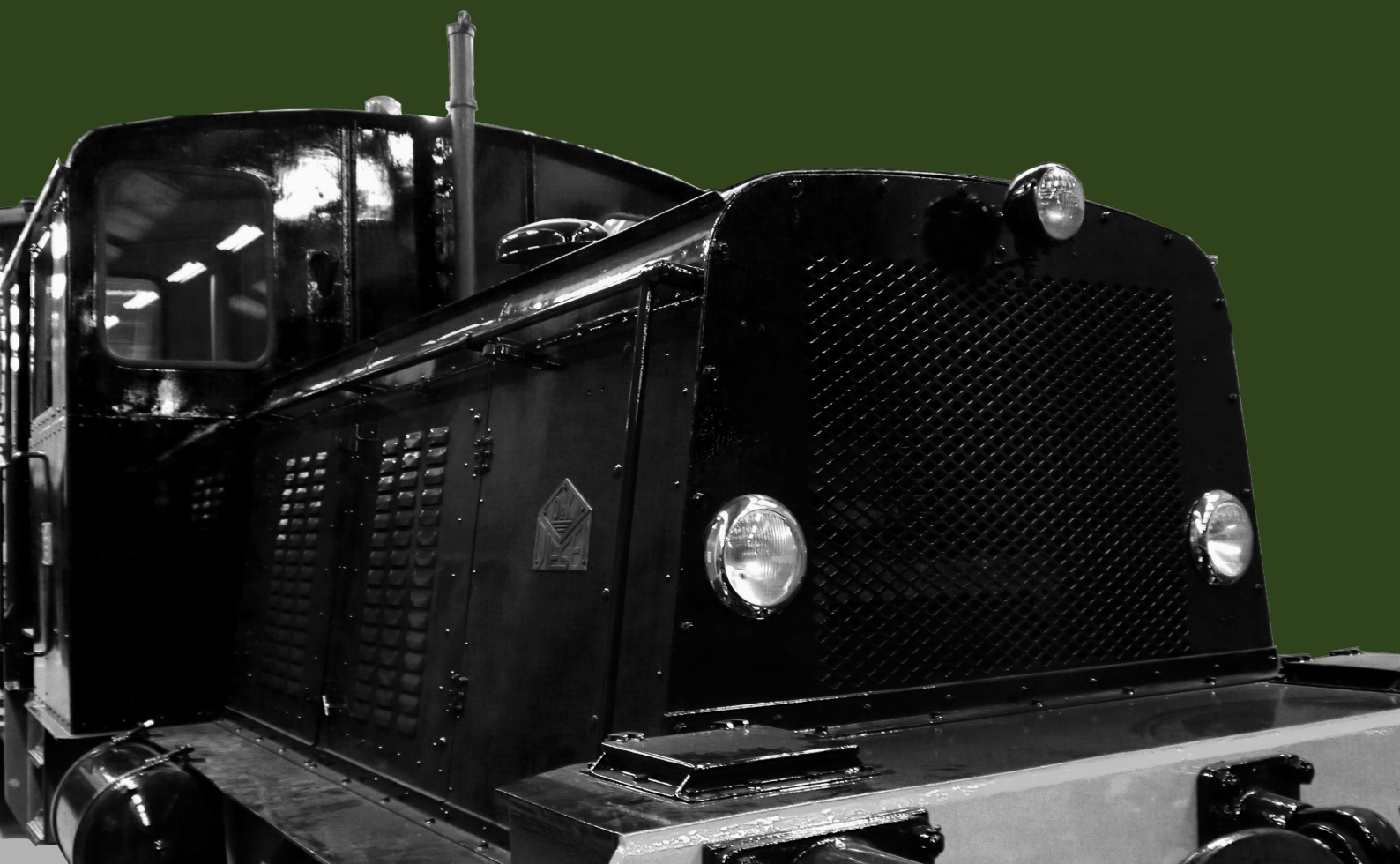


HARCULO

TREINSIMULATOR



Auteur: Hanne Oosterhuis
s1462989

Onderwijsinstelling: Universiteit Twente
Faculteit Construerende Technische Wetenschappen
Opleiding Industrieel Ontwerpen
Postbus 217
7599 AE Enschede

Datum tentamen: 23 Augustus 2016

Opdrachtgever: Museum Buurtspoorweg
Stationsstraat 3
7481 JA Haaksbergen

Begeleider MBS: Jeroen Lieverdink

Begeleider UT: Roy Damgrave
Examinator UT: Maarten Bonnema

VOORWOORD

Dit verslag is de documentatie van de resultaten van mijn bacheloreindopdracht. In opdracht van het Museum Buurspoorweg (MBS) in Haaksbergen heb ik een treinsimulatie gebouwd in een oude diesellocomotief, de Harculo. In de drie maanden dat ik stage heb gelopen bij het museum heb ik kunnen ervaren hoe het eraan toegaat in een kleine organisatie die grotendeels draait op de inzet van vrijwilligers.

Ik heb ervaring mogen opdoen in de ontvangst van bezoekers en ik heb veel geleerd over de Twentse spoorwegen. Voor het project was het zinvol om veel verschillende aspecten van het museum te leren kennen. Vanuit het perspectief van mijn opleiding was het een realistische ervaring om onder tijdsdruk en met een vastgesteld budget te werken. Ik heb ontzettend genoten van mijn stage bij het museum. Het was een unieke ervaring om van de Harculo een treinsimulator te maken. Het resultaat is een bijzondere samensmelting van oude en nieuwe technologie.

Ik wil graag mijn begeleiders Jeroen en Roy bedanken voor de feedback en het advies die ze mij gedurende het hele project hebben gegeven. Ook wil ik het MBS bedanken dat ik deze opdracht bij hen

heb kunnen doen. In het bijzonder wil ik Ger, Thomas, Stefan en Nino van het MBS bedanken, zonder hen was dit project niet mogelijk geweest. Tot slot, wil ik Andrea van het DesignLab bedanken voor zijn betrokkenheid bij mijn project en zijn veelvoudig advies op het gebied van elektronica.

SAMENVATTING

Dit bachelorverslag reflecteert op de verbouwing van de Harculo, een dieseltrein, tot treinsimulator. Het project is uitgevoerd in opdracht van Museum Buurtspoorweg in Twente.

Het doel van dit project was om een spelsimulator te maken die gebruik maakt van de fysieke interface van de trein. Er zijn tv-schermen voor de ramen van de trein geplaatst en sensoren in de trein die druk en rotatie meten en dit vertalen naar output op het scherm. De combinatie van echte meters, hendels en knoppen van de trein en het door de computer gegenereerde landschap en treinrails, laat kinderen ervaren hoe het is om machinist te zijn.

Er zijn twee versies van het spel: één voor kinderen van 4 t/m 6 jaar oud en één voor kinderen van 7 t/m 10 jaar oud. De oudere kinderen moeten verschillende handelingen verrichten tijdens het spel. Waarbij ze worden uitgedaagd om te reageren op bijzondere situatie, zoals een obstakel op de rails. Jongere kinderen spelen een continue versie van het spel. Het spel duurt in totaal ongeveer 5 minuten en aan het eind krijgen kinderen een diploma waarop staat dat ze nu 'assistent machinist' zijn.

SUMMARY

This bachelor thesis reflects on the process of transforming the Harculo, a diesel train, into a train simulator. This project was done on behalf of Twente's Local Railway Museum.

The goal of this project was to develop a simulator based game using the physical interface of the train. Tv-screens have been placed onto the windows of the train and sensors that measure pressure and rotation, translate the game's input to output on the screen. The combination of the real meters, levers and buttons of the locomotive and the computer generated landscape and railroad tracks is supposed to make children feel like they are operating the train.

There are two versions of the game: one for children of age 4 to 6 and one for children age 7 to 10. The older kids perform a variety of tasks during the game that call on their ability to react to abnormalities, such as an obstacle on the tracks. The younger kids play a continuous version of the game. The total length of the game is about 5 minutes and at the end they will receive a certificate that shows that they are now 'assistant train operator'.

INHOUDSOPGAVE

Inleiding	6	2.3.3 Unity	4 Evaluatie	49
		2.4 Conclusie	4.1 Inleiding	50
1 Analyse	7	3 Uitvoering	4.2 Gebruikstest	50
1.1 Inleiding	8	3.1 Inleiding	4.2.1 Inleiding	
1.2 Opdrachtgever	8	3.2 Dashboard	4.2.2 Testopzet	
1.2.1 Inleiding		3.2.1 Inleiding	4.2.3 Resultaten	
1.2.2 Het museum		3.2.2 Meters	4.2.4 Conclusie	
1.2.3 Verbreden dag crereative functie		3.2.3 Ontwerp dashboard	4.3 Aanpassingen	55
1.2.4 Concurrentie		3.2.4 Ontwerp meterplaatjes	4.3.1 Inleiding	
1.3 Doelgroepanalyse	11	3.3 Elektronica	4.3.2 Userinterface	
1.3.1 Belevingswereld		3.3.1 Inleiding	4.3.3 Gameplay	
1.3.2 Collage		3.3.2 Input/output diagram	4.3.4 Conclusie	
1.4 programma van eisen	14	3.3.3 Input elementen	4.4 Onderhoud	58
1.4.1 Inleiding		3.3.4 Output elementen	4.4.1 Inleiding	
1.4.2 Eisen van de opdrachtgever		3.3.5 Uitvoering	4.4.2 Levensduur	
1.4.3 Technische eisen		3.4 Het spel	4.4.3 Foutief gebruik	
1.4.4 Budget		3.4.1 Inleiding	4.4.4 Praktijktest	
2 Concept	19	3.4.2 Play-through	4.4.5 Conclusie	
2.1 Inleiding	20	3.4.3 Omgeving	4.5 Aanbevelingen	62
2.2 Simulatie Concept	20	3.4.4 Userinterface en score	4.5.1 Inleiding	
2.2.1 Harculo		3.4.5 Software	4.5.2 Uitbreiding van het spel	
2.2.2 Stijl van het spel		3.5 Conclusie	4.5.3 Herman de Machinist	
2.2.3 Gameplay			4.6 Conclusie	68
2.3 Prototype	24		Conclusie	69
2.3.1 Inleiding				
2.3.2 Lego				

INLEIDING

De Harculo simulator is een spelsimulatie die kinderen laat ervaren hoe het is om machinist te zijn door middel van een unieke combinatie van fysieke meters, hendels en knoppen en een computergegenereerde spoorlijn. De treinsimulator is gebouwd tijdens de drie maand stage bij het Museum Buurtspoorweg. De nadruk van het project lag op het afleveren van een compleet product binnen deze tijd. De treinsimulator zal in september in gebruik worden genomen. Dit verslag documenteert de stappen die genomen zijn om tot het eindproduct te komen.

Het verslag is verdeeld in 4 hoofdstukken: analyse, concept, uitvoering en evaluatie. In de analyse wordt het onderzoek voorafgaande aan de bouw van de simulatie beschreven. Dit houdt onder andere in het concreet maken van de wensen van de opdrachtgever en een analyse van de doelgroep. In het hoofdstuk concept is globaal besproken welke vorm het eindproduct moet krijgen, echter veel praktische ontwerpkeuzes zijn gemaakt tijdens de uitvoering. Om die reden is er gekozen de beschrijving van het concept beknopt te houden en de ontwerpkeuzes per onderdeel toe te lichten in het hoofdstuk uitvoering. Tot slot, wordt in de evaluatie gereflecteerd op het product en worden er aanbevelingen gedaan voor het MBS.

BEGRIPVORMING

De Harculo

De Harculo is de locomotief die beschikbaar is gesteld voor dit project. Wanneer er over de Harculo wordt gesproken in dit verslag gaat dit over de fysieke locomotief.

De trein

In het spel is dit het camera-object. Wanneer er in het verslag staat dat de trein 'rijdt' wordt hiermee bedoeld de horizontale translatie van de camera.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

OPDRACHTGEVER

DOELGROEP ANALYSE

PROGRAMMA VAN
EISEN

CONCLUSIE



ANALYSE



1.1 INLEIDING

In de analysefase zijn de voorbereidingen gedaan voor het bouwen van de simulatie. Hierbij is onderzoek gedaan naar de wensen van het museum en de sfeer die het museum graag wil uitstralen. In deze fase is ook een budget opgesteld voor het project. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar de doelgroep. Het resultaat hiervan is een concept voor het spel en de simulatie.

1.2 OPDRACHTGEVER

1.2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt er gekeken naar de wensen van de opdrachtgever en de context waarin dit project tot stand is gekomen. Het museum viert volgend jaar zijn 50-jarig jubileum, mede daarom is het museum op dit moment bezig met een serie projecten die zorgen voor meer beleving in het museum voor kinderen. Het ombouwen van de Harculo tot treinsimulatie is één van deze projecten.

1.2.2 HET MUSEUM

Het MBS is in 1967 opgericht met als doel het in standhouden van de verbinding tussen Haaksbergen en Boekelo als toeristische lokaalspoorlijn. Het museum bezit de grond rond het station van Haaksbergen, de spoorlijn van circa 7 km en de grond rond het station van Boekelo. Omdat het MBS actief gebruikt maakt van het spoor worden zij wetmatig beschouwd als spoorwegonderneming:

“Het Museum Buurtspoorweg [...] staat onder toezicht van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu. Het toezicht richt zich o.a. op de veiligheid, verkeersregels, infra, materieel en medewerkers. De Museum Buurtspoorweg is naast museum dus ook een spoorwegonderneming en infrabeheerder.” [1]

Het museum streeft erna een historisch beeld te geven van een spoorwegbedrijf anno 1900 door het station en de spoorlijn in originele staat te onderhouden. Daarnaast verzamelt en restaureert het museum andere spoorwerktuigen en –voorwerpen van historische waarde. [2]

Het MBS heeft twee locaties: Haaksbergen en Boekelo. Een bezoeker kan een kaartje kopen om het station te bezoeken of een dagkaart waarmee de bezoeker een treinreis kan maken en beide locaties kan bezoeken. In Haaksbergen staat het oude stationsgebouw en de werkplaats waar treinen gerestaureerd worden. In Boekelo staat een seinhuisje en een loods met een springkussen, modelspoorbaan en speelgoed voor kinderen. De museumattractie zal waarschijnlijk in Boekelo komen te staan. Het museum wordt het meest bezocht door ouders of grootouders met kinderen in de basisschoolleeftijd.

1.2.3 VERBREDEN DAGRECREATIEVE FUNCTIE

Zoals gezegd is dit bachelorproject voor de opdrachtgever onderdeel van een serie projecten die de beleving rondom het station interessanter moeten maken. De overkoepelende naam voor deze projecten is het verbreden van de dagrecreatieve functie van het MBS. Hiervoor is subsidie beschikbaar gesteld vanuit de gemeente.

Op dit moment ligt de focus van het museum bij het rijden met stoomtreinen. Dit zal altijd een belangrijk doel van het museum zijn, echter zijn rijdagen wel intensief en is er veel personeel nodig om het mogelijk te maken. Om die reden wil het MBS een arrangement bieden voor ouders met kinderen dat bestaat uit een speurtocht met opdrachten op dagen dat er niet gereden wordt. Het resultaat hiervan zijn de projecten ter verbreding van de dagrecreatieve functie.

De projecten hebben verschillende invalshoeken. Zo heeft het MBS de filmkar waarin oude beelden van Twente worden afgespeeld en een serie eenvoudige natuurkundige installaties die kinderen helpen het principe van een stoomtrein te begrijpen. Het doel van de Harculo is om aan te sluiten bij een trend om moderne techniek te gebruiken om musea interactiever te maken. De nadruk ligt op het feit dat kinderen zelf mogen uitproberen en ervaren hoe het is om machinist te zijn.

1.2.4 CONCURRENTIE

Het museum heeft ook een paar voorbeelden aangedragen van andere musea die simulatiebeelden gebruiken om de beleving realistischer te maken. Deze voorbeelden hebben geholpen bij het bepalen van wat het museum wil bereiken met de Harculo-simulatie.

De Vuurproef

Zo heeft het Spoorwegmuseum in Utrecht de Vuurproef, een futuristische treincabine waarin kinderen door de treingeschiedenis reizen. [3] De vuurproef is een hele spectaculaire simulatie met veel effecten, maar wel eng voor jonge kinderen. Wat het MBS mist in de vuurproef is de connectie met het Spoorwegmuseum. Het is voor het MBS belangrijk dat de Harculo-simulatie een connectie heeft met het museum en de spoorlijn van het museum.



Figuur 1

Links de tijdreis-cabine van de Vuurproef.

Rechts een locomotief van Train World.

Train World

Een ander voorbeeld is het Nationale Treinmuseum in België, genaamd Train World, waarbij historische beelden met beamers op de trein geprojecteerd worden. [4] De stijl van Train World spreekt het museum meer aan dan die van de vuurproef.

In deze simulatie heeft de bezoeker echter heel weinig interactie met de simulatieomgeving. Het MBS heeft aangegeven dat voor hen juist de interactie belangrijk is. De Harculo simulatie moet een spel worden waarbij kinderen handelingen uitvoeren om punten te scoren. Dat de simulatie hierdoor minder educatief of waarheidsgetrouw wordt, is ondergeschikt aan het doel dat de simulatie een leuke ervaring biedt.

1.3 DOELGROEPANALYSE

1.3.1 INLEIDING

De doelgroep voor dit product zijn kinderen van 4 tot 10 jaar oud. Hierbij wordt er rekening gehouden met het feit dat kinderen in de leeftijd 4 t/m 6 jaar in een andere ontwikkelingsfase zitten dan kinderen vanaf 7 tot 10 jaar oud. In dit hoofdstuk wordt geanalyseerd welke implicaties dat heeft voor het ontwerp van de simulatie. Als eerste wordt er gekeken naar de algemene verschillen in hun cognitieve/motorische vaardigheden en interesses. Hiervoor heeft het adviesbureau Vanille onderzoek gedaan in opdracht van het MBS.

1.3.2 BELEVINGSWERELD

Vanille werkt in opdracht van het MBS aan verschillende projecten in het kader van de verbreding dagrecreatieve functie. Dit is een samenvatting van hun bevindingen ten aanzien van verschillende leeftijdsgroepen. Het onderzoek van Vanille gaat over hoe kinderen spelen en leren in het algemeen. Daarnaast is er gebruik gemaakt van het boek *De Schermgaande Jeugd* van Patti Valkenburg, dat ingaat op hoe kinderen in verschillende leeftijdsgroepen omgaan met digitale media.

Kinderen tot 6 jaar

Kinderen in de leeftijdsgroep 4 t/m 6 jaar oud leven in twee werelden: de echte wereld en hun eigen fantasiewereld. Kleuters spelen vaak naast elkaar in plaats van met elkaar en maken hun eigen regels tijdens het spelen. [5] Voor kleuters is herhaling belangrijk in digitale media, dit is terug te zien in tv-series met vaste patronen en veel herhaling. [6]

In deze leeftijdsgroep leren kinderen een steeds realistischer kijk op de wereld te krijgen en langzaam leren ze ook op een abstractere manier naar de wereld te kijken. Een kind van vier snapt al het verschil tussen beelden van een rijdende trein en een daadwerkelijke rijdende trein. Wat een kind van vier nog niet kan is het geheel overzien.

Kinderen vanaf 7 jaar

Zeven is een overgangsleeftijd voor kinderen. Zodra een kind kan lezen en schrijven kijkt hij anders naar de wereld. Kinderen in deze leeftijdsgroep zijn beter in staat structuren te herkennen en kunnen fantasie en werkelijkheid goed scheiden. [7] Ze hebben ook meer concentratievermogen. Kinderen tussen 5 en 8 gamen gemiddeld al een half uur per dag. [8] Ook kunnen kinderen van deze leeftijd onderscheid maken tussen objectieve en subjectieve dingen.

Opvallend is dat de complexiteit van de spellen die ze spelen sterk toeneemt in deze leeftijd. De interesse in educatieve spellen neemt af omdat kinderen doorhebben dat het educatieve spellen zijn. [9] Competitie, daarentegen, is een veel belangrijker component geworden in spellen. Kinderen leren zich te meten aan elkaar.

1.3.3 COLLAGE

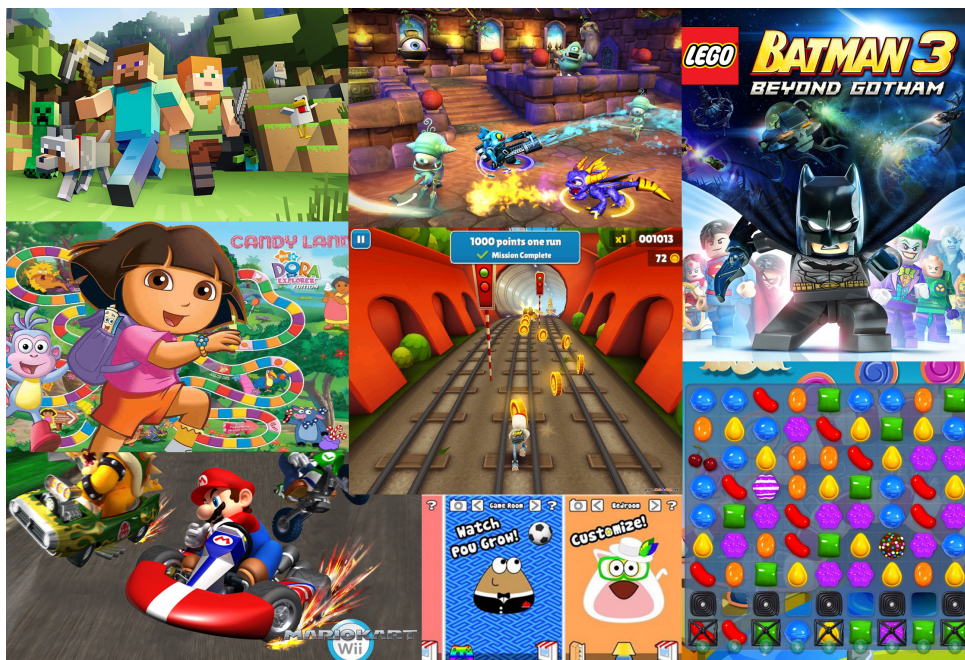
Figuur 2 is een collage van computerspellen die veel gespeeld worden door Nederlandse kinderen tussen de leeftijd 5 tot 8. [10] Kinderen jonger dan 5 jaar kijken meer televisie dan dat ze zelf spelletjes spelen. Wel blijkt dat jonge kinderen al tablets kunnen bedienen en hierop prentenboeken kijken en spelletjes spelen.

Opvallend in de collage is dat deze spelletjes zowel door jongens als door meisjes gespeeld worden. Heel veel speelgoed is genderspecifiek, maar voor computerspellen lijkt dit minder belangrijk te zijn. Met uitzondering van een paar spellen die het bestaande onderscheid bevestigen, zoals FIFA voor jongens en Just Dance voor meisjes, worden de meeste spelletjes door beiden gespeeld. Minecraft staat bijvoorbeeld in de

top 3 meest populaire spelletjes voor zowel jongens als meisjes.

Een andere opvallende ontdekking is dat jonge kinderen al redelijk ‘volwassen’ spellen spelen, met name op het mobiele platform. Dit is waarschijnlijk omdat de meeste populaire mobiele games werken met simpele spelmechanismen en daarom een redelijk laag instapniveau hebben. Alle niet noodzakelijke informatie filteren kinderen weg.

Spellen die wel speciaal voor de doelgroep gemaakt zijn, anticiperen hierop door simpelere verhaallijnen te gebruiken. De spelmechaniek daarentegen, is soms zelfs moeilijker dan dat van mobiele spellen. Wel zijn deze spellen kleurrijker en omgevingen eenvoudiger. Meeste spellen speciaal gemaakt voor kinderen hebben fantasie/avontuur thema's.



Figuur 2 Collage met computerspellen die veel gespeeld worden door kinderen van 5 tot 8 jaar.

1.4 PROGRAMMA VAN EISEN

1.4.1 INLEIDING

In het verslag worden alleen de belangrijkste eisen behandeld. Het totale programma van eisen is te vinden in de bijlage. Het budget heeft een belangrijke rol gespeeld door het hele proces heen. In dit hoofdstuk zal ook het budget worden toegelicht.

1.4.2 EISEN VAN DE OPDRACHTGEVER

Vanuit het MBS zijn er weinig eisen gedefinieerd. Er is veel vrijheid gelaten voor het geven van een eigen invulling aan de bachelor opdracht. De eisen vanuit het museum kunnen als volgt worden samengevat:

- Het voornaamste doel van de attractie is kinderen een leuke ervaring geven.
- De attractie moet aansluiten bij de vaardigheden van kinderen in de leeftijd 4 tot 10 jaar. Waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen kinderen tot 7 en vanaf 7 jaar oud.
- De attractie moet interactief zijn. Met andere woorden, het beeld wordt beïnvloed door acties van de speler.
- De kosten voor de materialen en de bouw van de attractie mogen het budget niet overschrijden en alle kosten moeten gemaakt zijn voor de subsidiedeadline van 1 juni.
- De attractie moet zonder direct toezicht van een MBS-medewerker gebruikt kunnen worden.

Door met de opdrachtgever in gesprek te gaan en door te kijken naar de materialen die het museum aan heeft gedragen, kan ook geconcludeerd worden dat het belangrijk is voor het museum dat de attractie past

bij het karakter van het MBS. Dit betekent dat de attractie op een bepaalde manier een stuk van het museum moet representeren en geïntegreerd kan worden met andere museumprojecten.

De educatieve waarde van de attractie heeft een lagere prioriteit voor het museum. Wel vindt het museum het belangrijk dat de handelingen die het kind als machinist doet, een enigszins realistische weergave zijn van de werkelijkheid.

Het is ook belangrijk voor het MBS dat kinderen niet lang hoeven te wachten bij de simulatie. Dit betekent dat het spel kort moet zijn en een goede 'doorstroom' moet hebben. Dat wil zeggen: dat er een snelle overgang is tussen het eind van het spel voor de laatste speler en het begin voor de nieuwe speler.

1.4.3 TECHNISCHE EISEN

De treinattractie zal door het museum in gebruik genomen worden en moet daarom een passende levensduur hebben van minimaal 10 jaar. Daarnaast is het een vereiste dat bouw van de hardware en software zo gedocumenteerd is dat de opstelling goed onderhouden kan worden en uitgebreid kan worden mocht het museum dit willen.

Er is gekozen om de hardware voor de simulatie aan de twee kanten van de trein symmetrisch in te richten zodat het museum zelf kan kiezen aan welke kant ze de simulatie voor jonge kinderen draaien en aan welke kant de simulatie voor oudere kinderen. Ook voor het onderhouden van de simulatie is het makkelijker als beide kanten gelijk zijn aan elkaar.

1.4.4 BUDGET

Het totale budget voor het ombouwen van de Harculo is 2500 euro. Dit bedrag is tot stand gekomen na een schatting van de kosten die nodig zijn per component en de kosten voor de bouw.

De tabel in figuur 3 laat zien welke bedragen er geschat zijn voor de componenten en welke bedragen er daadwerkelijk zijn uitgegeven. De schattingen zijn in de eerste weken van het project gemaakt. Hierdoor kan de schatting afwijken van het uitgegeven bedrag. Sommige componenten zijn ook vervangen door andere componenten. De bouwkosten zijn niet opgenomen in deze tabel, het totale overzicht van kosten staat in de bijlage.

De lijst van componenten is opgesteld naar aanleiding van het eerste concept. Groen geeft aan dat een onderdeel gewijzigd is, blauw geeft aan dat een onderdeel later is toegevoegd en rood dat een onderdeel verwijderd is.

In eerste instantie was nog niet zeker of er beamers of tv-schermen gebruikt zouden worden in de Harculo. Het folie was alleen van toepassing voor een installatie met beamers. Voor de bedrading was eerst uitgegaan van een omzetter van netstroom naar gelijkstroom. Deze stap is er echter uitgehaald waardoor de bedrading een stuk goedkoper is geworden.

Voor ander onderdelen zoals de sensoren is er een heel gemiddeld getal geschat omdat er nog geen keuze gemaakt is in de soort sensor. Het type sensor heeft veel invloed op de prijs.

Beeld	Geschat
Beamer	1000
Folie 2m	100
Dashboard	
Computer (no moving parts)	800
Arduino	20
Servo motor 6x	90
LED verlichting 2m	40
Bedrading + omzetter	100
Lasergesneden plaat	60
Drukwerk	30
Sensoren	
Rotatie sensor	40
Translatie sensor	40
Audio	
Speakers	30
Totaal	
	2350

Figuur 3 In de rechter kolom van de tabel staan de geschatte kosten per component. Alle bedragen zijn in euro's.

1.5 CONCLUSIE

In de analyse is er gekeken naar hoe de simulatie het best aansluit bij de wensen van de opdrachtgever en de vaardigheden en interesse van de doelgroep. Voor het museum is de simulatie een belangrijke uitbreiding van hun programma omdat het ze de mogelijkheid biedt open te zijn op dagen dat ze niet rijden met stoomtreinen.

In de analyse fase zijn ook acties ondernomen ter voorbereiding van de bouw van de simulatie. Zoals het opstellen van het budget. De componenten die gebruikt zijn om het budget te berekenen zijn gedurende het proces veranderd. Toch heeft het vroeg opstellen van een budget gedurende het hele proces geholpen de kosten te drukken.

HOOFDSTUK 2

INLEIDING

SIMULATIE CONCEPT

PROTOTYPE

CONCLUSIE

CONCEPT



2.1 INLEIDING

Naar aanleiding van de wensen van de opdrachtgever is er gekeken naar de beste manier om de Harculo te verbouwen. Hiervoor zijn verschillende opties geopperd waar de opdrachtgever een keuze uit heeft gemaakt. Hetzelfde is ook gedaan voor het vormgeven van het spel. Tot slot is er een prototype gemaakt dat dient als basis voor de daadwerkelijke simulatie.

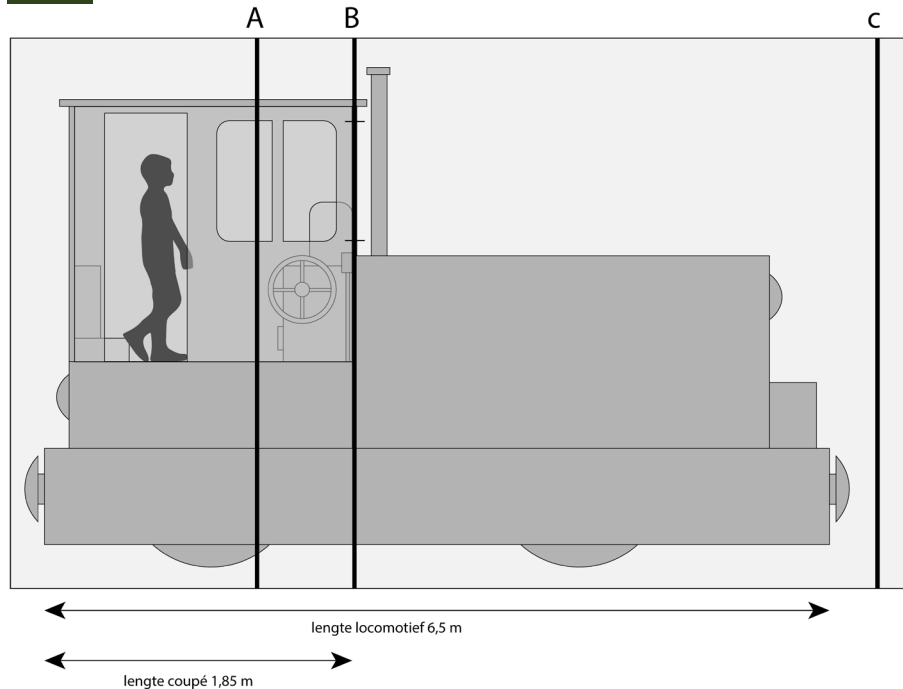
2.2 SIMULATIE CONCEPT

2.2.2 HARCULO

Een belangrijk onderdeel van de conceptvorming is vaststellen hoeveel van de trein gebruikt zal worden in de simulatie. Keuzes die hierbij gemaakt moeten worden zijn of het belangrijker is dat de buitenkant van de trein intact blijft of de binnenkant. Beide hebben voor- en nadelen. Door de buitenkant van de trein onaangetast te laten zullen kinderen de installatie eerder herkennen als trein. Het is aan te nemen dat de meeste kinderen beter bekend zijn met de uitstraling van de buitenkant van een trein dan met de binnenkant. Het zal ze waarschijnlijk dus minder opvallen als de binnenkant aangepast is voor de simulatie.

In figuur 4 zijn drie mogelijke posities aangegeven voor de plaatsing van de simulatie op een dwarsdoorsnede van de trein. In situatie A is de simulatie in de cabine geplaatst, in situatie B is de simulatie op of vlak voor het raam geplaatst en in situatie C is de simulatie geheel voor de trein geplaatst.

Figuur 4 Schematische dwarsdoorsnede van de Harculo.



Scenario A

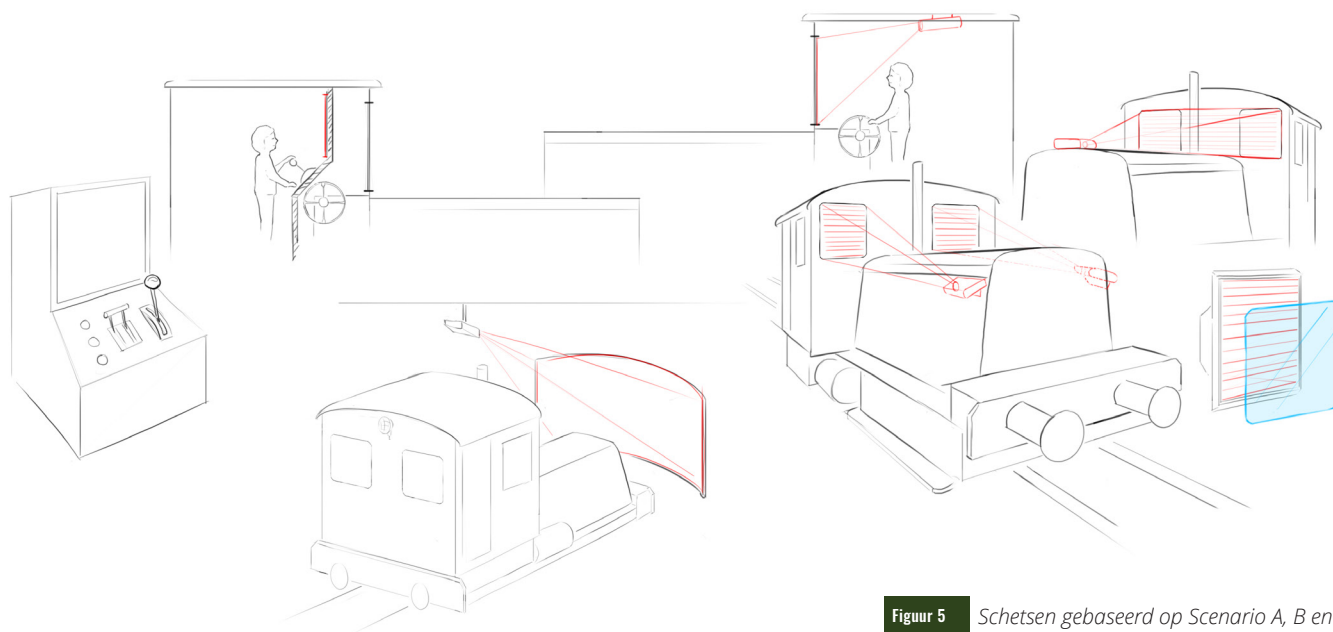
In scenario A is de samenhang tussen de bediening en de simulatie op zijn best. In figuur 5 (links bovenin) is te zien hoe dit scenario geïmplementeerd kan worden. Door alternatieve bediening te gebruiken die direct aan het spel gekoppeld is, is de afstand tussen het doen van een actie en het resultaat zien op het scherm het kleinst. Ook is er meer vrijheid in de bediening. Het nadeel van deze opstelling is dat het sterk ten koste gaat van de authenticiteit van de simulatieomgeving. De simulatie zou bij wijze van spreken ook buiten de trein geplaatst kunnen worden.

Scenario C

In dit scenario wordt het scherm geheel voor de trein geplaatst zoals te zien is in figuur 5, links onderin. Scenario C tast niet het uiterlijk van de trein aan en zorgt ervoor dat de bediening van de trein geïntegreerd kan worden in het spel. Echter zorgt de afstand tussen de simulatie en de bediening voor minder samenhang in deze opstelling. De ervaring van echt rijden zal minder sterk zijn dan bij de andere opstellingen.

Scenario B

Hoewel het uiterlijk van de trein hierdoor veranderd wordt heeft de opstelling van scenario B wel de beste combinatie voor gebruik ten opzichte van de andere opstellingen. Voorbeelden van een opstelling zoals in scenario B zijn te zien rechts in figuur 5. In tegenstelling tot opstelling A kan de originele bediening gebruikt worden en in tegenstelling tot opstelling C zal het gevoel van opgaan in het spel sterker zijn doordat de afstand tot het scherm kleiner is.



Figuur 5 Schetsen gebaseerd op Scenario A, B en C.

Er is gekozen om voor een opstelling te gaan die gebruikt maakt van de voordelen van scenario B. Hoewel kinderen zich sterker kunnen identificeren met de buitenkant van de trein, past het beter bij het doel van de simulatie om de binnenkant intact te laten. Het doel is om kinderen te laten ervaren hoe het is om een trein te bedienen. Om die ervaring goed over te brengen is het belangrijk om de afstand tussen fysieke input en visuele output zo klein mogelijk te houden, zonder dat dit ten koste gaat van het een of het ander.

De binnenkant van de trein zal wel in zoverre worden aangepast dat de beide treinhelften symmetrisch zijn. Hiervoor moet een nieuw dashboard ontworpen worden. Ook is de vloer van de trein verhoogd zodat kinderen op een goede hoogte staan om de treinmeters af te lezen en door het raam te kunnen kijken.

2.2.3 STIJL VAN HET SPEL

In figuur 6 zijn drie verschillende treinsimulators te zien met verschillende stijlen, van zeer realistisch tot sterk versimpeld. De realistische stijl past niet bij de doelgroep omdat kinderen zich richten op de meest opvallende kenmerken en in deze stijl is er geen nuance tussen wat belangrijk is.

Het museum zoekt naar een combinatie van de tweede en de derde stijl. Wat het museum aanspreekt in de tweede afbeelding is dat het spoor en de omgeving nog wel details hebben. De derde afbeelding heeft heel weinig detail maar de eenvoudige geometrische vormen en vlakke kleuren spreekt het museum wel aan.



Figuur 6

Links: De nederlandse versie van Train Simulator 2016. Midden: Train Trax 3d omgeving 2014. Rechts: Eracoon Basic Train Assets 2014.

2.2.4 GAMEPLAY

Het doel van het spel is om een stukje trein te rijden en te ervaren hoe het is om machinist te zijn. Hierbij is het leuk als kinderen meerdere handelingen kunnen doen. Omdat een locomotief bedienen op zich zelf niet een heel gevarieerde bezigheid is, worden er scenario's toegevoegd aan het spel waarop kinderen moeten reageren. Een voorbeeld van zo'n scenario is een obstakel op het spoor waar kinderen voor moeten remmen of een verkeerd staande wissel die ze naar een dood spoor leidt. Naast omstandigheden van buitenaf kan er ook gespeeld worden met de eigenschappen van de trein zelf. Zo kan de oliedruk wegvallen of de temperatuur te hoog worden waardoor kinderen moeten stoppen.

Voor oudere kinderen is het bijhouden van een score ook belangrijk. Hierdoor kunnen ze concurreren met andere kinderen. Daarnaast is de score een representatie van de vaardigheid van de speler ten opzichte van de moeilijkheid van het spel.

2.3 PROTOTYPE

2.2.3 INLEIDING

Om het basisprincipe van het spel te testen is er een prototype gemaakt met Lego NXT, Arduino en Unity. In Unity is een eenvoudige scene gebouwd met bomen en een spoorlijn. Met Lego is het versnellingswiel en de rem van de Harculo nagebouwd.

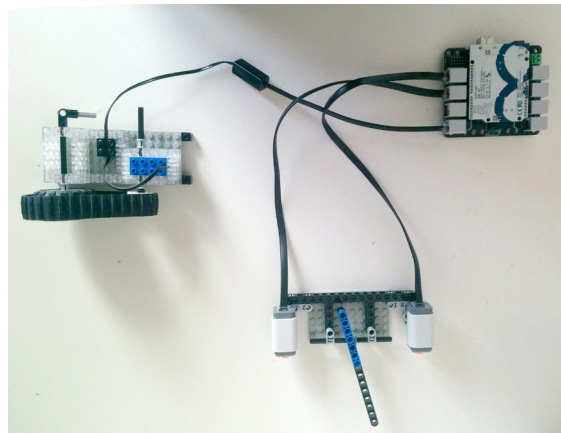
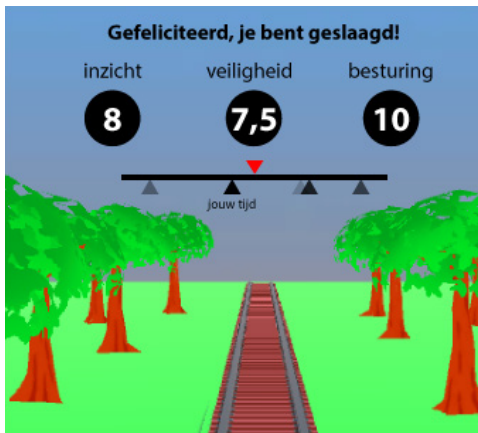
Het doel van het prototype is om het museum een beeld te geven van hoe het spel eruit kan komen te zien. Het dient ook als controle om de communicatie tussen hardware, Arduino en Unity te testen voordat er componenten worden besteld.

2.3.4 LEGO

Lego NXT heeft verschillende sensoren om semi-elektronische installaties mee te bouwen. In figuur 7 is te zien hoe een rotatiesensor en twee druksensoren aangesloten zijn op de Arduino. De Arduino gebruikt een simpel script waarmee de waarden van de sensoren worden doorgestuurd naar Unity. In Unity beweegt de camera over de x-as als er aan de rotatiesensor gedraaid wordt en stopt de camera als de druksensor wordt ingedrukt.

2.3.5 UNITY

In het prototype zijn verschillende game-states opgenomen: start, spel en finish. Figuur 7 laat het eind-scherm zien. In Unity is bepaald hoe lang het duurt om het traject uit te spelen als de druksensor niet ingedrukt wordt. De tijdbalk laat zien hoe vaak er geremd is. Hiermee kan een score berekend worden.



Figuur 7

Links: screenshot van de demo. Rechts: aansluiting van de Lego rotatiesensor en druksensor op de Arduino.

2.4 CONCLUSIE

In de conceptfase is er gekeken naar mogelijkheden voor het verwezenlijken van de simulatie. De ideeën zijn hier nog wel redelijk globaal, zoals de keuze voor de simulatie opstelling of de stijl van het spel. Wel is er in deze fase al duidelijk gezocht naar oplossingen in contrast met de analysefase.

De afsluiting van de conceptfase is de bouw van het prototype. Het prototype heeft geholpen bij het vormen van een concreet concept en het verkennen van de mogelijkheden die Unity en Arduino hebben te bieden. In het volgende hoofdstuk zal gekeken worden naar oplossingen op detailniveau.

HOOFDSTUK 3

INLEIDING

DASHBOARD

ELEKTRONICA

HET SPEL

CONCLUSIE

UITVOERING



3.1 INLEIDING

De bouw van de simulatie is beschreven in drie hoofdstukken: De bouw van de fysieke userinterface in de vorm van het dashboard, de samenstelling van hardware en de softwarearchitectuur. Alle drie de onderwerpen zijn met elkaar verbonden. Verschillende componenten worden in meerdere hoofdstukken beschreven vanuit een andere invalshoek.

Het eerste hoofdstuk beschrijft hoe het dashboard gebouwd is en welke rol de fysieke meters in het spel hebben. Daarna volgt een hoofdstuk over de hardware in het algemeen. In dit hoofdstuk zijn alle componenten van de trein beschreven als input en output elementen. Hier wordt beschreven welke interactie de componenten hebben en hoe dit verwezenlijkt is. Tot slot, wordt in het hoofdstuk over de software architectuur beschreven hoe het spel gebouwd is en hoe de spel mechaniek werkt.

3.2 DASHBOARD

3.2.1 INLEIDING

Er is gekozen om het oude dashboard van de Harculo te vervangen door een groter interactief dashboard. Het dashboard zal over de hele lengte van het motorblok geplaatst worden zodat aan beide kanten van de trein meters afgelezen kunnen worden. Veranderingen in het spel moeten ook zorgen voor veranderingen in de informatie op het dashboard.

Het oude dashboard van de Harculo is te zien in figuur 8, op de volgende pagina. Hierbij is ook de functie van elke meter toegelicht. In het spel wordt gebruikt gemaakt van de snelheidsmeter, drukmeters en de temperatuurmeters.

3.2.2 METERS

De snelheidsmeter, drukmeters en de temperatuur-meters hebben een servomotor zodat de positie van de meter bepaald kan worden met variabelen uit het spel.

Snelheidsmeter

De snelheidsmeter laat zien hoe hard de speler rijdt in het spel. Snelheid is de belangrijkste waarde in het spel. Het is daarom belangrijk dat de snelheidsmeter een centrale positie heeft op het dashboard.

Drukmeter

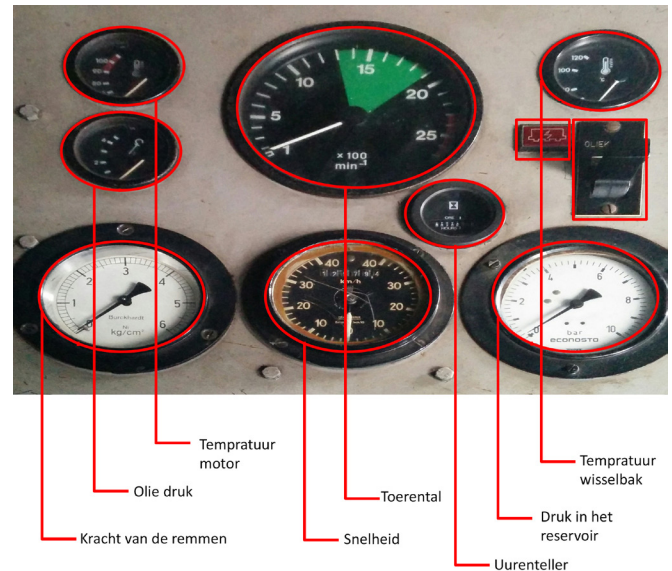
De drukmeters (dat zijn de witte meters in het oorspronkelijke dashboard) zijn in het spel een indicatie van de werking van de rem. Om te kunnen remmen moet er lucht in het hoofdreservoir zitten. Dit wordt gemeten door de druk in het reservoir (de meter rechts op het dashboard). Op het moment dat er geremd wordt, ontsnapt er lucht uit het reservoir en daalt de druk in het reservoir. De rechtermeter laat zien hoeveel lucht er in één keer ontsnapt, deze meter springt omhoog als er geremd wordt.

Temperatuurmeter

De temperatuurmeters waarschuwen voor oververhitting van de motor en de schakelbak. In werkelijkheid is er geen direct lineair verband tussen de temperatuur en snelheid en komt oververhitting niet vaak voor. In het spel begint de temperatuur echter snel op te lopen als de speler harder dan 35 km/uur rijdt. Als de temperatuur meters de maximale waarde bereikt hebben van 100 en 120 graden Celsius krijgt de speler een melding dat de trein oververhit is. De speler moet remmen om de motor af te laten koelen.

Figuur 8

Vooraanzicht van de oude meterkast.



Andere meters die wel terugkomen op het dashboard maar geen rol in het spel hebben zijn de oliedruk meter en de toerenteller. De oliedruk is een waarde die niet afhankelijk is van de handelingen die in het spel uitgevoerd worden. De toerenteller is een redelijk constante waarde in een trein en verandert alleen in bijzondere situaties waar er gevaar is dat de trein gaat slippen. Daarom is ervoor gekozen deze meters op een vaste waarde te zetten.

Op het nieuwe dashboard komt ook een startknop om het spel aan te zetten en een taalknop om tussen Nederlandse en Duitse tekst te wisselen.

3.2.3 ONTWERP DASHBOARD

Voor het ontwerp van het dashboard is gekeken naar bestaande meterkasten zoals te zien is in de collage. Voor dit soort diesellocomotieven zijn weinig normen vastgesteld ten aanzien van meterkasten. Zoals zichtbaar is in figuur 9 verschilt de samenstelling daarom ook erg per trein. Het oude dashboard van de Harculo is ook samengesteld door het museum met meters die ze des tijds hadden.

Ondanks het gebrek aan standaardisatie zijn er wel ergonomische aspecten die belangrijk zijn voor een goed ontwerp. Voor de ergonomie is er vooral gelet op het onderscheiden van de meest relevante infor-

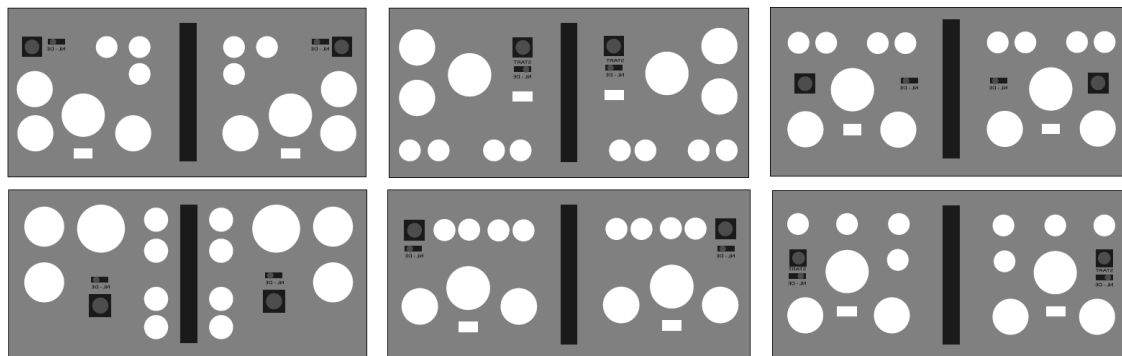


Figuur 9

Collage van meterkasten voor diesel- en electische treinen.

matie en het groeperen van elementen met dezelfde betekenis of waarde. Het resultaat hiervan is dat de meters verschillende groottes hebben en dicht of verder van de speler geplaatst zijn afhankelijk van hoe belangrijk de informatie is voor de speler.

De onderverdeling van de meters in groepen kan op verschillende manieren. Zo kan de toerenteller en de snelheidsmeter samen een groep vormen, maar ook de drukmeters en de snelheidsmeter. Elk van deze mogelijkheden zijn uitgewerkt en samengevoegd in zes concepten waaruit het MBS een keuze heeft gemaakt.



Figuur 10

6 dashboardontwerpen waar het MBS uit gekozen heeft.

Er zit verschil in de concepten met een dynamische opbouw en een logische opbouw. In de dynamische concepten zijn de druk meters geplaatst aan beide zijden van de snelheidsmeter waardoor een driehoek gevormd wordt (zoals in de twee meest linkse panelen). De driehoek roept de associatie op van een race-auto dashboard. De logische opbouw is minder dynamisch omdat de drukmeters onder elkaar geplaatst zijn, waardoor de meters in kolommen verdeeld worden. Het verband tussen de meters is wel beter af te lezen in deze opstelling.

Het MBS was het meest enthousiast over het bovenste paneel in de middelste rij. De drukmeters staan hier wel bij elkaar maar doordat de snelheidsmeter lager is geplaatst voelt de opbouw wel dynamischer. De temperatuur en drukmeters staan het dichtst bij de speler. De bedieningsknoppen en de niet gebruikte me-

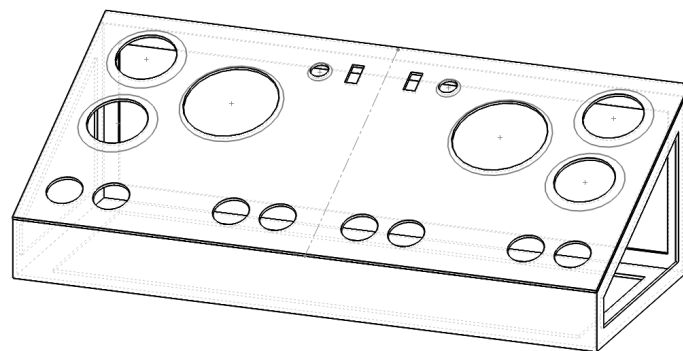
ters staan het verst van de speler af. In figuur 11 is de meterkast te zien zoals deze gemaakt gaat worden.

Het frame is één meter breed en 40 cm hoog. De diameter van de snelheidsmeter is 15 cm. De drukmeters zijn elk 10 cm breed en overige meters hebben een diameter van 6 cm. Aan de binnenkant van de meterkast zitten scharnieren zodat de meterplaat als een deksel opgetild kan worden.

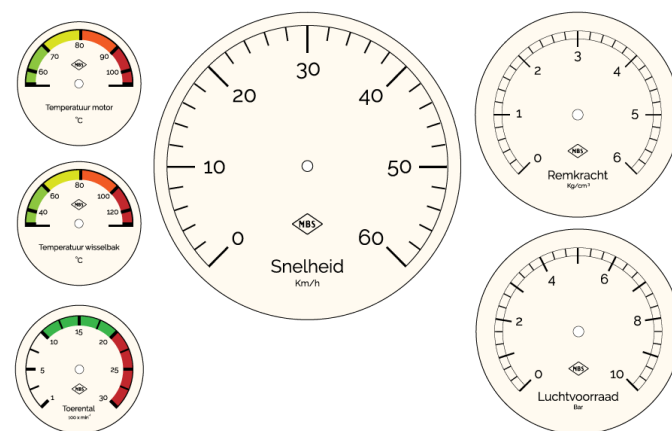
3.2.4 ONTWERP METERPLAATJES

Voor de meters in het dashboard is gebruik gemaakt van industriële luchtmeters en scheepsmeters die aan het museum zijn gedoneerd. Veel van deze meters zijn niet bruikbaar voor het museum omdat ze geen historische waarde hebben en/of niet de juiste schaalverdeling hebben voor stoomtreinen. Om de meters voor de Harculo te gebruiken is het mechanische veersysteem vervangen door een servomotor. Ook zijn er nieuwe meterplaatjes ontworpen met een passende schaalverdeling. Zie figuur 12.

Op de nieuwe meterplaten is de gemeten waarde ook uitgeschreven in begrijpelijke taal. Zo is 'kilogram per kubieke decimeter' beschreven als 'luchtvoorraad'. Daarnaast is op elke meterplaat het MBS-logo geprint. Fabrikanten printen hun logo's op meters om te laten zien wat de herkomst is van de meter. Het MBS-logo laat zien dat dit werk speciaal voor het museum is gedaan.



Figuur 11 Solidworksmodel van het dashboard. De bovenplaat is laser gesneden, het frame gelast.



Figuur 12 Meterplaatjes voor het dashboard, gemaakt in Adobe Illustrator.

3.3 ELEKTRONICA

3.3.1 INLEIDING

Om het spel interactief te maken moet er interactie zijn tussen de speler en de beelden op het scherm. De speler doet een handeling en krijgt feedback in de vorm van video en audio.

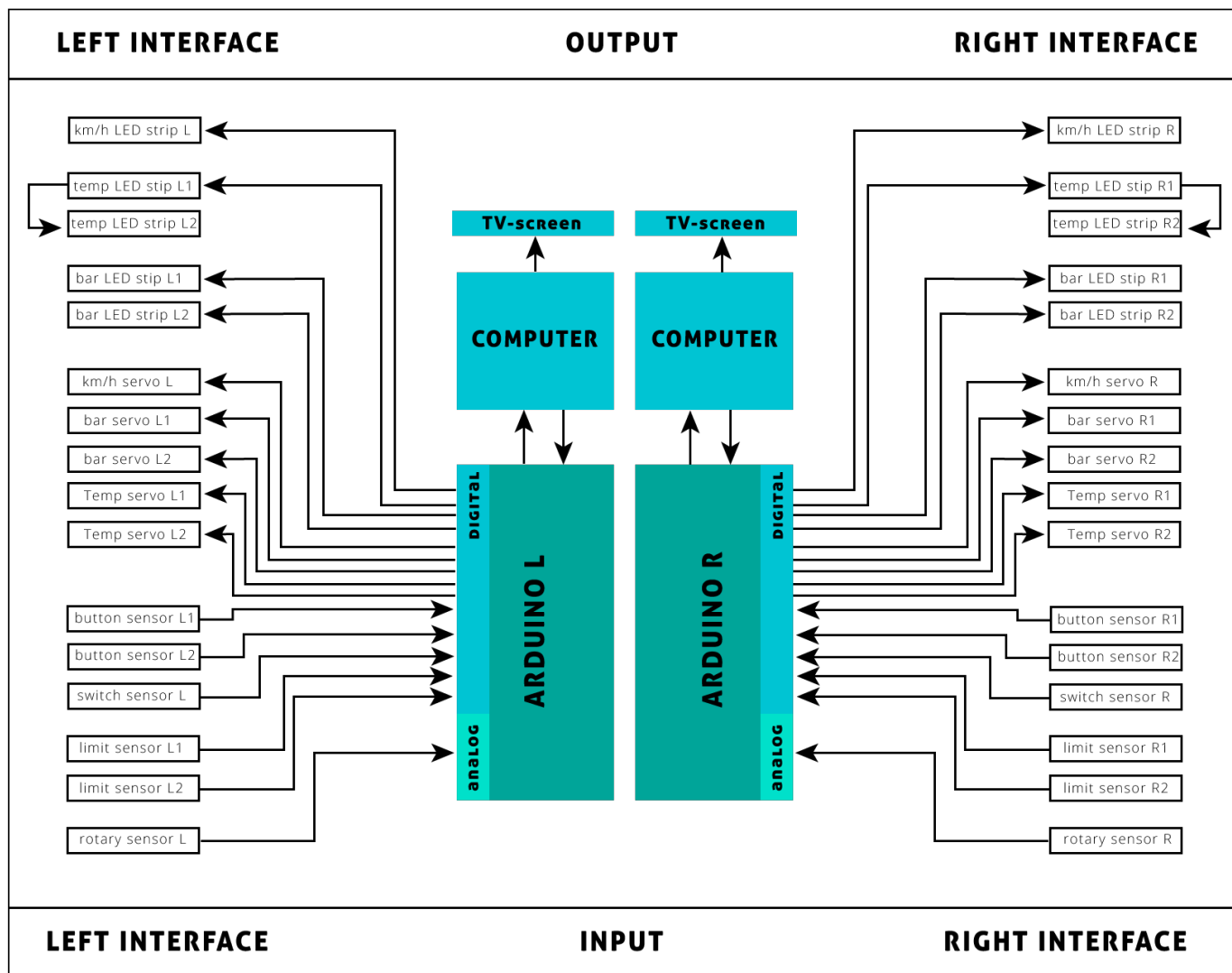
Het totale aantal handelingen die nodig zijn om de trein te besturen is terug gebracht tot vier handelingen. Hierbij is dus een aantal mechanismes van de trein weggelaten. Voor de mechanismes die wel gebruikt worden zijn elektronische sensoren geplaatst om de mechanische handeling te vertalen naar een digitaal signaal.

3.3.2 INPUT/OUTPUT DIAGRAM

Het input/output diagram, op de volgende pagina, geeft een overzicht van alle elektronische componenten. De linker en rechter kant van de trein zijn twee losse systemen en van elk onderdeel zijn er twee stuks. Eén voor de linker kant en één voor de rechter kant. De richting van de pijl geeft de stroom van informatie weer.

Zoals in figuur 13 is te zien gaat de communicatie tussen de sensoren en de computer via een Arduino. Er is gekozen voor het gebruik van Arduino technologie omdat Arduino makkelijk te programmeren is en omdat er veel referentiemateriaal bestaat voor de Arduino in de vorm van open source projecten.

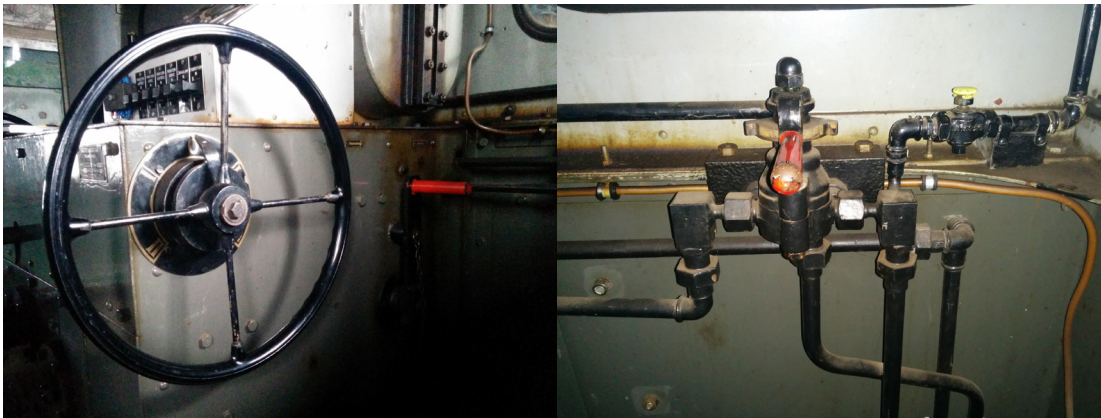
Op de Arduino draait de standaard Firmata library. Dit is een communicatieprotocol dat het mogelijk maakt om de Arduino met een ander programma aan te sturen. Het programma dat de Arduino aanstuurt is Unity. In het volgende hoofdstuk zal dieper ingegaan worden op de communicatie tussen Unity en de Arduino.



Figuur 13 Input/output diagram. Onderin staan de input componenten weergegeven met een pijl naar de Arduino toe. Bovenin staan de output componenten met een pijl van de Arduino af.

3.3.3 INPUT ELEMENTEN

Voor de versnelling en de rem zal de originele mechanisme gebruikt worden. In figuur 14 is links het versnellingswiel te zien. Aan beide kanten van het motorblok zit een wiel, deze zijn verbonden met een enkele as door het motorblok heen. Aan de linkerkant van de trein is het wiel losgehaald van de as zodat het vrij kan roteren zonder dat het rechter wiel meedraait. Voor de rem, rechts in figuur 14, is de verbinding tussen de linker en rechterkant doorgezaagd en verwijderd. Beide hendels zijn nu los van elkaar te bewegen, zodat de simulatie aan beide kanten van de trein afzonderlijk van elkaar gespeeld kan worden.



Figuur 14

Links: het versnellingswiel aan het motorblok bevestigd.

Rechts: de rem en de toeter. De hendel van de rem is rood. het knopje van de toeter geel.

Versnellingswiel

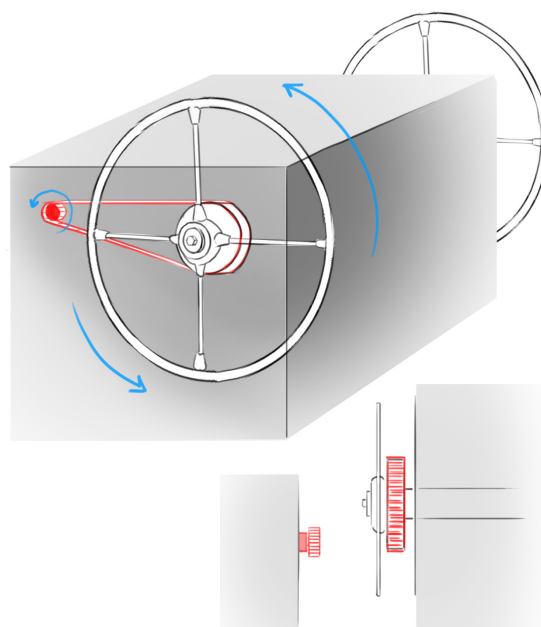
Het versnellingswiel is gefixeerd met een metalen pin. Het wiel kan ongeveer 110° naar voren draaien en 110° naar achteren. De maximale uitwijking is aangegeven met Romeinse cijfers (zie figuur []). In het spel is de snelheid van de trein berekend over de positieve draaiing van het wiel. 0° is gelijk aan 0 km/uur en $+110^\circ$ is gelijk aan 45km/uur.

Er is geëxperimenteerd met verschillende rotatiesensoren voor het versnellingswiel. Grofweg zijn er drie soorten sensoren die de rotatie kunnen meten. Optische rotatie-encoders, magnetische rotatiesensoren

en rotatiesensoren die weestand gebruiken zoals potmeters. Magnetische sensoren, zoals in fietscomputers wordt gebruikt, zijn geen optie voor dit project omdat het wiel geen 360° draait en er te veel metaal in de omgeving is. Een optische sensor zou goed kunnen maar is wel gevoelig voor verstoring omdat de sensor geen absolute begin- en eindpunt meet. Als de sensor geen contact heeft of het beeld wordt verstoord zijn de metingen niet meer betrouwbaar. Als laatste is er de mogelijkheid van de weerstandsensor. In tegenstelling tot de optische sensor heeft een weerstandsensor wel een vast referentiepunt. De sensor is dus minder gevoelig voor verstoringen. Het nadeel van deze sensor is dat er een overbrenging gemaakt moet worden om de rotatie van het wiel te meten.

Toch wegen de voordelen van de weestandensor wel op tegen de nadelen. Een belangrijke eis van dit project is dat de simulatie zonder toezicht kan worden gebruikt. Om te voorkomen dat de simulatie kapot gaat doordat de sensoren verkeerde waardes uitlezen is er gekozen voor de meest robuuste oplossing. De gebruikte sensor is een rotatiesensor uit de RS53 familie van de fabrikant Parker. Deze sensoren zijn schokbestendig en hebben een lange levensduur. De datasheet van de sensor staat in de bijlage E.

In figuur 15 is te zien hoe de overbrenging tussen het wiel en de sensor gerealiseerd kan worden. Tussen de lager, waar de band omheen zit, en het wiel wordt een kap geplaatst die voorkomt dat kinderen met hun vingers knel kunnen komen te zitten.

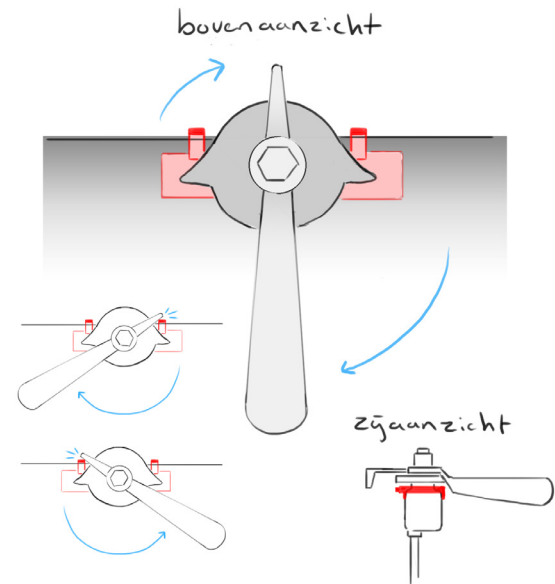


Figuur 15 Schets van de overbrenging tussen het wiel en de sensor.

Rem

De rem heeft een hendel die 180° kan draaien. De neutrale positie van de rem is in het midden van de draaicirkel zoals te zien in figuur 16. Door de rem vanaf de neutrale positie langzaam naar links te draaien ontsnapt er geleidelijk meer lucht waardoor de trein rustig tot stilstand komt. Door de hendel van de rem in één beweging naar links te draaien, kom je abrupt tot stilstand. De nuance is weggelaten in het spel omdat kinderen intuïtief aan de hendel draaien tot deze niet verder kan. Om die reden zijn de sensoren voor de rem ook minder complex dan voor het versnellingswiel.

Er zijn twee druksensoren geplaatst die de uiterste uitwijking van de rem meten. Kinderen moeten de rem helemaal naar links bewegen om te remmen en helemaal naar rechts om de luchtsluis weer te sluiten. Zie figuur 16.



Figuur 16 Schets van de druksensoren en de rem.

Toeter

De toeter is ook te zien in figuur 14. Het gele knopje rechts van de rem. De toeter laat een beetje lucht ontsnappen door een fluitvormige buis, wat zorgt voor het karakteristieke geluid van een treintoeter. Voor het spel is er een elektrische drukknop geplaatst naast het raam van de Harculo aan beide kanten van de simulatie.

Dashboard

Op het dashboard zitten de startknop en taalschakelaar. Deze knoppen hebben alleen een functie in het spel. De startknop start het spel en reset het spel als dat nodig is. De taalschakelaar bepaalt of de tekst in het spel in het Nederlands of in het Duits weergegeven wordt.

3.3.4 OUTPUT ELEMENTEN

De output elementen zijn de servomotors op het dashboard, de speakers en het tv-scherf. De tv's en speakers zijn direct op de computer aangesloten. De servomotors worden aangestuurd door de Arduino.

Tv-schermen

De voorruit van de Harculo zijn 50 cm breed en 65 cm hoog. Tv-schermen van die grootte komen alleen in breedbeeldverhoudingen zoals 16:9. Daarom is er gekozen een 40 inch scherm verticaal tegen de ruit aan te plaatsen.

Speaker

De speaker worden bovenin de hoek van de trein gemonteerd. Alleen de versie van het spel voor oudere kinderen heeft geluid, zodat er niet twee audiobestanden door elkaar spelen.

Servomotoren

Zoals in het vorige hoofdstuk beschreven zijn er 5 dashboard meters per interface. De servomotors kunnen maximaal 180 ° draaien. In de bijlage staat de datasheet van de servomotor.

LED's

In de input/output diagram in figuur 13 is te zien dat er in het concept van de simulatie ook verlichting in het dashboard zit. Voor de verlichting zijn programmeerbare LED-strips aangeschaft. Het bleek echter dat de

In de praktijk betekent dit dat het niet mogelijk is om in serie geschakelde LED's aan te sluiten op een Arduino waar ook een servomotor op aangesloten is. Het vinden van een generieke oplossing voor het combineren van libraries echter wel een onderwerp waar veel Arduino-programmeurs aan werken. De kans dat het binnen 2 à 3 jaar wel mogelijk is om LED's met servomotors te combineren is vrij groot. Voor nu is de verlichting in het dashboard weggelaten.

Het aantal ampère dat een servomotor nodig heeft wordt meestal niet gespecificeerd omdat het afhankelijk is van de last die de motor moet bewegen. Er is wel een vuistregel: voor een microservo kan er veilig gerekend worden met 500 milliampère per servomotor. Voor de Hirculo betekent dat dus dat de voeding minstens $5 * 500 = 2,500 = 2,5 \text{ A}$ moet leveren.

Figuur 17 *Schema van de bedrading en stroomtoevoer van het elektrische circuit.*

De rotatie-encoder en drukknoppen krijgen hun stroom via de Arduino. Deze hebben zo weinig stroom nodig dat er geen gevaar is dat ze de usbpoort beschadigen. Tussen de contactknopjes en de aarde is een pull-down weestand geplaatst om de draad te ontladen. Dit voorkomt het ontstaan van ruis-signalen die door de Arduino gelezen kunnen worden als hoog signaal.

3.4 HET SPEL

3.4.1 INLEIDING

Er zijn twee versies van het spel. De complete versie voor oudere kinderen en een 'kale' versie voor jongere kinderen. Het verschil met de complete versie is dat events in de kale versie zich als een film afspelen als de speler geen input aan het spel geeft. De kale versie is visueel bijna hetzelfde als de complete versie. Het enige verschil is dat er in de kale versie geen tijdbalk zit. In dit hoofdstuk wordt als het over 'het spel' gaat de complete versie aangeduid.

3.4.2 PLAY-THROUGH

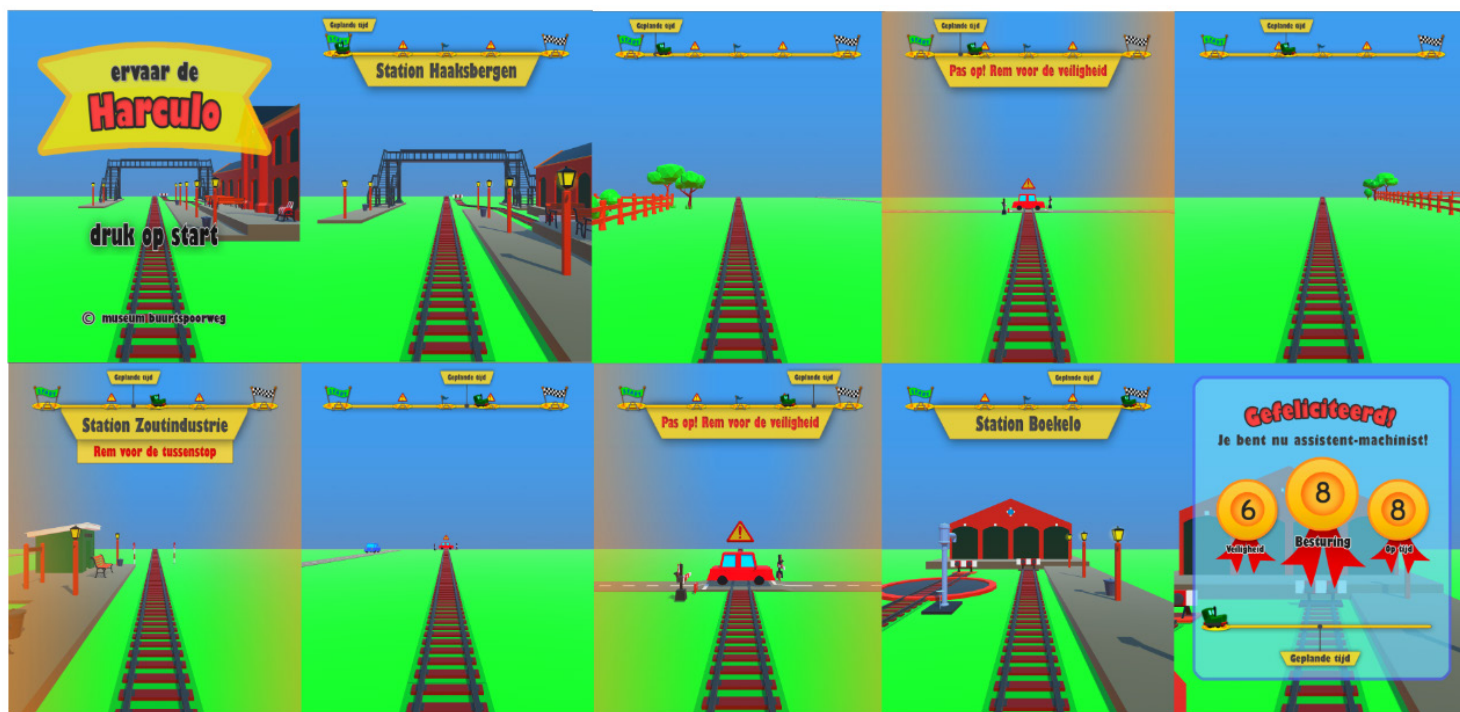
De play-through van het spel is een beschrijving van alle handelingen die de speler moet doen om van het begin tot het eind van het spel te komen. Op pagina 41 staan fotos van de play-through in chronologische volgorde. Dit zijn de beelden zoals de speler ze ziet.

De speler begint in het startscherm met de tekst 'druk op start'. Op het moment dat de speler de startknop indrukt op het dashboard verdwijnt de tekst. De speler kan nu aan het versnellingswiel draaien om de trein in beweging te brengen. Zodra de trein gaat rijden gaat ook het icoontje van de trein op de tijdbalk bovenin bewegen. Op de tijdbalk staan spoorwegovergangen aangegeven met een gevarendriehoekje en het tussenstation Zoutindustrie met een vlaggetje. Als de speler een spoorwegovergang of station nadert licht het scherm oranje op om de speler te waarschuwen dat er een handeling moet worden uitgevoerd.

Bij de eerste spoorwegovergang staat een auto op het spoor. De speler moet remmen voor de auto. Als de speler remt rijdt de auto weg en kan de speler doorrijden nadat hij de rem ontgrendeld heeft. Als de speler niet remt rijdt de auto weg vlak voordat deze aangereden zou worden.

Halverwege het traject komt de speler bij station Zoutindustrie. De speler moet remmen voor het station om passagiers in te laten stappen. Als de speler niet stopt heeft dat effect op de veiligheidsscore en de rijvaardigheid.

Na het station komt de speler nog een spoorwegovergang tegen waar weer een auto staat. Ook hier kan de speler stoppen om de auto weg te laten rijden of doorrijden ten koste van zijn score.



Figuur 18 Screenshots van het spel.

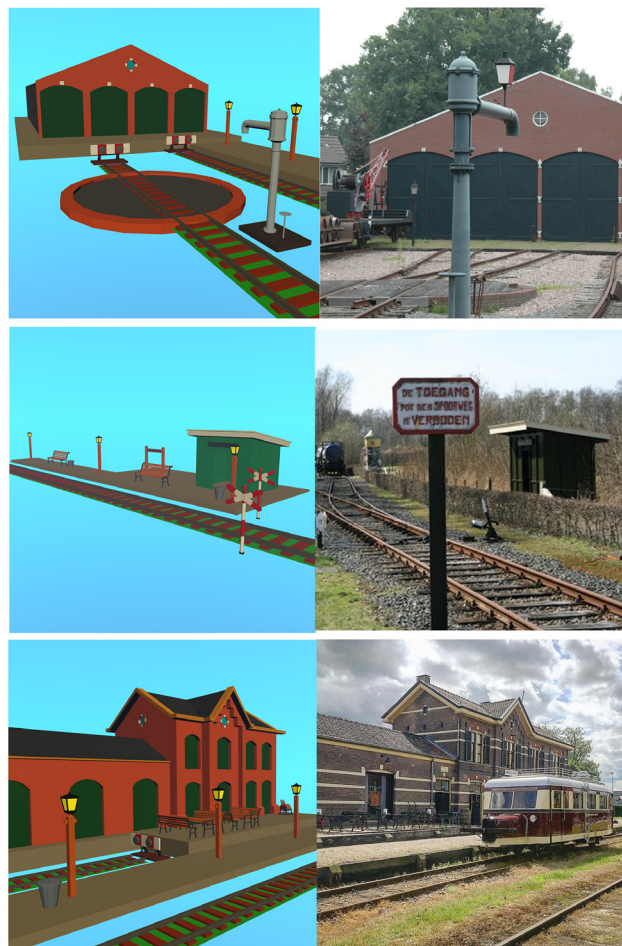
Naast deze drie momenten waarop de speler moet stoppen, is er ook nog de mogelijkheid dat de motor oververhit raakt. Dit gebeurt als de speler voor een langere tijd harder dan 35 km/uur rijdt. Als de motor oververhit is moet de speler ook remmen om de motor af te laten koelen.

Tot slot rijdt de speler het eindstation Boekelo binnen. Hier stopt de trein automatisch aan het eind van het spoor. Waarna de speler het eindscherm te zien krijgt met de tekst: 'Gefeliciteerd! Je bent nu assistent-machinist'. Daaronder staan de cijfers die de speler heeft gehaald voor veiligheid, besturing en op tijd zijn.

3.4.3 OMGEVING

De omgeving in het spel is een geabstraheerde weergave van de spoorlijn tussen Haaksbergen en Boekelo. De gebouwen in het spel zijn redelijk waarheidsgetrouw gemodelleerd naar de daadwerkelijke stationsgebouwen. Voor de omgeving tussen de stations in is gekozen voor een vrijere interpretatie van de ruimte. Zo rij je in werkelijkheid nog een stuk door Haaksbergen zelf, maar in het spel rij je na het station te verlaten direct door de weilanden. In de weilanden zijn schapen en koeien geplaatst en naast het spoor staan bomen en rijden auto's.

Alle modellen in het spel zijn speciaal voor het Museum gemaakt. De modellen zijn in Blender gemodelleerd en als prefabs naar Unity geëxporteerd. De complete lijst met modellen staat in bijlage.



Figuur 19 Links de modellen, rechts fotos van het station.

In figuur 19 is te zien in hoeverre de modellen lijken op het daadwerkelijke station. Er is gekozen om de modellen in vlakken te kleuren en te belichten met standaard Unity shaders. Dit is een snelle en efficiënte manier van modellen afwerken en heeft een mooi laag detailniveau. Te veel details is niet wenselijk in een kinderspel. Hoog contrast en eenvoudige vormen spreekt kinderen meer aan.

3.4.4 USERINTERFACE EN SCORE

De userinterface van het spel bevat alle geschreven informatie voor de speler. Tijdens het spelen krijgt de speler aanwijzingen en feedback. Daarnaast heeft de speler een grafische tijdbalk, zie figuur [], waarop de belangrijke punten in het spel zijn aangegeven. In figuur [] is de feedback te zien die de speler krijgt tijdens het rijden. Afhankelijk van de acties die de speler onderneemt krijgt de speler positieve of negatieve feedback. Tijdens het spel worden de punten niet bijgehouden, deze krijgt de speler pas aan het eind te zien.

De score is verdeeld in 3 categorieën: veiligheid, besturing en op tijd aankomen. Er is gekozen voor deze manier van score verwerken omdat het de associatie wekt met criteria waar de speler aan voldaan heeft voor het halen van zijn diploma. De cijfers worden los van elkaar berekend.



Figuur 20 Informatieborden die de speler te zien krijgt in het spel.

Veiligheid

De veiligheidsscore wordt berekend door het aantal keren dat de speler remt voor de overweg en tussenstation. Voor elke keer dat de speler remt bij een game-event krijgt de speler 2 punten. De speler begint met 6 punten zodat de score nooit lager dan een 6 kan zijn.

Besturing

De rijvaardigheidsscore is iets complexer. Deze is afhankelijk van wanneer de speler remt en of de speler te hard rijdt. Als de speler te ver voor of voorbij het perron remt krijgt de speler een aftrekpunt voor rijvaardigheid. Als de speler te hard rijdt maar de motor niet laat oververhitten verliest de speler een halve punt en een hele punt extra als de motor wel oververhit raakt. Dit betekent dat de score voor rijvaardigheid negatief kan worden. Om dit te voorkomen is er een threshold ingebouwd die ervoor zorgt dat de speler minimaal een 5 haalt.

Op tijd

De score voor op tijd aankomen wordt aan het eind berekend door de tijd van de speler te vergelijken met de geplande tijd. De geplande tijd is de tijd die nodig is om van het startpunt naar het eindpunt te komen als je vast 30 km/uur rijdt en voor alle overgangen en het tussenstation stopt. De speler krijgt aftrekpunten voor afwijken van de geplande tijd. Dit betekent dat zowel te vroeg aankomen als te laat minpunten geeft. Het maximale aantal minpunten dat de speler kan krijgen is een 4. De minimale score is dus een 6.

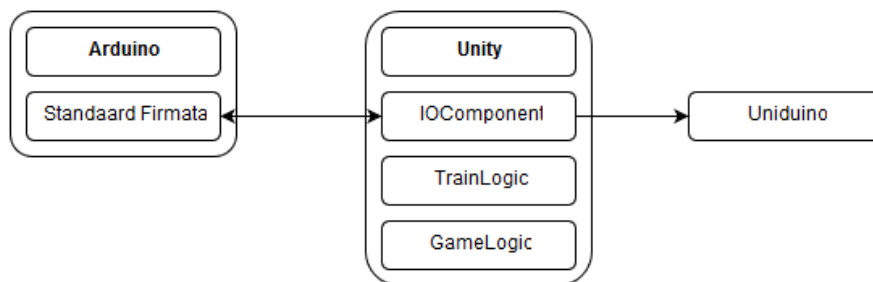


Figuur 21 De tijdbalk. Het trein-icoontje representeert de speler. Het bordje 'Geplande tijd' representeert de tijd die de speler moet aanhouden

3.4.5 SOFTWARE

Voor het spel is gebruik gemaakt van de Unity game engine. Er is voor Unity gekozen omdat het een gevestigde engine is die alle low-level vereisten afhandelt en tegelijkertijd een overzichtelijke visuele editor meelevert. Zoals eerder vermeld wordt de hardware aangestuurd door een Arduino, die de standaard firmata draait. Figuur 22 geeft een overzicht van de software-architectuur. De gehele code is openbaar.

Figuur 22 *Software-architectuur.*



De communicatie tussen Arduino en Unity

De communicatie tussen Unity en de Arduino is één van de meest tijdrovende punten geweest. Om een vloeiende spelervaring aan te bieden is een snelle communicatie nodig. In het begin zijn pogingen gedaan om een eigen protocol te ontwerpen. Onder andere om de LED's en servomotors tegelijkertijd aan te kunnen sluiten. Echter was dit protocol niet efficiënt genoeg voor vloeiende communicatie. Omdat het tijdsbestek van dit project beperkt was, is besloten als alternatief het standaard firmata protocol te gebruiken. Firmata maakt het mogelijk om analoog en digitaal te lezen en schrijven naar de verschillende pinnen van de Arduino. Omdat Unity een grote community heeft bestaan er vele plug-ins. Zo is er ook één voor communicatie met de standaard firmata: Uniduino. IOComponent is de laag tussen Uniduino en de standaard firmata. Hier worden alle pinnen in de juiste modus gezet en wordt het specifieke lezen en schrijven naar de juiste pinnen mogelijk gemaakt.

Unity componenten

Unity is een zogenaamd entity-component systeem. In tegenstelling tot het bekende object-georiënteerde model heeft een object niet bepaalde properties en functies, maar wordt een object gevormd door componenten. Omdat het spel relatief simpel is, is gekozen om de architectuur binnen Unity ook zo eenvoudig mogelijk te houden. In de praktijk komt dit neer op één object dat alle logica bevat, opgedeeld in verschillende componenten, het zogenaamde gamemanager-object. Dit object bevat IOComponent, GameLogic en TrainLogic.

IOComponent

Zoals eerder vermeld is IOComponent de laag tussen Uniduino en de standaard firmata. Op zichzelf bevat deze component weinig logica. Zoals de naam doet vermoeden fungeert het alleen als input en output. Wat input betreft slaat het enkel elk frame alle benodigde waarden op. De benodigde waarden zijn: de stand van het wiel, de rem knop, startknop en toeter. Output bevat wat logica, om de correcte stand van de servo te berekenen. IOComponent berekent elk frame op basis van de waarden in Trainlogic de stand van de servo's van de luchtdruk, remkracht, temperatuur en snelheid.

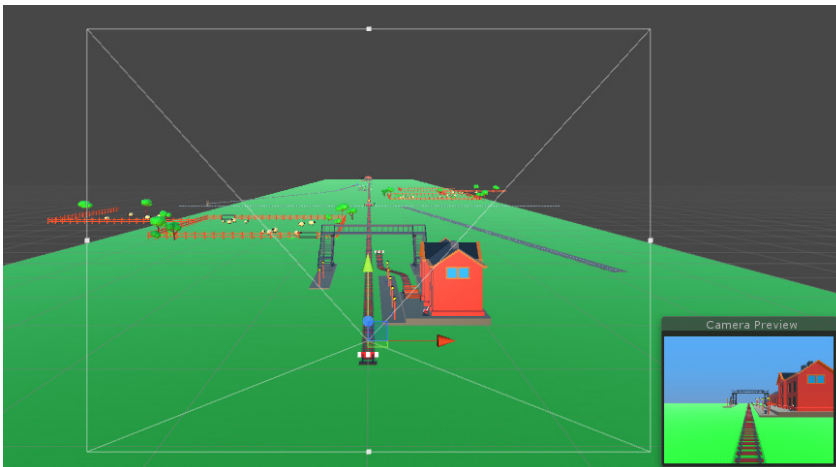
Trainlogic

Om een authentieke speelervaring te creëren is een semirealistische trein nodig. TrainLogic behandelt dit aspect. TrainLogic heeft kennis van de waarden van IOComponent en berekent op basis van de input-waarden realistische waarden voor: temperatuur, snelheid, luchtdruk en remkracht. Wanneer de temperatuur te hoog wordt, zal de trein oververhitten waarna niet sneller dan een bepaalde snelheid gereden kan worden. Remmen is dan vereist om het systeem te herstellen. De trein accelereert vrij sloom tot een bepaalde snelheid, waarna eenvoudiger snelheid gemaakt kan worden. De technische details kunnen nagelezen worden in de code.

GameLogic

Bovengenoemde componenten vormen de basis voor het systeem, maar in het spel is er nog niets zichtbaar. GameLogic verbindt alle aspecten met het spel. Ten eerste reageert het op input waarden van IOComponent om het spel opnieuw op te starten, of om van taal te wisselen. Ten tweede vertaalt het de waarden van TrainLogic in het daadwerkelijke spel.

In Unity is een scene gebouwd, waarin alle 3D modellen geplaatst zijn. Dit is het traject zoals beschreven in de play-through. Op basis van de snelheid van de trein in TrainLogic transleert de camera met een bepaalde snelheid over het treinspoor. Op basis van de positie van de camera worden bepaalde checks en acties uitgevoerd. Hiervoor is een eenvoudig actiesysteem ontworpen. Deze werkt door middel van een HashTable voor acties. Elke actie, of functie die afhankelijk van een positie op het spoor uitgevoerd moet worden wordt opgeslagen in de HashTable met de naam van de functie, en de float positie van de camera wanneer de actie uitgevoerd moet worden. Het actiesysteem houdt een counter bij, die door een array van de volgorde van acties heenloopt. Op basis van de actienaam, wordt de huidige positie van de camera vergeleken met de positie die geassocieerd is met de actienaam. Zodra de positie is bereikt wordt de actie uitgevoerd. Voorbeelden van acties zijn: het laten zien van alle stationborden, het weergeven van de gevaarmeldingen en het afhandelen van de gevaren (het weggijden van de auto's).



Figuur 23

*De scene in Unity.
Het witte vierkant
laat het perspec-
tief van de camera
zien.*

*rechtsonderin is
de scene te zien
zoals deze gefilmt
wordt door de
camera.*

3.5 CONCLUSIE

In deze fase is verder gebouwd op de analyse en conceptfase. De ideeën zijn concreet gemaakt en de componenten zijn aangeschaft. Per component zijn er afwegingen gemaakt ten aanzien van kosten, duurzaamheid en uitvoerbaarheid. Waarbij er telkens een terugkoppeling gemaakt wordt naar de simulatie in totaal zodat de samenwerking tussen componenten goed verloopt.

In deze fase is ook de spelmechaniek concreet gemaakt. Het is een relatief simpel spel geworden maar wel compleet. De speler heeft een duidelijk doel en krijgt een score bepaald door meerdere criteria. De stijl van het spel is gebaseerd op simpele geometrische vormen en felle kleuren maar met genoeg detail om de stationsomgeving te herkennen. In het volgende hoofdstuk zal de gebruikstest worden besproken waarmee beoordeeld wordt of het spel goed aansluit bij de doelgroep.

HOOFDSTUK 4

INLEIDING

GEBRUIKSTEST

AANPASSINGEN

ONDERHOUD

AANBEVELINGEN

CONCLUSIE

EVALUATIE



4.1 INLEIDING

Om de simulatie te evalueren is er een gebruikstest gedaan met bezoekers van het MBS. In dit hoofdstuk wordt de opzet van gebruikstest, de resultaten en de aanpassingen aan de simulatie besproken. In dit hoofdstuk wordt ook besproken hoe de museumattractie onderhouden kan worden na afloop van de bachelor opdracht. Tot slot worden er nog aanbevelingen gedaan en mogelijkheden besproken voor het museum om dit project uit te breiden.

De centrale doelstelling van de gebruikstest was niet om de aansluiting op de vaardigheden van de doelgroep te testen. Daar is deze test te klein en onnauwkeurig voor. Bovendien was de simulatie op dat moment nog niet aangesloten op het dashboard. De nadruk van de test lag daarom op het vinden van grove fouten in de simulatie en het peilen van de opinie van de gebruiker. Belangrijke vragen zijn: Is het leuk en uitdagend voor de gebruiker? En zijn er dingen onduidelijk voor de gebruiker?

4.2 GEBRUIKSTEST

4.2.1 INLEIDING

De Gebruikstest is uitgevoerd in de stationsrestauratie in Haaksbergen. Bezoekers met kinderen die tussen 13:00 en 15:00 uur binnen kwamen is gevraagd of ze mee wilden doen aan het onderzoek. Dit heeft gezorgd voor een gevarieerde samplegroep van 13 kinderen tussen de leeftijd van 2 en 14 jaar. Zeven van de dertien kinderen vallen in de beoogde leeftijdscategorie. Het doorlopen van de test en beantwoorden van de vragen duurde ongeveer 10 minuten per persoon.

Enkele aandachtspunten voor het observeren waren:

- Of een kind verschillende snelheden probeert te rijden.

- Of een kind op maximale snelheid gaat rijden.
- Of een kind snapt waarom het moet remmen.
- Of een kind expres auto's probeert aan te rijden.
- Of een kind omgevingselementen ziet (weiland met schapen, bomen, ect.).
- Of een kind de tijdbalk ziet.
- Of een kind de cijfers snapt in het eindscherm.
- Of een kind een verveelde/afwezige indruk maakt (of juist het tegenovergestelde).

4.2.2 TESTOPZET

De speler zit aan een tafel voor het computerscherm. Rechts van de speler ligt een muis die de speler kan gebruiken om de knoppen en het schuifbalkje te bewegen. Voor dat de speler begint wordt er een korte uitleg gegeven over het gebruik van het debug-paneel. Met de muis wordt het kind aangewezen waar de rem knop zit en de 'rem-los-knop'. Vervolgens wordt het schuifje waarmee je de snelheid bepaalt aangewezen maar niet aangeklikt. De eerste vraag aan de speler is om zelf de snelheid te bepalen. Zodra de speler zelf het schuifje heeft aangeklikt begint de test.

Figuur 24 Links: de testopstelling. Rechts: het debug-paneel.



Elk kind speelt het volledige parcours uit met twee overwegen en één tussenstation. Het aantal vaste stopmomenten wordt bijgehouden (hier kan een kind maximaal 3 fouten maken), zowel als het aantal keren dat er gestopt moet worden omdat de motor oververhit is (dit kan in de praktijk ongeveer 8 keer gebeuren). Verder wordt bijgehouden of een kind hoge of lage snelheid kiest en of het kind varieert met de snelheid. Hiervoor zijn 6 categorieën: laag constant, laag gevarieerd, hoog constant, hoog gevarieerd, te hoog constant en te hoog gevarieerd. Waarbij onder laag 0-15 wordt gerekend, hoog 15-35 en te hoog boven de 35. Tot slot zijn er observaties genoteerd en opmerkingen die kinderen zelf maken. Aan het einde van de test is elk kind gevraagd of ze het moeilijk vonden en of ze het nog een keer zouden willen spelen.

Alle kinderen hebben de vraag gekregen of ze nog een keer willen spelen. Echter niet alle kinderen die die vraag met ja hebben beantwoord hebben twee keer kunnen spelen vanwege de drukte. Als een kind wel twee keer heeft kunnen spelen staat de tweede score vermeld onder de eerste score. Kinderen die twee keer hebben gespeeld hebben niet twee keer uitleg gekregen.

Het café in Haaksbergen is een open ruimte. Bij veel kinderen waren er ouders aanwezig die aanwijzingen gaven of broertjes/zusjes die daarna zelf speelden en dus beter inzicht hadden. Als dit het geval was staat dat genoteerd in de observaties.

4.2.3 RESULTATEN

Het volledige overzicht van de observaties per kind staat in de bijlage. In de tabel in figuur 25 staat een samenvatting van de resultaten per leeftijdscategorie. Het aantal fouten dat gemaakt is zegt uiteindelijk niet veel over hoe leuk kinderen het spel vinden, hiervoor zijn de observaties veel belangrijker geweest. In de volgende alinea is geprobeerd de observaties samen te vatten en verbanden te leggen.

	Overweg	Tussenstop	Oververhitten	Snelheid	Wil nog een keer	Vond het moeilijk
Jonger dan 4	-	-	-	Hoog constant	66 %	-
Tussen 4 en 10	5	3	3	Hoog gevarieerd	83 %	50 %
Ouder dan 10	4	0	2	Hoog gevarieerd	66 %	33 %

Figuur 25 Resultaten van de gebruikstest.

Voor kinderen jonger dan 4 is de simulatie als een filmpje afgespeeld. Het aantal fouten dat er gemaakt is en de controlevraag “vond je het moeilijk?” zijn hierbij niet van toepassing, omdat het kind niet zelf de controles heeft bediend. De snelheid is ook van tevoren bepaald en is dus niet relevant.

Wel is er gevraagd of de kinderen het filmpje nog een keer wilden zien, waarop 2 van de 3 ja antwoorden. Verder is er gekeken naar de alertheid en het opmerkingsvermogen van de jonge kinderen. Zo is gebleken dat het bijna aanrijden van de auto grappig wordt gevonden en hun aandacht vasthoudt. Ook hebben de kinderen al door dat ze naar treinbeelden kijken.

In de leeftijdscategorie 4 tot 10 was duidelijk verschil te zien tussen de kinderen jonger dan zeven en ouder dan zeven. De jongere kinderen gaven alle drie aan dat ze het moeilijk vonden. Desalniettemin wilden twee van de drie nog een keer spelen. Bij de oudere kinderen vond niemand het moeilijk. Er is echter geen sluitend verband tussen het aantal fouten dat ze maken en de controlevraag. Kinderen die veel fouten maakten gaven niet per se aan het moeilijk te vinden. De meest voorkomende fout die de kinderen gemaakt hebben is niet remmen voor de eerste overweg. Hierna remmen ze vaak wel voor ander gevaar.

Er lijkt geen sterk verband te zitten tussen hoe oud de kinderen zijn en hoe snel of gevarieerd ze rijden. Sommige kinderen rijden gewoon voorzichtiger dan andere kinderen. Wel valt op dat een aantal oudere kinderen de snelheid naar 0 brengen in plaats van te remmen. Hiervoor is een bepaald besef nodig dat snelheid minderen hetzelfde is als remmen. Het feit dat dit speltechnisch niet hetzelfde resultaat geeft, is dan ook frustrerend voor die kinderen.

Een andere 'fout' die een aantal kinderen gemaakt hebben is remmen voor het eindstation. Door te remmen krijgen ze het eindscherm niet te zien. Omdat ze voor het tussenstation moesten remmen is het logisch dat ze ook voor het eindstation remmen.

De spelbeheersing van kinderen in de categorie ouder dan 10 verschilt niet veel van die van de acht- en negenjarige kinderen. Wel zit er een duidelijk verschil in hoe ze gebruik maken van de informatie in het spel. Ze lezen meer tekst en anticiperen beter. Dit zie je doordat ze niet alleen reageren op een situatie maar ook proberen het spelmechaniek te snappen. Ook in deze categorie probeerde een jongen te remmen door de snelheid naar 0 te brengen.

Kinderen in alle leeftijdscategorieën reageerde op de score. Met name kinderen waarvan een broertje of zusje ook speelde om dan met elkaar te vergelijken. Ook kinderen die twee keer gespeeld hebben om te kunnen zien of ze hun positie verbeterd hadden. Dat de cijfers altijd hoog zijn lijken de kinderen niet op te merken of niet erg te vinden.

4.2.4 CONCLUSIE

Samengevat: hoewel niet alle kinderen UI-informatie en spelmechanisme begrijpen, lijkt het erop dat het spel uitdagend genoeg is voor de doelgroep. Kinderen jonger dan de doelgroep kunnen het niet spelen, maar reageren wel op de beelden.

Voor oudere kinderen dan de doelgroep is het spel gewoon makkelijker. Ouders helpen graag hun kinderen door UI-informatie voor te lezen en instructies te geven.

Naar aanleiding van de gebruikstest zijn twee problemen gevonden waar veel kinderen tegenaan liepen. Om deze problemen te voorkomen zijn er een aantal veranderingen gemaakt in de mechaniek van het spel. Deze veranderingen worden in het volgende hoofdstuk beschreven.

4.3 AANPASSINGEN

4.3.1 INLEIDING

De resultaten van de gebruikstest zijn gebruikt om het spel te verbeteren. In dit hoofdstuk wordt besproken welke veranderingen er wel en niet gemaakt zijn naar aanleiding van de gebruikerstest.

4.3.2 USERINTERFACE

Bij het observeren is ook gelet op hoe kinderen reageren op informatie in het spel, zoals de tijdbalk en de score die ze aan het eind krijgen. Uit de resultaten blijkt dat kinderen leuk reageren op hun cijfer. Dit verbinden ze aan hun prestatie. De tekst eromheen wordt niet door kinderen gelezen. Wel door ouders die het voorlezen aan hun kinderen. Ouders letten ook beter op de UI-elementen tijdens het spelen. Ze lezen de stationsnamen en zien de gevarenpunten op de tijdbalk.

De resultaten van de gebruikstest geven geen aanleiding tot het veranderen van de userinterface. Het is niet erg dat kinderen weinig lezen, door de audio en de symbolen snappen ze dat ze positieve of negatieve feedback hebben gekregen. De tekst dient hierbij alleen als ondersteuning. Daarnaast is de betrokkenheid van ouders een leuke bijkomstigheid.

4.3.3 GAMEPLAY

Uit de gebruikstest blijkt dat er een paar onduidelijkheden in de gameplay van het spel zitten die vrij eenvoudig op te lossen zijn. Als eerste zijn er een aantal kinderen geweest die de snelheid naar nul brengen om te remmen. Hierdoor komt de trein wel stil te staan maar wordt de actie 'remmen' niet aangeroepen waardoor het gevaar niet opgeheven wordt. Hier zijn twee oplossingen voor:

1. De trigger voor de actie 'remmen' veranderen van 'de rem wordt ingedrukt' naar 'de rem wordt ingedrukt en/of de snelheid is nul'. Dit zorgt ervoor dat snelheid naar 0 brengen hetzelfde is als remmen en het gevaar doet opheffen.
2. Een ander optie is om een marge in te bouwen voor de minimumsnelheid zodat de trein niet stil komt te staan als het gas losgelaten wordt. In plaats daarvan kan de trein stapvoets rijden als het gas is losgelaten. Om het gevaar op te heffen moet de speler alsnog remmen.

Er is gekozen voor de tweede optie omdat dit natuurlijker aanvoelt. Het gas loslaten in een rijdend voertuig is niet gelijk aan remmen. IJzer op ijzer heeft weinig weerstand dus een trein zal nog redelijk ver doorrollen als hij al in beweging is, in tegenstelling tot wanneer er geremd wordt dan stopt het voertuig vrij abrupt. De tweede optie bootst dit effect beter na dan de eerste optie.

Het tweede waar veel kinderen tegenaan liepen was dat er niet geremd hoeft te worden voor het eindstation. Dit is verwarrend omdat je wel moet stoppen voor station Zoutindustrie. De aanname was dat kinderen alleen zouden stoppen wanneer de knipperlichten en tekst in beeld komen. Maar uit de gebruikstest blijkt dat kinderen minder op de UI letten en meer op de simulatiebeelden. Als ze het station Boekelo binnen rijden remmen ze, ook al is er geen UI-melding die dit aangeeft.

Om dit probleem op te lossen krijgt station Boekelo ook een gevaar melding en op het moment dat er geremd wordt triggered dit de gamestate met het eindscherm. Als een kind toch niet remt in Boekelo zal de gamestate getriggerd worden doordat de trein het einde van het perron bereikt.



Figuur 26

Nieuw bordje voor het station Boekelo.

4.3.1 CONCLUSIE

De aanpassingen beschreven in dit hoofdstuk zijn relatief kleine aanpassingen aan het spel. In hoofdstuk 3.5 wordt beschreven hoe het museum het spel kan uitbreiden als ze meer variatie willen creëren.

4.4 ONDERHOUD

4.4.1 INLEIDING

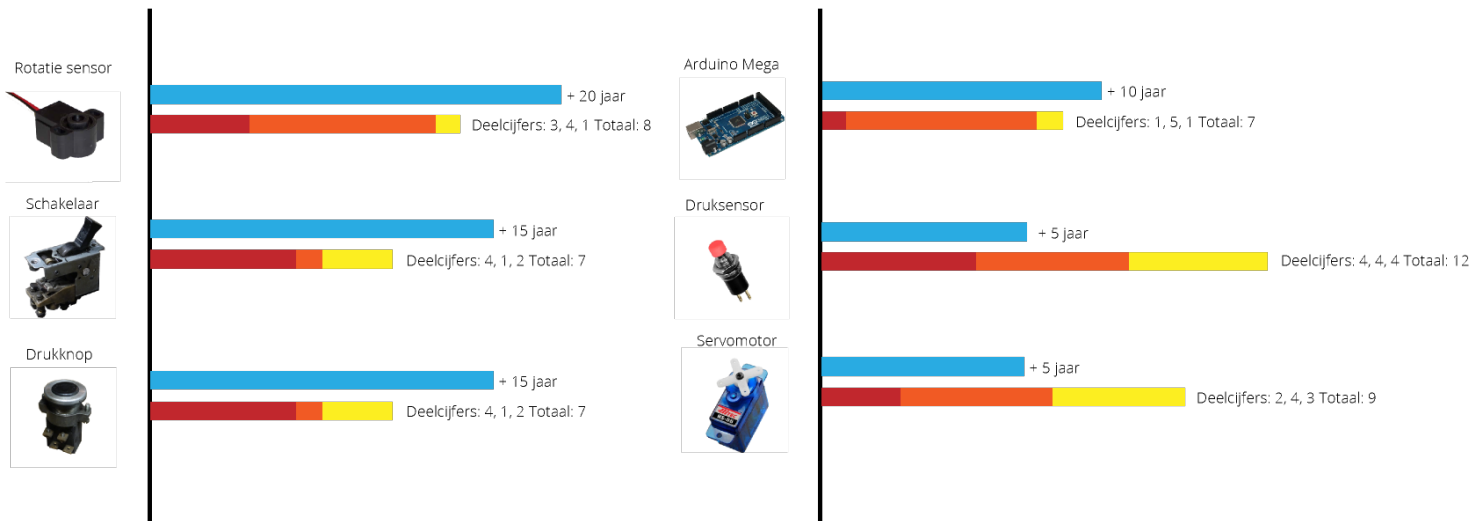
Het is de bedoeling dat de simulatie ook gebruikt kan worden door het museum na de afronding van de bacheloropdracht. Daarbij is het belangrijk dat een medewerker van het museum kennis heeft van het elektronische circuit en een onderdeel kan vervangen als dat nodig is. Een belangrijke bron hiervoor is dit verslag en de bijlage waarin alle datasheets van de onderdelen staan.

4.4.2 LEVENSDUUR

De totale levensduur van de simulatie is erg moeilijk te bepalen, omdat het een samenstelling is van elektronica van verschillende producenten en wisselende kwaliteit. Wel is er gelet op de kwaliteit van bepaalde onderdelen die moeilijk te vervangen zijn, zoals de rotatiesensor. Voor andere onderdelen, zoals de druksensoren, is er gekozen ze te assembleren op een manier dat ze gemakkelijk te vervangen zijn.

Figuur 27 laat de verwachte levensduur in verhouding tot de vervangbaarheid van elk onderdeel zien. Deze getallen zijn gebaseerd op grove schattingen en er is uitgegaan van normaal frequent gebruik. De grafiek geeft geen garantie maar kan wel laten zien waar mogelijke problemen kunnen ontstaan.

De Arduino heeft een gemiddelde levensduur [12], maar het onderdeel kan niet vervangen worden door



■ verwachte levensduur (in jaren) ■ weegfactor vervangbaarheid: hoe makkelijk het onderdeel uit de simulatie te halen is ■ weegfactor vervangbaarheid: of hetzelfde onderdeel nog geproduceerd zal worden na de verstreken tijd ■ weegfactor vervangbaarheid: hoe gemakkelijk het onderdeel vervangen kan worden door een ander onderdeel.

Figuur 27 Verwachte levensduur en vervangbaarheid van de elektronische componenten

een ander onderdeel. De pin-configuratie van de Arduino is vastgelegd in de code van het spel, daarnaast gebruikt het spel de standaard firmata die op de Arduino draait. Een andere microcontroller zou dus niet kunnen communiceren met het spel.

De Arduino zal waarschijnlijk nog wel geproduceerd worden na 10 jaar. Arduino is open source hardware, dit betekent dat ook als Arduino Inc. stopt met de microcontroller te produceren andere bedrijven vrij zijn om de microcontroller te produceren [13]. Echter is het ook moeilijk om een kapote Arduino uit de simulatie te halen door het te vervangen door een andere Arduino. Op de nieuwe Arduino moet ook standaard firmata draaien. Om dit onderdeel te vervangen is wel basale programmeerkennis nodig en enige kennis van Arduino libraries.

De taalschakelaar en startknop zijn industriële schakelaren. De levensduur van een industriële elektronica is aanzienlijk hoger dan dat van hobbyelektronica. Een risico van deze schakelaar is echter dat ze waarschijnlijk niet mee geproduceerd worden als er één kapot gaat. Het MBS heeft nog 2 reserve drukknoppen en 4 schakelaars. Als het nodig is kan het onderdeel ook vervangen worden door een willekeurige andere schakelaar. Hiervoor hoeven geen aanpassingen gedaan te worden aan de code van het spel.

De rotatiesensor is geproduceerd door Parker, een bedrijf dat elektronische systemen ontwerpen voor industriële en medische toepassingen [14]. De sensor is gebouwd voor systemen met een lange levensduur. Mocht de sensor toch vervangen worden, is dit relatief eenvoudig als dezelfde sensor nog geproduceerd wordt. Als de sensor niet meer wordt geproduceerd moeten er aanpassingen gedaan worden aan de software om een nieuwe sensor te kalibreren.

De servomotor en druksensor zijn hobbyelektronica. Het zijn goedkope onderdelen die een kortere levensduur hebben [15] maar wel makkelijk te vervangen zijn door hetzelfde of een vergelijkbaar onderdeel. Voor de servomotor geldt wel dat de meterkast opengemaakt moet worden om de motor te vervangen. De druksensor kan gewoon losgeschroefd worden.

4.4.3 FOUTIEF GEBRUIK

Alle bovenstaande getallen zijn schattingen gebaseerd op correct gebruik van de elektronica. In de praktijk kan foutief gebruik de levensduur van een component natuurlijk sterk beïnvloeden. Een aantal dingen om op te letten: de temperatuur van de elektronica, de bedrading en belasting van de sensoren.

Temperatuur

De levensduur van bijvoorbeeld de Arduino en de computer gaan drastisch achteruit als deze te warm worden. Er zijn luchtgaten in de meterkast gemaakt om te voorkomen dat de elektronica oververhit raakt, maar als de Harculo in de volle zon staat kan de temperatuur alsnog hoog oplopen. Een andere reden waardoor de elektronica te warm wordt is als de stoomaanvoer verkeerd is. Als de Arduino meer ampère nodig heeft dan de computer kan leveren sluit de computer de usbpoort af om de computer te beschermen. Dit is echter wel een teken dat de stroomtoevoer niet goed is.

Bedrading

Slechte bedrading kan ervoor zorgen dat stroomdraden te warm worden en kapot gaat. Slechte organisatie van de bedrading maakt ook het vervangen van onderdelen onnodig moeilijk. Er is gekozen een rode draad te gebruiken voor de stoomaanvoer, een zwarte of blauwe draad voor de aarde en een groene draad voor het signaal. Met uitzondering van de servomotors die hebben standaard een witte draad voor het signaal. Waar de draad van de servo gesoldeerd is gaat deze over in een groene draad. De bedrading is goed weggestopt zodat kinderen er niet bij kunnen.

Belasting

Tot slot is het belangrijk dat de sensoren alleen belast worden in de richting waarin ze bewegingsvrijheid hebben. Door ze verkeert te belasten kunnen de sensoren snel kapot gaan. De rotatiesensor is beschermd tegen torsie maar niet tegen buiging. Het is belangrijk dat de as van de sensor niet scheef getrokken wordt.

De druksensoren kunnen kracht weerstaan in het verlengde van de sensor maar niet scheef op de sensor. Het is belangrijk dat de sensor niet verschuift ten opzichte van het raakpunt met de treinrem.

4.4.4 PRAKTIJKTEST

Daarnaast is het ook goed op een gebruikstest te doen als de simulatie volledig geïntegreerd is in de Harculo. Dit is helaas niet gelukt binnen de tijd van de bachelor opdracht. Door het gebruik van de simulatie te observeren kan al vrij snel schadelijk gebruik ontdekt worden en kunnen er aanpassingen gedaan worden aan de Harculo om dit tegen te gaan.

Zo is er geprobeerd de rotatiesensor weg te bouwen in een kast zodat kinderen er niet bij kunnen en niet met hun vingers vast kunnen te zitten tussen het wiel. Uit een praktijktest moet echter blijken of dit genoeg is om te voorkomen dat kinderen zichzelf kunnen verwonden. Een praktijktest kan ook foutief gebruik aanwijzen dat nog niet was voorzien.

4.4.5 CONCLUSIE

De totale levensduur van de Harculo simulatie is niet te schatten. Wel is er gekeken naar de levensduur en vervangbaarheid van verschillende componenten. Je zou de levensduur kunnen meten naar het kwetsbaarste component. In dit geval is dat de Arduino omdat deze een relatief kwetsbaar onderdeel is en moeilijk te vervangen is. Dit betekent dat een medewerker van het MBS wel enige technische kennis nodig heeft om onderhoud aan de simulatie te kunnen doen.

Het is ook belangrijk om waar mogelijk te voorkomen dat onderdelen kapot gaan door rekening te houden met foutief gebruik. Dit kan door het systeem te testen op oververhitting en verkeerde belasting. Dit kan ook door het gebruik van de simulatie in de praktijk te testen om gebruik te ontdekken waar de simulatie niet op berekend is.

4.5 AANBEVELINGEN

4.5.1 INLEIDING

De renovatie van de Harculo is onderdeel van een groter project van het museum om de dagrecreatieve functie van het station te vergroten. In het kader van dit project zijn er nog veel dingen die het museum zou kunnen doen om de Harculo simulatie uit te breiden. Als eerste is het aan te raden dat het museum een praktijktest doet met de simulatie volledig geïntegreerd in de Harculo. Daarnaast zijn er nog verschillende manieren waarop het spel uitgebreid kan worden. Tot slot kan de museumattractie gecombineerd worden met andere projecten die het museum op dit moment heeft.

4.5.2 UITBREIDING VAN HET SPEL

Zoals in het vorige hoofdstuk al gezegd is kan een gebruikstest helpen bij het vinden van foutief gebruik. Dit is echter niet de enige reden waarom het verstandig is een praktijktest te doen. De praktijktest kan ook helpen bij het bepalen of de simulatie zonder toezicht kan draaien. Dit was één van de wensen van het museum, maar alleen in de praktijk kan blijken of er echt aan deze eis voldaan is.

Op basis van een praktijktest kan de informatie rond het spel verbeterd worden, door bijvoorbeeld informatieborden of een in-game tutorial die de speler kan doorlopen.

Als het spel erg succesvol blijkt te zijn kan het museum ook besluiten het traject uit te breiden. In de analyse is gekeken naar mogelijke events die leuk zouden kunnen zijn om in het spel te gebruiken. De spoorweg-overgang met auto is gekozen als event maar een andere leuke optie is de verkeerd staande wissel met een doodlopend spoor.

Zoals het spel op dit moment is gebouwd, is er één scene met drie events. Door meer events toe te voegen en verschillende scenes te maken kan er meer variatie toegevoegd worden in het spel.

Een andere manier om variatie toe te voegen is door de speler heen en weer te laten rijden. In Boekelo staat een draaischijf. Als de speler in plaats van het perron binnen rijdt op de draaischijf gaat staan kan de camera omgedraaid worden en kan de speler terugrijden naar Haaksbergen.

Ook de hardware kan nog uitgebreid worden door LED-strips toe te voegen, als de Arduino library wordt aangepast, of door gewone (niet programmeerbare) LED's toe te voegen.

4.5.3 HERMAN DE MACHINIST

Een ander project in het kader van de verbetering van de dagrecreatieve functie is het Herman de Machinist boekje. Dit is een boekje dat kinderen krijgen bij de ingang van station Haaksbergen. In het boekje staan opdrachten die de kinderen kunnen doen zodat ze langs verschillende locaties op het museumterrein komen. Een voorbeeld van een opdracht die kinderen kunnen doen is een vingerafdruk krijgen van de machinist en de stoker die op dat moment dienst hebben.

Ook de Harculo zal opgenomen worden in het boekje. Kinderen kunnen hun score overschrijven in het boekje zodat ze hun 'assistent-machinist' diploma mee naar huis kunnen nemen.



Figuur 28 Diploma waar kinderen zelf hun score in kunnen vullen.

Website

Mogelijk komt Herman de Machinist ook op de website van het MBS te staan. Het leek het museum leuk om ook een preview van het spel op de website te zetten. Omdat Unity een cross-platform game engine is, kan het spel met een paar kleine aanpassingen ook naar een web-player geëxporteerd worden.

4.6 CONCLUSIE

Hoewel de simulatie in principe af is voor gebruik, kan deze nog uitgebreid worden. De gebruikerstest heeft laten zien dat bepaalde spelmechanisme verbeterd moeten worden. Hiervoor zijn een paar veranderingen gemaakt in het spel. Verder moet uit de praktijk blijken of de simulatie ook gebruikt zal worden zoals deze bedoeld is. Door het gebruikt te observeren en aanpassingen te maken waar nodig kan de simulatie nog beter afgewerkt worden.

Tot slot, kan de simulatie geïntegreerd worden met andere projecten van het museum zoals de ontdekkingstocht van Herman de Machinist. Hierdoor wordt de museumattractie beter opgenomen in het totale programma van het museum.

HOOFDSTUK 5

CONCLUSIE



5.1 CONCLUSIE

Het doel van deze bacheloropdracht was een treinsimulator maken waarin kinderen, van 4 tot 10 jaar, zelf kunnen ervaren hoe het is om machinist te zijn. Om dit te doen is er onderzoek gedaan naar de interesses van kinderen in de basisschoolleeftijd en de wensen van het museum. Vervolgens zijn er eisen opgesteld waaraan de simulatie moet voldoen en is er een budget opgesteld. Aan de hand hiervan zijn er onderdelen gekocht en samengevoegd. Tegelijkertijd, is het spel gebouwd in Unity. Het digitale spel en de fysieke interface vormen samen de Harculo simulatie.

Het PvE is een goede maatstaf om te beoordelen of het eindresultaat in lijn is met de verwachtingen van het museum. Niet alle eisen die aan het product zijn gesteld kunnen nu al geëvalueerd worden. Voor sommige eisen moet het product langer in gebruik zijn en andere eisen zijn alleen van toepassing mocht het product stuk gaan. Wel zijn in de analyse een aantal belangrijke eisen uitgelicht die goed terug gekomen zijn in de simulatie, zoals dat de simulatie interactief en gemakkelijk moet zijn voor kinderen.

Er is geprobeerd een stijl aan te houden in het spel die kinderen zal aanspreken en een verhaallijn die zorgt dat kinderen meerdere handelingen moeten uitvoeren en daarop feedback krijgen. Om te zien of het spel ook goed voldoet aan deze eisen is er een gebruikerstest. De resultaten laten zien dat de meeste kinderen het spel redelijk moeilijk vinden maar wel uitdagend genoeg om het nog een keer te willen spelen.

Een andere wens van het MBS was dat de simulatie aansluit bij het karakter van het museum. Dit is op verschillende manieren gedaan. De belangrijkste overeenkomst is dat de omgeving van het spel een model is van de spoorlijn van het museum. Verder zijn er nog kleine details zoals het MBS-logo op de meterplaatjes en het startscherm van het spel die laten zien dat de museumattractie speciaal in opdracht van het museum is gemaakt.

Zoals gezegd zijn er ook eisen die niet geëvalueerd konden worden in de tijd van deze bacheloropdracht. Het is daarom aan te raden dat het MBS ook na de afronding van dit project een praktijktest doet om fouten te vinden waar de simulatie niet op berekend is.

Samengevat, de Harculo simulatie is aan de ene kant een compleet spel dat in gebruik genomen kan worden door het museum. Aan de andere kant, is het een project waar het museum aan kan blijven werken om het te verbeteren en uit te breiden. Desalniettemin, is het een attractie waar het museum hopelijk veel plezier van zal hebben.



Figuur 29 Links: foto van de Harculo voor de renovatie. Rechts: foto van de Harculo na de renovatie.

BRONNEN

[1] [2] Historie Website Museum Buurtspoorweg. Bezocht op 10 juni 2016. <http://www.museumbuurtspoorweg.nl/historie/>

[3] Vuurproef Website Spoorwegmuseum. Bezocht op 8 augustus 2016. <http://www.spoorwegmuseum.nl/#!/het-museum/de-vuurproef>

[4] Home Website Train World. Bezocht op 8 augustus 2016. <http://www.trainworld.be/en>

[5] [7] [8] Onderzoeksresultaten Vanille. (2016).

[6] [10] Valkenburg, P. (2014). Schermgaande Jeugd. Amsterdam: Prometheus.

[11] Burgess, P. (2015) Using NeoPixels and Servos Together. An introduction to AVR peripherals. <https://learn.adafruit.com/neopixels-and-servos>

[12] Jindra, Z. (2015) Lifespan of an Arduino used eight hours a day. <https://www.quora.com/What-would-be-the-lifespan-of-an-Arduino-if-it-were-to-be-turned-on-eight-hours-a-day-every-day>

[13] Arduino Website Arduino <https://www.arduino.cc/>

[14] Investors Website Parker <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=97464&p=irol-irhome>

[15] York, J. (2014) Lifespan of a Servo Motor. <http://blog.repairzone.com/lifespan-of-a-servo-motor/>

HOOFDSTUK X

PROGRAMMA VAN
EISEN

KOSTENOVERZICHT

BLENDERMODELEN

DASHBOARD FRAME

DATASHEETS

BIJLAGE



A. PROGRAMMA VAN EISEN

Eisen voor de treinsimulator.

Gebruik

Het voornaamste doel van de attractie is kinderen een leuke ervaring geven.

De attractie moet aansluiten bij de vaardigheden van kinderen in de leeftijd 4 tot 10 jaar. Waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen kinderen tot 7 en vanaf 7 jaar oud.

De attractie moet interactief zijn. Met andere woorden, het beeld wordt beïnvloed door acties van de speler.

De attractie moet een snelle doorlooptijd hebben: per kind maximaal 10 minuten.

De attractie moet zonder direct toezicht van een MBS-medewerker gebruikt kunnen worden.

De attractie moet aansluiten bij het karakter van het museum.

Bouw

De kosten voor de materialen en de bouw van de attractie mogen het budget niet overschrijden en alle kosten moeten gemaakt zijn voor de subsidiedeadline van 1 juni.

De attractie moet symetisch zijn. Dat wil zeggen: alle componenten van de rechter kant moeten gelijk zijn aan de componenten van de linker kant.

De attractie moet in totaal minimaal 10 jaar mee kunnen gaan.

Losse componenten moeten vervangen kunnen worden.

De attractie moet kunnen draaien op netstroom.

De computers en tv-schermen moeten makkelijk los te koppelen zijn om de Harculo te verplaatsen.

Veiligheid

De locomotief mag geen scherpe randen, uitstekend metaal of andere gevaarlijke onderdelen hebben.

De attractie moet geen geweld of bloed bevatten.

De hendels en draaiwiel moeten weerstand bieden om niet te snel te draaien.

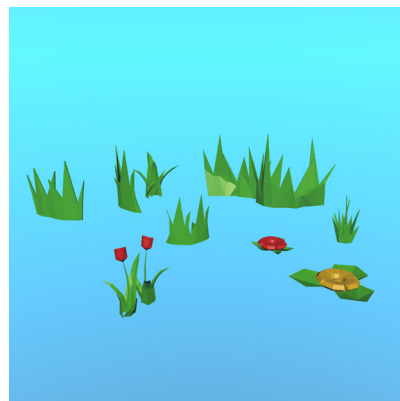
B. KOSTENOVERZICHT

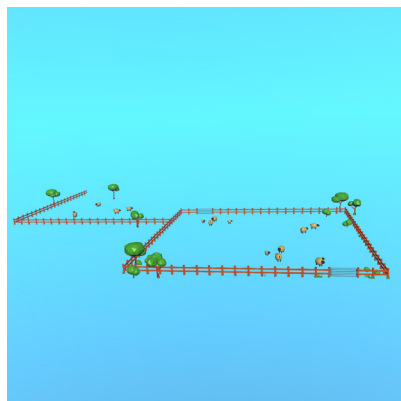
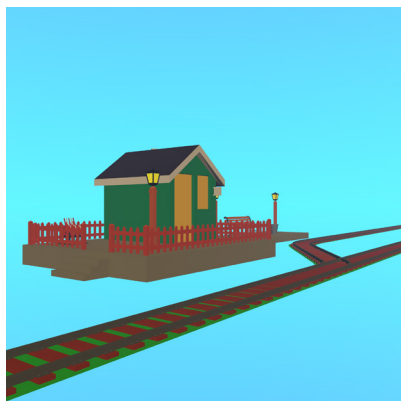
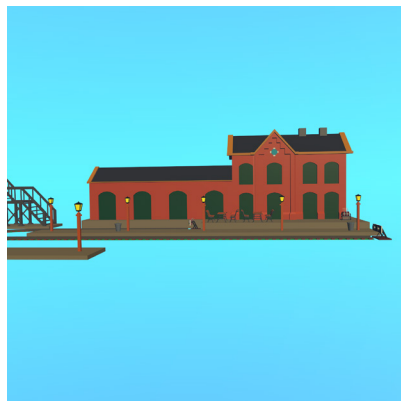
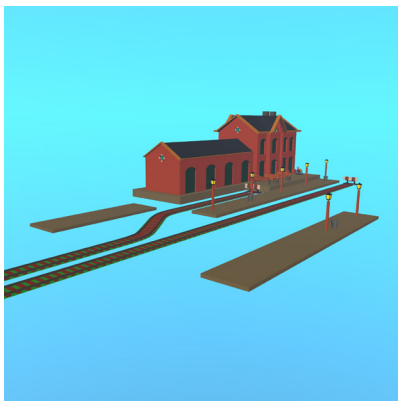
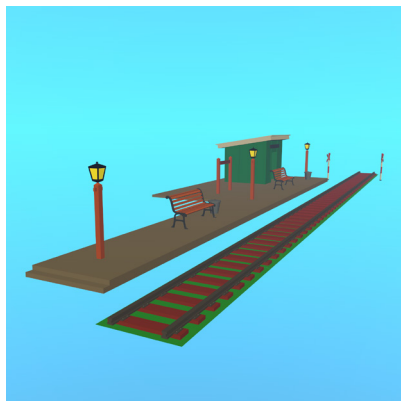
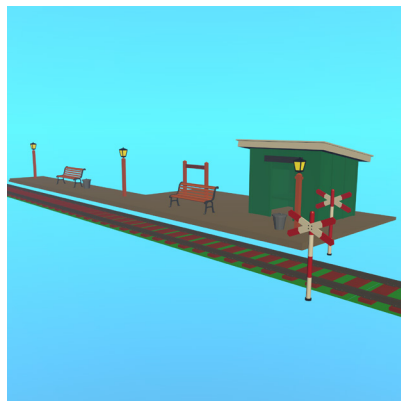
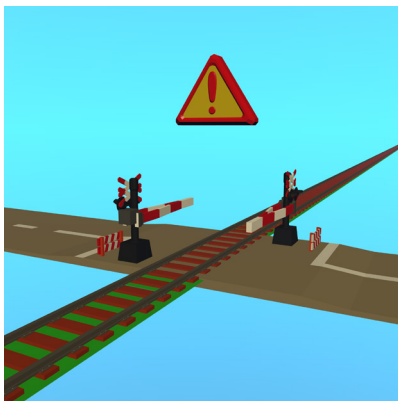
Een overzicht van alle kosten gemaakt voor de bouw van de Harculosimulatie.

Datum	Omschrijving	Debet excl. BTW
28-4-2016	Harculo Vanallesenmeer.nl arduino MEGA 2560 R3 met usb kabel	14,83
25-5-2016	Harculo Kiwi Electronics Digitale RGB ledstrip , micro servo pack 3weg IST SM male connector met kab	89,59
13-6-2016	Harculo Keizers Metaalbedrijf 1 plaat RVS-316L finish 2B D=2mm Tek.nr. Meter plaat 2 Mirrored DXF	64,00
17-6-2016	Harculo Keizers Metaalbedrijf 1 plaat RVS-304L finish 2B folie D=2mm tek nr meterplaat aangepast	49,00
17-6-2016	Harculo Netbulae B.V. DEL-3040-2703 , DEL-890-10724 Opt 3011/3020/3030 AIO 1Y NBD - 5Y NBD computers	851,24
17-6-2016	Harculo Pattex secondelijm Gamma bon 2126164	4,71
18-6-2016	Harculo Reclan Print & Sign Full color gelamineerde sticker 12 stickers voor verschillende meters inc	30,00
23-6-2016	Harculo Coolblue B.V. 2x beeldscherm Philips 40PFK4100 serienrs. FZ3A1619065633 en FZ3A1619065634 p	111,90
23-6-2016	Harculo Coolblue B.V. 2x beeldscherm Philips 40PFK4100 serienrs. FZ3A1619065633 en FZ3A1619065634 p	543,80
30-6-2016	Harculo Kuil Engineering BV Kuil Nicos 01825ECD Rotatiesensor	230,69
2-7-2016	Harculo Mooij Verf BV Wijzonol Grondlak en dekkend Ral 9005 -6007	153,58
6-7-2016	Harculo Kiwi Electronics Adafruit 16-channel interface, arduino Mega2560 Rev3 ATmega 2560, 40-pin Header Str	106,40
26-7-2016	Harculo StH Staalbouw ter Huurne materiaal afzagen koker 30x30x3 3/3000 1/2900 mm	78,00
26-7-2016	Harculo StH Staalbouw ter Huurne materiaal afzagen koker 30x30x3 3/3000 1/2900 mm kredietbeperking	1,56
4-8-2016	Harculo Hr. Ruben Haasjes programmeren simulatiesoftware / consulting simulatiearchitectuur	300,00
TOTAAL		2.629,30

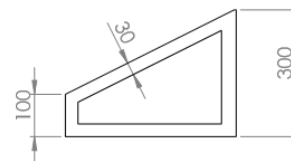
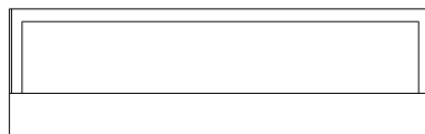
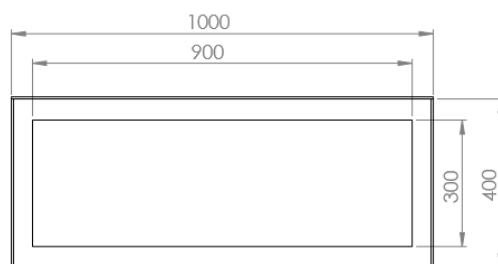
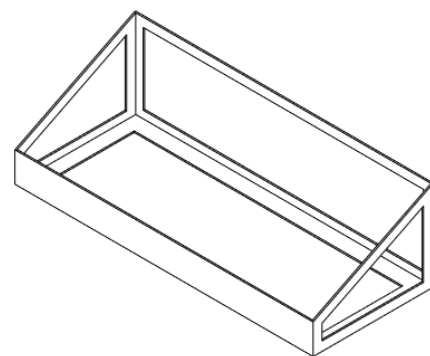
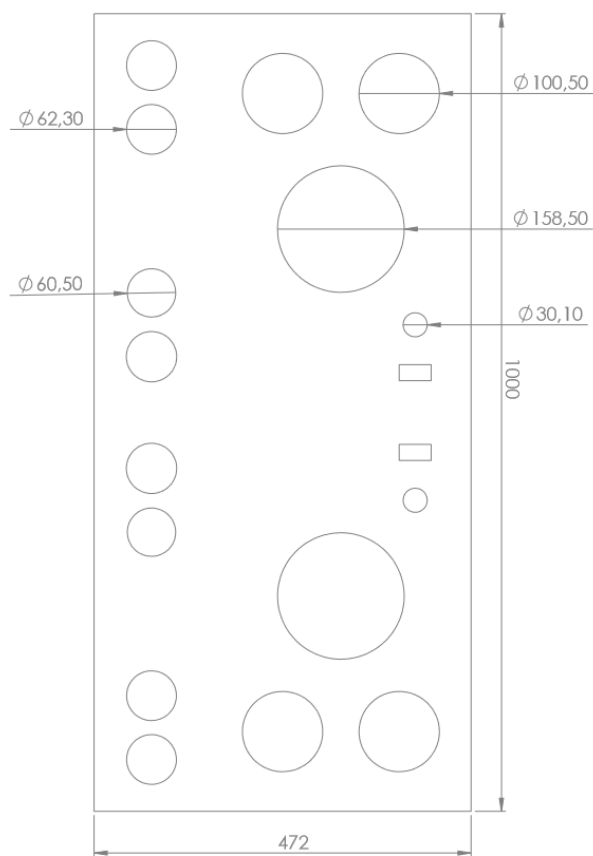
C. BLENDERMODELEN

Afbeeldingenbibliotheek van de losse modellen gemaakt voor het spoor en de omgeving. Alle elementen in het spel zijn in de tijd van dit project gemaakt en specifiek voor het MBS. Het zijn low-poly modellen opgebouwd uit geometrische vormen. De modellen hebben geen UV-texture, alle kleuren zijn opgebouwd uit materialen.





D. DASHBOARD FRAME



E. DATASHEETS



Catalog HY33-2366/US

Technical data

RS53 Sensors

General

Weight	72 g
Temperature range	-40°C to 125°C
Operating life	10 million cycles
Total error (near 360°) ¹⁾	Max 2.0%
Hysteresis	0.5% when no shaft end float is allowed

1) Total accuracy includes non- linearity, hysteresis, repeatability and temperature effects.

Mechanical characteristics

Angular travel	360° continuous
Connector	Deutsch DTM

Electrical specifications

Working angle	unlimited
Supply Voltage(Vs)	5.0+/-10% Vdc
Current supply	Max 12.0 mA
Output at 359.5° ²⁾	4.5 V
Output at 0° ²⁾	0.5 V
Output current	Max. 1.0 mA

2) The output is ratiometric to supply voltage (Vs)

Ordering part number

RS53	01825
------	-------

Environmental protection

EMI

ISO 11452-2	150 V/m
ISO 11452-4	100 mA

ESD

EN 61000-4-2	7 kV
--------------	------

Mechanical

Shock	1m drop
Vibration	30 Gs

Climate

Sealing (electronics)	IP66
-----------------------	------

Chemical environment

Liquids (resistance)	standard automotive
----------------------	---------------------

TowerPro SG90 - Micro Servo

Basic Information

Modulation:	Analog
Torque:	4.8V: 25.0 oz-in (1.80 kg-cm)
Speed:	4.8V: 0.10 sec/60°
Weight:	0.32 oz (9.0 g)
Dimensions:	Length: 0.91 in (23.1 mm) Width: 0.48 in (12.2 mm) Height: 1.14 in (29.0 mm)
Motor Type:	3-pole
Gear Type:	Plastic
Rotation/Support:	Bushing

Additional Specifications

Rotational Range:	180°
Pulse Cycle:	? (add)
Pulse Width:	500-2400 µs
Connector Type:	? (add)



Brand:	Tower pro
Product Number:	? (add)
Suggested Retail:	? (add)
Street Price:	5.99 USD
Compare:	add

User Reviews

Number of Reviews:	4
Average Rating:	4.5 / 5.0

Arduino™ MEGA 2560

