, waar beide spelers van verschillende kanten konden spelen. Bij *Pong-3D* zorgde het zelfs voor meer lag. Leerlingen vonden echter wel dat de piramide wat toe kon voegen. Het is hier wel van belang dat de game er simpel uit ziet, iets wat goed lukte in *Pong-3D*, maar niet in *Tanks-3D*.

### 5.3 Controller of toetsenbord?

Beide versies van *Pong-3D* op de laptop zaten erg dicht bij elkaar. Het gaat hier om een score van 56 voor de controllerversie en 54 voor de toetsenbordversie (Figuur 10). Ook de individuele beoordelingen van de versies zaten maar 1 tot 3 punten van elkaar af (Figuur 11). Er is dus geen grote voorkeur voor toetsenbord of controller *Pong-3D* op de laptop.

Ook op de HOLOFIL was er in de totale beoordeling van *Pong-3D* geen duidelijk verschil in de totale score: 34 voor controller en 33 voor toetsenbord (Figuur 10). Wel verschillen de individuele beoordelingen sterk (Figuur 11). Een mogelijke oorzaak hiervoor is de kleine input-delay. Deze wordt veroorzaakt doordat de controller met Bluetooth is verbonden. Deze input-delay wordt gecombineerd met de lag die ontstaat door de HOLOFIL. Sommige spelers hebben hier meer last van dan anderen.

Bij de versies van *Tanks-3D* op de laptop en op HOLOFIL was er wel een duidelijke voorkeur voor de controller. Het gaat hier om een verschil van 12 punten op de laptop en 5 punten op de HOLOFIL (Figuur 10). Een mogelijke verklaring is de hoge gevoeligheid van de besturing, iets dat meerdere testpersonen opmerkten. Een controller heeft de optie om de joystick licht in te duwen voor een lagere gevoeligheid. Dit kan niet op een toetsenbord.

Tussen de versies van *Tanks-3D* op de piramide was er in de totale beoordeling geen groot verschil. Ook de individuele beoordelingen van de leerlingen lagen veel te dicht bij elkaar om een duidelijke conclusie te kunnen trekken.

Het grootste verschil tussen controller en toetsenbord is bij *Pong-3D* op de piramide. Dit verschil van 24 komt grotendeels door de scores van twee leerlingen: Thijs en Boris. Beide leerlingen hebben de controllerversie op plaats 11 gezet, terwijl ze de toetsenbordversie op plaats 3 zetten (Figuur 10 & 11). Deze leerlingen zaten ook allebei aan de kant waar ze de DWSX toetsen moesten gebruiken. Dit vonden ze geen comfortabele positie voor de toetsen.

Uit deze resultaten concluderen we dat de verschillende projecteeropties geen apart effect hebben op de score van het besturingssysteem. Veel van de verschillen in score kwamen vooral door de persoonlijke voorkeuren van de testpersonen.

## 6. Conclusie

Voor ons profielwerkstuk hebben we onderzocht of hologrammen geschikt zijn voor videogames. We hebben twee 3D-games gemaakt die zowel op gewoon scherm als in hologramversies gespeeld kunnen worden. De spellen zijn gespeeld door medeleerlingen en we hebben hun spelbeleving bij verschillende opties gemeten. Hierbij hebben we gekeken naar de verschillen in de besturing van de games, de verschillen tussen soorten games en de verschillen tussen projecteeropties.

De videogame *Pong-3D* wordt veel beter gewaardeerd dan *Tanks-3D*. Dit komt vooral doordat *Pong-3D* een simpelere game was om te spelen en ook beter zichtbaar was in de hologrammen. We concluderen dat een simpele game beter gepast is voor hologrammen.

Spelers hebben geen duidelijke voorkeur voor controller of toetsenbord als besturingsoptie. De enige versie met een groot verschil was *Pong-3D* geprojecteerd in de piramide. Hier had de controller een voorkeur boven het toetsenbord. Dit verschil is echter niet veroorzaakt omdat het als hologram is geprojecteerd, maar had te maken met het comfort van het besturen. Spelers die de met DWSX speelden vonden deze toetsen oncomfortabel om te gebruiken. We concluderen dat de keuze van besturing vooral moet worden gebaseerd op comfort en persoonlijke voorkeur en niet op de projecteerversie van de game.

De spelers gaven aan dat de HOLOFIL niet veel toevoegt aan de game en eigenlijk hetzelfde speelt als een gewoon laptopscherm. Ook zorgde de HOLOFIL ook voor wat lag, wat de speelervaring hinderde en voor een lagere waardering zorgde. In *Pong-3D* viel de piramide goed in de smaak, maar bij *Tanks-3D* niet. Dit is te verklaren doordat *Pong-3D* een simpelere en beter zichtbare game is. De vele details en lage contrast van de kleuren in *Tanks-3D* zorgt ervoor dat deze game op de piramide amper te spelen is.

Kortom, een simpele game met goede kleurcontrasten is goed te spelen in een hologram. Leerlingen vinden het leuker om dit te spelen als hologram dan op laptopscherm. Hiernaast is het ook belangrijk dat een hologram iets leuks toevoegt dat op een normaal laptopscherm niet zou kunnen. In *Pong-3D* is dit goed geluk, maar in *Tanks-3D* niet. Hoewel niet iedere game geschikt is voor een hologram, krijgen games die wel geschikt zijn een compleet nieuwe dimensie van speelplezier.

## 7. Nawoord

Bij het maken van dit profielwerkstuk verliep de samenwerking vlot. Omdat we allebei aan dezelfde games moesten werken was het gebruik van GitHub, een online plaats om bestanden te delen, noodzakelijk. We hadden voor beide games een aparte repository gemaakt (Zhu & Raat, 2022a; Zhu & Raat, 2022b). Soms was het wel irritant dat we niet tegelijkertijd aan dezelfde game konden werken. Vaak werkte één van ons dan aan *Pong-3D* terwijl de ander aan *Tanks-3D* werkte.

Bij het terugkijken op dit profielwerkstuk, zijn er wel verbeterpunten. Het liefst hadden we onze games door meer mensen laten testen. De timing van het testen was niet goed gekozen, want veel van onze klasgenoten zaten zelf ook te werken aan hun profielwerkstuk. Als we eerder waren begonnen met testen hadden we meer data om te vergelijken. Ook hadden we ons beter kunnen voorbereiden op het testen. Tijdens het testen kwamen we erachter dat bepaalde elementen niet werkten zoals ze hoorden. Voorbeelden hiervan zijn slechte posities van de in-game camera en problemen met het telefoonsnoer die zorgden dat het erg lang duurde om de game op de HOLOFIL te krijgen. Voordat we gingen testen hadden we de opstelling niet recent gecheckt. Daardoor kwamen deze problemen niet eerder naar boven.

We willen onze begeleider, Monique Dewanchand, bedanken voor het helpen bij dit profielwerkstuk. Ook willen we Hakan Akkas bedanken voor het uitlenen van de HOLOFIL. Tenslotte willen we Quinten, Jacques, Thijs, Divya, Leah en Boris bedanken dat ze de tijd hebben genomen om onze games te testen.



## 8. Literatuurlijst

*Tanks*. (z.d.). [Video game]. 2DPlay.com.

*Pong*. (1972). [Video game]. Atari.

*HOLOFIL-cardboard*. (z.d.). HOLOFIL. Geraadpleegd op 7 december 2022, van <https://www.holofil.com/holofil-cardboard>

*Hoe werkt een Hologram?* (2021, 30 november). Holosolutions. Geraadpleegd op 8 december 2022, van <https://holosolutions.nl/hologram/>

Ivory, J. D. (2015). A Brief History of Video Games. In *The Video Game Debate* (1ste editie). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315736495>

Luo, X., Lawrence, J., & Seitz, S. M. (2017). Pepper's Cone. Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. <https://doi.org/10.1145/3126594.3126602>

*Wat is een hologram-concert?* (z.d.). NEMO Science Museum. Geraadpleegd op 6 december 2022, van <https://www.nemosciencemuseum.nl/nl/ontdek/wist-je-dat/wat-is-een-hologram-concert/>

Oliveira, R. (2022, 15 oktober). *Complete Guide to Procedural Level Generation in Unity – Part 1*. GameDev Academy. Geraadpleegd op 8 december 2022, van <https://gamedevacademy.org/complete-guide-to-procedural-level-generation-in-unity-part-1/>

*Hologram Effect in Unity*. (2021, 4 juni). Sharp Coder Blog. Geraadpleegd op 8 december 2022, van <https://sharpcoderblog.com/blog/create-a-hologram-effect-in-unity-3d>

*Unity* (2019.4.30f1). (2021). [Software]. Unity Technologies. <https://unity.com/releases/editor/qa/lts-releases>

Unity - Manual: Unity User Manual 2021.3 (LTS). (z.d.). Unity Technologies. Geraadpleegd op 7 december 2022, van <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

*Unity Remote 5* (V3.0). (z.d.). [Software]. Unity Technologies. <https://apps.apple.com/nl/app/unity-remote-5/id871767552>

Voxon Photonics. (z.d.). *THE VOXON VX1 TECHNICAL DESCRIPTION*. Geraadpleegd op 1 juli 2022, van <https://voxon.co/wp-content/uploads/VX1%20TECHNICAL%20DESCRIPTION.pdf>

Zhu, L. Y., & Raat, D. K. (2022a, 27 juli). *GitHub - LawrenceZhuCoderclass/Hologram-Pong-PWS*. GitHub. <https://github.com/LawrenceZhuCoderclass/Hologram-Pong-PWS>

Zhu, L. Y., & Raat, D. K. (2022b, oktober 10). *GitHub - LawrenceZhuCoderclass/Tanks-in-holograms*. GitHub. <https://github.com/LawrenceZhuCoderclass/Tanks-in-holograms>

## 9. Bijlage

### 9.1 Beoordelingstabel

Beoordeling	Quinten	Jacques	Thijs	Divya	Leah	Boris	Totaal	Gemiddeld
Pong; Pyramid; Controller	12	12	11	12	12	11	70	11,67
Pong; Laptop; Controller	8	10	10	8	11	9	56	9,33
Pong; Laptop; Toetsenbord	5	9	12	9	9	10	54	9
Tanks; Laptop; Controller	7	8	7	10	10	5	47	7,83
Pong; Pyramid; Toetsenbord	10	11	3	11	8	3	46	7,67
Tanks; Holofil; Controller	11	5	5	4	6	8	39	6,5
Tanks; Laptop; Toetsenbord	6	7	6	5	7	4	35	5,83
Pong; Holofil; Controller	1	3	8	6	4	12	34	5,67
Tanks; Holofil; Toetsenbord	9	6	4	3	5	7	34	5,67
Pong; Holofil; Toetsenbord	4	4	9	7	3	6	33	5,5
Tanks; Pyramid; Controller	3	1	2	2	2	1	11	1,83
Tanks; Pyramid; Toetsenbord	2	2	1	1	1	2	9	1,5