

User Experience Design

Muziektafel

Robert Dahmen
Universiteit Twente
r.j.dahmen@
student.utwente.nl

Alexander Drechsel
Universiteit Twente
alexander_drechsel3@
hotmail.com

Niels Kamp
Universiteit Twente
niels.kamp@xs4all.nl

Kasper Vaessen
Universiteit Twente
k.m.vaessen@
student.utwente.nl

Niels Visser
Universiteit Twente
nvisser@gmail.com

ABSTRACT

Multi-touch interfaces zijn steeds meer alomtegenwoordig. Ook worden ze steeds groter. Na de smartphone kwam de tablet en lijkt de volgende stap een multi-touch televisie. Tijdens dit project ontwikkelen en testen we een muziekapplicatie voor een multi-touch tafel, bedoeld om mensen de mogelijkheden en voordelen te laten zien van een multi-touch interface ter grootte van een tafel. De gebouwde muziektafel slaagt erin om nieuwe gebruikers een intuïtieve gebruikservaring te bieden en mensen plezier te laten beleven op een manier die niet eerder mogelijk was. Wel zijn er technische beperkingen aan de multi-touch tafel en de applicatie die opgelost moeten worden voordat dergelijke toepassingen grootschalige toepassing in de samenleving kunnen genieten.

Keywords

multi-touch, table, inexperienced user, intuitive

1. INTRODUCTIE

Multi-touch interfaces zijn de laatste jaren steeds meer onderdeel geworden van het dagelijks leven; vrijwel alle smartphones en tablets gebruiken deze als primaire invoer en maken levendig gebruik van de mogelijkheden die multi-touch biedt. Naast deze apparaten - die steeds meer mensen bij zich hebben - zijn er ook ontwikkelingen op multi-touch gebied voor apparaten met grotere schermen, zoals computermonitoren, televisies en zogenaamde video walls. Technologiebedrijven zetten groots in op multi-touch.

Zo ook bij opdrachtgever KITT Engineering, waar men tracht een brug te slaan tussen creatieve ideeën en de uiteindelijke toepassing daarvan. KITT heeft in-house een multi-touch tafel ontwikkeld, waarmee het de mogelijke toepassingen van grote multi-touch oppervlakken wil onderzoeken. Er is reeds

onderzoek gedaan waaruit bleek dat multi-touch tafels uitermate geschikt zijn voor samenwerken aan content.[4][3] Ook wil men bekijken hoe de bedachte technologie in de echte wereld gebruikt kan worden en hoe mensen reageren op dergelijke technologie wanneer ze ermee in aanraking komen.

1.1 Opdrachtsomschrijving

De opdracht bestaat uit het ontwikkelen van een applicatie die de mogelijkheden van multi-touch ten volle benut en mensen op een intuïtieve manier kennis laat maken met het fenomeen multi-touch ter grootte van een tafel. De applicatie moet mensen zowel uitnodigen om zelfstandig uit te proberen wat een multi-touch tafel kan als de mogelijkheid bieden om gezamenlijk te werken aan het creëren van iets moois.

Hoe aan deze opdracht invulling gegeven moet worden, is niet gespecificeerd. Het is aan de projectgroep om deze invulling te bedenken en de opdrachtgever ten behoeve van sturing bij het ontwerpproces te betrekken.

De opdracht is als volgt in een onderzoeksvraag vervat:

Hoe kunnen personen op een plezierige wijze kennismaken met de mogelijkheden van een multi-touch tafel door middel van een demonstratie-applicatie?

1.2 Inhoud

In dit paper wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op het domein van de te realiseren applicatie: door wie zal het eindresultaat gebruikt worden en met welk doel. Ook wordt beschreven aan welke functionele eisen de gerealiseerde applicatie moet voldoen om de doelgroep succesvol dit doel te laten bereiken. In hoofdstuk 3 staat beschreven hoe deze functionele eisen verwerkt zijn in meerdere conceptuele ontwerpen, welke inspiratiebronnen zijn gebruikt voor de bedachte concepten en welk van deze ontwerpen vervolgens in samenspraak met de opdrachtgever is uitgekozen om verder uit te werken. Dit verder uitwerken wordt gedaan in hoofdstuk 4. In dit hoofdstuk staat een functionele specificatie van het gekozen ontwerp en een beschrijving van de technische realisatie: een technisch ontwerp.

Na het ontwerpen en realiseren van de applicatie, zal de usability ervan getest moeten worden, alsook de user experience. De opzet van deze tests en de resultaten ervan staan beschreven in hoofdstuk 5. Naar aanleiding van deze resultaten zal in hoofdstuk 6 behandeld worden in hoeverre de gerealiseerde applicatie voldoet aan de eerder gestelde eisen.

Tot slot volgt in hoofdstuk 7 een reflectie op het doorlopen ontwerpproces, het eindresultaat en eventuele verbeterpunten.

2. DOMEIN

Een multi-touch tafel is een experimentele techniek die nog niet breed toegepast wordt in de wereld. Het wordt meestal voor specialistische toepassingen gebruikt in het bedrijfsleven, en in state-of-the-art producten, die bedoeld zijn om de mogelijke toepassingen te onderzoeken – zoals het gebruik in musea om te kijken of kinderen met een interactief systeem meer opsteken van hun bezoek of hun bezoek positiever beoordelen.

Het concept multi-touch is met de sterke opkomst van multi-touch capable smartphones en tablets echter niet meer uit de hedendaagse wereld weg te denken. Wel is het zo dat de adoptie van deze apparaten voornamelijk in de jongere demografen een groeispurt doormaakt, terwijl de ouderen van dagen hier minder in meegaan. Aangezien voor jongeren multi-touchtechnologie niets nieuws is en in dit ontwerp de toegevoegde waarde van multi-touch ter grootte van een tafel onderzocht wordt, zal de doelgroep voornamelijk bestaan uit jongeren. Omdat het een demo-applicatie zal worden, die de meerwaarde van een groot multi-touch oppervlak moet aantonen, moet de nadruk niet liggen op het leren werken met de applicatie, maar op het spelen ermee. Om deze reden is de intuïtiviteit van het gebruik erg belangrijk: men moet er snel en eenvoudig mee kunnen werken. Eventueel na een korte instructie, maar bij voorkeur zonder.

Vanwege het open karakter van de opdracht – mensen laten kennismaken met het concept multi-touch tafel door middel van een applicatie die uitnodigt tot gebruik – zijn de functionele eisen in deze fase beperkt. Er worden vooral eisen gesteld aan de usability van de applicatie: hiermee worden de eisen bedoeld die invloed hebben op hoe gebruikers de applicatie gebruiken en wat de gewenste ervaring van het gebruik is en niet de precieze werking van het te bouwen concept. Hieronder volgt een opsomming van deze eisen met argumentatie.

- **Het doel en de wijze van gebruik van de applicatie moet voor gebruikers op het eerste oog duidelijk zijn.**

Om het voor mensen uitnodigend te maken de applicatie te gebruiken, moet deze simpel in gebruik zijn en een vlakke leercurve hebben.

- **De applicatie moet door 1 tot minstens 4 gebruikers te gebruiken zijn.**

Mensen kunnen er voor kiezen om met zijn vieren te beginnen met de applicatie, maar het moet ook mogelijk zijn om met minder te beginnen en voor mensen om zich later erbij aan te sluiten. Voor deze latere aansluiters helpt het om te zien dat andere mensen reeds

bezig zijn met de tafel. Zo kunnen zij er zonder druk bij gaan staan en in hun eigen tempo de applicatie leren besturen, zonder dat zij andere spelers van het spel houden. Om deze reden moet het getoonde speelveld opgedeeld zijn in vier (4) gedeelten. Niet al deze speelvelden worden gebruikt wanneer er minder dan vier spelers zijn (tenzij één speler meerdere speelvelden bedient), waardoor extra mensen zich eenvoudig in de spelbeleving kunnen invoegen.

- **Iedere speler heeft een eigen gedeelte van het speelveld tot zijn beschikking.**

Om ervoor te zorgen dat spelers elkaar niet in de weg zitten en iedereen op zijn eigen tempo kan werken met de applicatie, heeft iedere speler een eigen speelveld.

3. CONCEPTUEEL ONTWERP

In aanloop naar het ontwerp zijn vier voorstellen gedaan aan de opdrachtgever, verdeeld over twee categorieën: één coöperatief en drie competitief. Uit deze voorstellen is uiteindelijk een concept gekozen dat het beste aansloot bij het gedachtegoed van de opdrachtgever en het doel dat de opdrachtgever met de applicatie voor ogen had.

Het coöperatieve voorstel bestond uit een muziektafel waarbij meerdere mensen samenwerkten aan het componeren van een harmonieuze symfonie. Dit concept is geïnspireerd op een muziekspelletje op internet, waarbij met verschillende instrumenten een symfonie gecreëerd kan worden¹. Het eerste competitieve voorstel was het boogschietspel Farrow, waarbij iedere speler moest voorkomen dat zijn doelwit geraakt werd door de pijlen van andere spelers af te weren, terwijl hij probeerde de doelwitten van de andere spelers te raken. De katapult uit Angry Birds² diende hierbij als inspiratie voor het mikken, terwijl de pijl en boog en meerdere doelwitten een nieuwe, competitieve invulling waren. Een ander voorstel was multiplayer Snake waarbij spelers elkaars slang moesten ontwijken, terwijl ze probeerden punten en bonussen op te eten. Ten slotte was er een voetbaltafel waarbij twee teams proberen de bal in het doel van het andere team te krijgen. De besturing verliep door middel van knoppen langs de zijkant van het veld die de poppetjes van hun team op het speelveld aansturen.

Vanwege het korte tijdsschema van dit project zijn deze voorstellen alleen kort, tekstueel uitgewerkt en voorzien van een ruwe visualisatie. Er zijn geen functionele requirements voor elk voorstel opgesteld. De voorstellen zijn met een mondelinge toelichting voorgelegd aan de opdrachtgever en in overleg is besloten te kiezen voor de muziektafel. De consensus was dat van de vier voorstellen, de muziektafel voor nieuwe gebruikers de laagste instapdrempel zou hebben, het best de mogelijkheden van de multi-touch tafel zou etaleren en de creatieve draai bevat waar de opdrachtgever in zijn missie naar streeft.

3.1 Eisen Muziektafel

Voordat aan het functionele ontwerp van de muziektafel begonnen kon worden, moest eerst uitgezocht worden aan welke functionele eisen dit ontwerp moest voldoen. Hieronder volgen de de functionele eisen waaraan het ontwerp

¹Zie bijvoorbeeld <http://games.co.za/music-sequencer.html>

²<http://www.angrybirds.com/>

moet voldoen, in combinatie met de geformuleerde eisen uit hoofdstuk 2. Indien een eis toelichting vereist, is deze gegeven, alsmede van wie de eis afkomstig is.

- **Met ieder speelveld wordt één muziekinstrument bespeeld.**

Door deze eis zijn spelers volledig in controle van hun eigen stukje van de symfonie. Zo kunnen zij in hun eigen tempo en ongehinderd door andere spelers de applicatie verkennen en de mogelijkheden van een multi-touch tafel ontdekken.

- **Een speler kan zelf kiezen welk instrument hij bedient met zijn speelveld.**

Op deze manier kan iedere speler het voor hem meest interessante instrument bespelen, wat mensen met tal van verschillende muzikale interesses uitnodigt gebruik te maken van de multi-touch tafel.

- **De aanraak-interface stelt spelers in staat te bepalen op welk moment welke tonen afgespeeld worden.**

Door iedere speler volledige controle te geven over zijn eigen speelveld, kan deze in zijn eigen tempo leren werken met de applicatie en wennen aan het gebruik van de multi-touch tafel.

- **De spelers moeten tegelijkertijd met minstens één aanraking per speler input kunnen geven.**

Deze eis volgt uit de wens van de opdrachtgever om de eigenschappen van de multi-touch tafel te etaleren: spelers moeten hun eigen speelveld kunnen bedienen, zonder dat de limieten van de tafel ze daarbij hindert.[2]

- **De geactiveerde noten van de verschillende instrumenten worden tegelijk afgespeeld, zodat samenklank ontstaat.**

Deze eis volgt uit de wens van de opdrachtgever om mensen aan te zetten tot het gebruik: des te meer mensen meehelpen aan het componeren van een melodie, des te beter deze wordt.

- **Het mag niet mogelijk zijn dat er een valse melodie gecreëerd wordt.**

Door gebruik te maken van een Ritusen pentatonische toonladder met de noten *A, B, D, E en F#*, kan geen valse melodie gecreëerd worden.[1] Wanneer de gecomponeerde melodie prettig in het gehoor ligt, is de verwachting dat gebruikers geneigd zijn de muziektafel langer te gebruiken. Ook zal fijn klinkende muziek positiever de aandacht trekken en daarmee sneller uitnodigen tot het gebruik van de muziektafel.

- **De af te spelen noten zijn per 16e maat in te stellen.**

Door de gebruiker meer mogelijkheden te geven om noten te plaatsen binnen de maat kan de gebruiker complexere ritmes maken. Echter vereist het dan ook meer muzikaal inzicht. Dit, in combinatie met de ruimte die beschikbaar is op het speelveld, is de reden dat de gebruiker kan kiezen uit 16 posities per maat en niet meer.

- **Per 16e maat zijn nul of meer noten te selecteren die afgespeeld moeten worden.**

Hierdoor is het mogelijk om per muziekinstrument zowel harmonie als melodie te krijgen.

- **Per muziekinstrument kunnen tien (10) toonhoogten en 16 16e maten geselecteerd worden.**

Deze eis volgt uit het niet mogen componeren van een valse melodie. Pentatonische toonladders bevatten vijf tonen. Om ervaren gebruikers de mogelijkheid te geven om complexere melodieën te componeren, hebben ze de beschikking over twee octaven.

- **Tijdens het afspelen wordt de gecreëerde muziek gevisualiseerd.**

Tot deze eis is wederom besloten om uitnodigende karakter van de applicatie te verhogen. Met een visualisatie worden naast muziekliefhebbers ook visueel ingestelde mensen aangetrokken.

- **Nadat de laatste kwartmaat afgespeeld is, wordt opnieuw begonnen bij de eerste kwartmaat.**

Om te voorkomen dat spelers steeds de melodie opnieuw moeten starten en om de bediening zo eenvoudig mogelijk te houden, is het afspelen van de melodie een doorlopend proces: men kan zo aanschuiven, de noten van zijn instrument instellen en meteen het resultaat horen.

- **De door de spelers geselecteerde noten blijven geselecteerd wanneer opnieuw bij de eerste kwartmaat begonnen wordt.**

Ook dit is onderdeel van de tafel uitnodigend maken en spelers het idee te geven dat ze iets aan het bouwen zijn: hun melodie blijft bestaan en kan voortdurend door hen verbeterd worden.

- **Het speelveld van een speler moet door de speler in één handeling ontdaan kunnen worden van alle geselecteerde noten.**

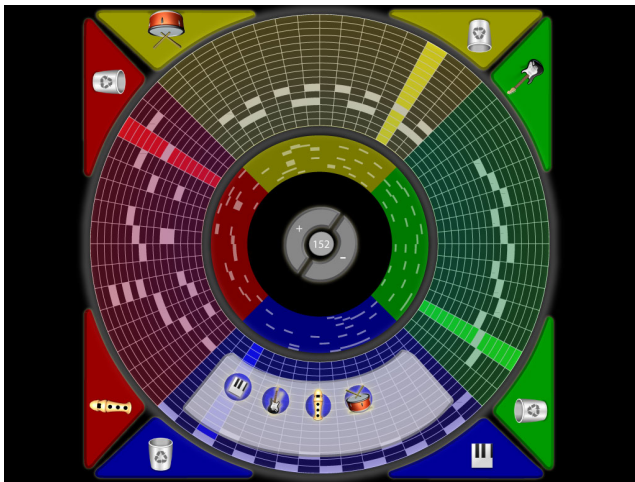
Dit is nodig om snel van groep te kunnen wisselen. Zo hoeven mensen die staan te wachten om te tafelen te wachten op dat de vorige gebruikers hun noten één voor één gewist hebben. Ook kunnen spelers zelf op deze manier snel een nieuwe melodie gaan componeren.

3.2 Uitwerking Muziektafel

3.2.1 Eerste ontwerp

Op basis van deze eisen is een eerste conceptueel ontwerp gemaakt. De schets van dit ontwerp is opgenomen in Figuur 1. Te zien hierin is allereerst de cirkel waarop spelers noten kunnen selecteren: de notenbalk. Het onderscheid tussen de verschillende speelvelden is aangegeven door vier verschillende kleuren. Op de cirkel liggen 10 toonhoogtes en 16 16e maten. Het tempo waarmee de muziek afgespeeld wordt, is door middel van de plus- en minknop in het midden van de cirkel in te stellen en is standaard ingesteld op 120 beats per minuut.

Onder ieder speelveld staan twee knoppen; een waarmee de geselecteerde noten van het speelveld verwijderd kunnen worden en een waarmee een instrument gekozen kan worden. Om aan te geven dat de linkerknop knop iets verwijdert,



Figuur 1: Schets van het eerste ontwerp

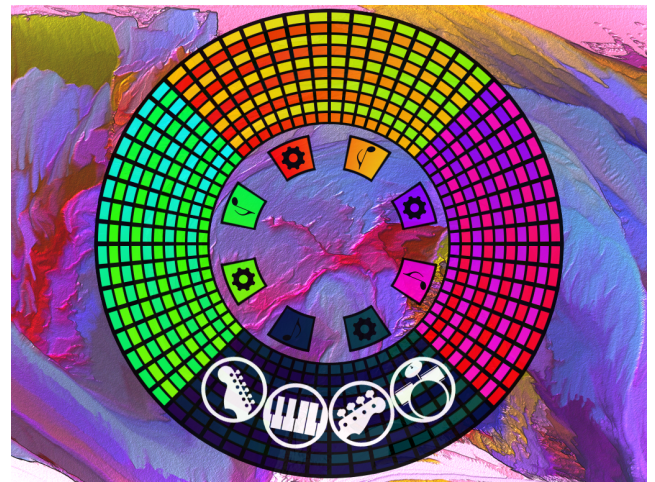
heeft deze een vuilnisbak-icoon. Met de rechterknop hebben spelers de kans om het instrument van hun speelveld aan te passen. Om aan te geven dat het hun instrumentkeuze betreft, wordt er op de knop een icoon getoond van het instrument waar ze momenteel mee spelen. De knoppen hebben dezelfde kleur als het speelveld, om voor spelers duidelijk te maken welke knoppen bij hun gedeelte van de cirkel horen. Wanneer op de instrumentkeuzeknop gedrukt wordt, wordt er een overlay getoond over de notenbalk. In deze overlay kan de speler een van de vier beschikbare instrumenten kiezen: een piano, gitaar, drumstel of fluit. In Figuur 1 is deze overlay voor het blauwe speelveld zichtbaar. Wanneer de speler op een instrument klikt, sluit de overlay zich en zal de notenbalk van dat speelveld afgespeeld worden met het gekozen instrument.

Daarnaast is er boven de notenbalk een extra onderdeel zichtbaar: de alternatieve notenbalk. Iedere speler heeft de beschikking over 2 sets van 16 16e maten. Een van deze twee wordt weergegeven op de notenbalk en kan door de speler bewerkt worden, de ander wordt boven de notenbalk weergegeven als knop. Wanneer op die knop gedrukt wordt, worden de twee sets noten omgewisseld; de set noten van de notenbalk wordt vervangen door de andere set. Bij het afspelen van de noten wordt vanaf de eerstvolgende 16e maat de nieuwe set noten gebruikt. Wanneer de wis-knop links onder op het speelveld gebruikt wordt, wordt alleen de set noten gewist die op dat moment in de notenbalk staat. De andere set blijft bewaard.

Zodra de applicatie gestart wordt, wordt begonnen met het afspelen van de notenbalk. De noten van de vier speelvelden worden per 16e maat tegelijk afgespeeld. Om aan te geven welke 16e maat afgespeeld wordt, wordt de notenbalk voor deze 16e maat gearceerd. In Figuur 1 is dat te zien aan de feller gekleurde kolommen.

3.2.2 Tweede ontwerp

Nog voor de evaluatie met eindgebruikers van het initiële ontwerp werden in samenspraak met de opdrachtgever echter verscheidene gebreken geconstateerd. Het eerste dat opviel, was de drukte van de interface: elk gedeelte van het



Figuur 2: Schets van het tweede ontwerp

speelveld wordt gebruikt voor een of andere functionaliteit. De gewenste visualisatie op de achtergrond van de speelvelen - bedoeld om de muziktafel naast het oor ook voor het oog uitnodigend te laten zijn - kreeg hierdoor erg weinig ruimte. Ook zou die visualisatie de interface nog drukker maken. Een ander punt dat de bruikbaarheid van de applicatie niet ten goede zou komen, was dat het door de cirkelvormigheid van de notenbalk moeilijk te zien is welke noten dezelfde toonhoogte hebben. Dit zou het kunnen onderscheiden van de verschillende toonhoogtes binnen de 16 16e maten - en daarmee het eenvoudig componeren van de gewenste melodie - bemoeilijken. Ook werd de alternatieve notenbalk niet intuïtief genoeg bevonden, terwijl deze wel een aanzienlijk deel van de interface in beslag nam.

Naar aanleiding van deze bezwaren tegen het ontwerp, is besloten om het ontwerp grondig aan te passen. Bepaalde functionaliteit is geschrapt of uit de primaire interface gehaald en achter een menu geplaatst; in de primaire interface wordt niet meer getoond dan stikt noodzakelijk. Het resultaat van dit herontwerp is te zien in Figuur 2. De grote knoppen uit het eerste ontwerp zijn gecondenseerd naar twee kleinere knoppen boven de notenbalk. De eerder aanwezige alternatieve notenbalk is ten behoeve van de intuïtieve geschrapt, net als het instellen van tempo. De leegmaakknop is achter een instellingenknop geplaatst. Deze knop heeft een tandwiel als icoon, waarvan het gebruik als instellingen-icoon als ingeburgerd wordt verondersteld.

De verwijdering van al deze knoppen heeft ervoor gezorgd dat de interface opgeruimder oogt, terwijl de visualisatie meer ruimte heeft gekregen. Door de speelvelen niet langer doorzichtig te maken worden deze beter onderscheidbaar van de visualisatie, terwijl de opvallender kleuren bijdragen aan het aantrekkelijk maken van het ontwerp.[5]

3.3 Evaluatie LoFi-prototype

3.3.1 Opzet

Om uit te vinden hoe intuïtief het bedachte ontwerp voor de gewenste doelgroep is, is de schets van het tweede ontwerp voorgelegd aan een aantal proefpersonen. Ook is een eerste versie van de applicatie gemaakt voor normale computers,

die alleen een werkende notenbalk-cirkel bevatte. Met behulp van de muis konden proefpersonen hierin noten aanklikken welke afgespeeld werden door vier voorgeprogrammeerde instrumenten: een voor ieder speelveld. De applicatie kon vanwege het gebruik van de muis slechts door één persoon gebruikt worden.

Vanwege het gewenste, uitnodigende karakter van de multi-touch tafel is gekozen om bij de evaluatie voornamelijk de intuïtieve werking van het ontwerp te testen. Hierbij is het volgende script gebruikt om de proefpersonen te ondervragen:

- De proefpersoon krijgt de schets van het ontwerp uit Figuur 2 te zien.
- **Vraag 1:** Als je naar de interface kijkt, wat denk je dat de applicatie doet?
- **Vraag 2:** Hoe zou je deze besturen? Wat zou je als eerste proberen?
- Na deze twee vragen wordt de proefpersoon uitgelegd dat het een muziekapplicatie betreft.
- **Vraag 3:** Nu je weet wat de applicatie doet, hoe zou je het besturen?
- **Vraag 4:** Voor hoeveel spelers is het spel geschikt?
- Indien de speler niet bedacht heeft dat het een multi-touch applicatie is, wordt hem de besturing van de notenbalk uitgelegd. Ook wordt er verteld dat het op een multi-touch tafel gespeeld wordt samen met anderen.
- **Vraag 5:** Vind je de representatie van noten duidelijk?
- **Vraag 6:** Als je het muziekinstrument wilt veranderen, hoe zou je dat doen?
- **Vraag 7:** Als je het tempo van de muziek wilt aanpassen, hoe zou je dat doen?
- **Vraag 8:** Waar denk je dat de knop met de muzieknoot voor dient?
- **Vraag 9:** Waar denk je dat de knop met het tandwiel voor dient?
- **Vraag 10:** Als je opnieuw wilt beginnen met een leeg veld, hoe zou je dat doen?
- **Vraag 11:** Heb je verder nog opmerkingen over het doel van de applicatie en hoe de interface er nu uit ziet?

De eerste twee vragen dienen ervoor om te achterhalen of de applicatie de juiste indruk geeft bij mensen: nodigt de applicatie uit tot muziek maken? De derde en vierde vraag zijn bedoeld om te controleren of uit de interface blijkt dat de applicatie door meerdere mensen tegelijk bestuurd kan worden. Vervolgens wordt één voor één naar de intuïtiviteit van de overige features gevraagd en gecontroleerd of de gebruikte iconen begrepen worden. Indien een proefpersoon het antwoord op een vraag niet weet, wordt hem dit na vraag 2 en 4 uitgelegd, aangezien dit noodzakelijk is voor het

vervolg van de evaluatie. Bij de andere vragen wordt deze uitleg zoveel mogelijk vermeden om de proefpersonen niet te beïnvloeden. Bij de laatste vraag kan de proefpersoon alle overige feedback kwijt.

3.3.2 Resultaten LoFi-evaluatie

Van de proefpersonen begreep het merendeel na de eerste oogopslag dat muziek een rol speelt bij de applicatie; het muzieknoot-icoon heeft aan dit besef bijgedragen. Ook was het de meeste mensen duidelijk dat de applicatie bestuurd kon worden door op de notenbalk te klikken. Een enkeling zou eerst op het de instrumentenkeuzeknop klikken, maar alle proefpersonen zouden in ieder geval ergens in de interface klikken – ook zonder uitleg.

Minder duidelijk was het dat het een applicatie voor vier spelers betrof. De kleuren werden als onderscheiding van verschillende instrumenten aangemerkt en niet als onderscheiding van speelvelden voor verschillende spelers. Enkel zagen wel in dat het met meerdere mensen gespeeld kon worden, maar achtten het primair bedoeld voor één speler.

Toen de proefpersonen wisten dat met de applicatie instrumenten bestuurd konden worden, was de representatie van de notenbalk bij iedereen duidelijk; een enkeling had wel de opmerking dat het moeilijk te zien was hoeveel noten er per rij waren en had als gevolg daarvan moeite met het instellen van de gewenste toonhoogte halverwege het speelveld. De knop om te wisselen van instrument was echter minder eenvoudig gevonden aangezien sommigen het instrument als instelling beschouwden en ervoor kozen om op de instellingenknop te klikken. Het gekozen icoon voor de instellingenknop bleek daarmee zo intuïtief te werken als gehoopt: alle gebruikers vonden dat instellingen via deze knop te bereiken waren. Wel bleek dus dat het icoon voor de instrumentkeuze niet duidelijk genoeg was.

Uit de evaluatie van twee proefpersonen kwam iets naar voren waar bij beide ontwerpen geen rekening gehouden was: de gekozen kleurstelling bleek niet geschikt voor kleurenblinden. De aangrenzende speelvelden zijn voor hen niet goed te onderscheiden.

De reacties op vraag 7 gaven er blijk van dat slechts weinig proefpersonen de meerwaarde inzagen van het kunnen wijzigen van het tempo van de muziek.

Als antwoord op vraag 11 kwamen een aantal interessante opmerkingen en ideeën naar voren:

- Het kunnen stoppen van de muziek vonden sommige proefpersonen wenselijk.
- Een knop waarmee willekeurige instellingen gekozen worden, zou een leuke toevoeging zijn.
- Het bleek onduidelijk hoe een menu gesloten moest worden.

4. GEDETAILEERD ONTWERP

Op basis van de feedback die resulteerde uit de evaluatie van het LoFi-prototype zijn een aantal beslissingen gemaakt omtrent het te implementeren HiFi-prototype. Een van deze

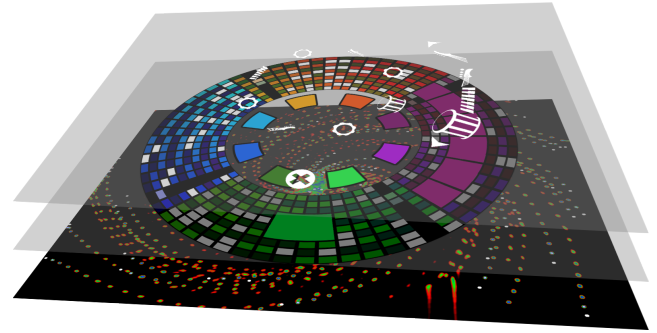


Figuur 3: Schets van het uiteindelijke ontwerp. Op het linker- en bovenste speelveld is de notenbalk met gecomponeerde melodie zichtbaar. Op het rechter speelveld is het instrumentkeuzemenu geopend. Op het onderste speelveld is de leegmaak-knop te zien. De spiraal op de achtergrond is de op de melodie gebaseerde visualisatie zichtbaar.

beslissingen was om een verdere versimpeling van de beschikbare functionaliteit door te voeren teneinde het gebruik van de applicatie eenduidiger te maken; het veranderen van het BPM is verwijderd als mogelijkheid. De enige functionaliteit die een speelveld bevat, is het aanklikken van noten, het selecteren van een instrument en het leegmaken van de notenbalk.

Om te compenseren voor de verwijderde functionaliteiten is, ten behoeve van de langdurige speelbaarheid, wel besloten om meer dan vier instrumenten toe te voegen. Wanneer het instrumentkeuzemenu geopend is, kan met behulp van pijlen aan weerszijden van de instrumenten door de lijst met instrumenten gescrolled worden. Er is een piano, gitaar, basgitaar, saxofoon, drumstel, harp en triangel opgenomen. Om de functie van de instrumentkeuzeknop te verduidelijken, is het icoon hiervan vervangen door het instrument waarmee op dat moment gespeeld wordt. Wanneer het spel gestart wordt, gebruikt ieder speelveld standaard een verschillend instrument.

Tijdens de evaluatie van het LoFi-prototype kwam aan het licht dat niet iedereen de vier verschillend gekleurde gebieden identificeerde als losse speelvelden. De verwachting was echter dat dit kwam omdat het LoFi-prototype aan individuele proefpersonen is voorgelegd en niet aan groepen van twee of meer personen. In het uiteindelijke ontwerp is de keuze voor kleur als onderscheiding dan ook behouden. Wel is naar aanleiding van de LoFi-evaluatie besloten om de kwartmaten duidelijker te scheiden door de kleur van de rijen per vier noten om te draaien. Zie figuur 3. Ook zijn de kleuren nu zo gekozen zijn dat de speelvelden voor kleurenblinden goed te onderscheiden zijn en zijn de verschillende toonhoogtes om en om anders gekleurd zodat deze beter van elkaar te onderscheiden zijn.



Figuur 4: Een visualisatie van de verschillende lagen in het ontwerp.

Vanwege technische moeilijkheden bleek de visualisatie zoals deze in de tweede iteratie van het ontwerp was opgenomen niet haalbaar. Er is daarom besloten tot een versimpeling van de visualisatie: iedere noot creëert een particle die met behulp van een visualisatie-library een draaiend en gekleurd effect krijgt.

Uit de LoFi-evaluatie bleek ook dat gebruikers niet begrepen hoe een geopend menu gesloten moest worden. Er is echter aangenomen dat deze onduidelijkheid veroorzaakt werd door de limitaties van een LoFi-evaluatie. Wanneer een gebruiker een menu opent en een keuze maakt binnen dat menu, zal het menu zich sluiten. Wanneer in het instrumentkeuzemenu een instrument gekozen wordt, sluit het zich en zodra in het instellingenmenu op de leegmaakknop geklikt wordt, sluit het instellingenmenu zich.

4.1 Technisch Ontwerp

4.1.1 Datamodel

De applicatie houdt voor elke speler een tweedimensionale lijst van booleans bij. De lengte van deze matrix drukt de verschillende druk de 16e maten uit, de hoogte de toonhoogte. Booleans op dezelfde x-positie worden simultaan afgespeeld.

4.1.2 Datarepresentatie

Deze genoemde spelermatrices worden achter elkaar geplakt, en vervolgens omhoog gekromd tot de laatste weer aansluit bij de eerste, wat een donut-vorm oplevert. In het geval van 4 spelers levert dit per speler een kwartcirkel op, zoals te zien in Figuur 3. De waarde van elke boolean wordt vervolgens uitgedrukt in kleur; wit voor *true* en de speler-specifieke kleur voor *false*. Wanneer een kolom afgespeeld wordt, krijgt deze op dat moment andere kleuren: de spelerkleur voor *true* en zwart voor *false*. Hierdoor hebben de spelers een visuele terugkoppeling van de huidige tijdspositie van de afgespeelde muziek.

4.1.3 Interface

De interface wordt gelaagd opgebouwd. Op de onderste, eerste, laag wordt een visualisatie getekend op basis van de muziek die op dat moment gespeeld wordt. Op de tweede laag worden vlakjes getekend die de "muziekdonut" vormen alsmede een aantal losse vlakjes die knoppen voorstellen. Op de bovenste, derde, laag worden iconen getekend, zoals

een tandwiel voor het instellingmenu en het huidige gekozen instrument voor het instrumentmenu. Zie figuur 4 voor een visualisatie.

4.1.4 Input

De inputdata van de touchtafel komt over een netwerksocKet de applicatie binnen, waarna deze door een calibratiemechanisme gecorrigeerd wordt. Aan de hand van de gecorrigeerde inputdata wordt vervolgens bepaald welke knoppen ingedrukt zijn, en of dit een nieuwe aanraking is, of het vervolg van een sleepgebaar.

4.1.5 Audio

Voor de rendering van audio wordt de synthesizer uit *java.sound.midi* gebruikt. Per speler wordt bijgehouden welk instrument hij of zij bespeelt, en spelers kunnen verschillende instrumenten selecteren. Het is mogelijk dat de applicatie herschreven moet worden voordat het met een nieuw audio-systeem kan werken, aangezien de standaard MIDI-soundbank, en de bijhorende naamgeving van de instrumenten, per computer verschilt.

4.1.6 Visualisatie

Er wordt gebruik gemaakt van een externe library³ om de visualisatie te tekenen. De visualisatie genereert een particle voor elke noot die afgespeeld wordt. Vervolgens worden er een aantal filters op de gegenereerde particles toegepast om de visualisatie te creëren.

5. EVALUATIE HI-FI-PROTOTYPE

5.1 Opzet

Voor de evaluatie van het HiFi-prototype is voor een eenvoudige aanpak gekozen. De proefpersonen is verteld dat ze met een multitouch-tafel gingen werken en dat ze net zo lang mochten spelen totdat ze geen zin meer hadden. Eventuele vragen zouden niet beantwoord worden, maar als geconstateerd werd dat een proefpersoon echt niet wist wat te doen, zouden ze op weg geholpen worden. Op deze manier kon de evaluatie alsnog uitgevoerd worden, zelfs als bleek dat het prototype niet zo intuïtief bleek als gehoopt. Nadat een proefpersoon op deze wijze op weg geholpen is, kunnen aan de hand van de overige observaties alsnog resultaten behaald worden.

De evaluaties zijn tweeledig opgezet: proefpersonen zijn geobserveerd terwijl ze met de muziktafel speelden en zijn achteraf verzocht een vragenlijst in te vullen. Om het intuïtieve karakter van de muziktafel te evalueren, is bij de observaties gelet op de snelheid waarmee proefpersonen gebruik maakten van de beschikbare functionaliteiten. Gemeen zijn de tijd die het duurde voordat een proefpersoon een speelveld gekozen had, muzieknoden invoerde, van instrument wisselde en de leegmaakknop gebruikte. Ook werd gekeken wanneer een gebruiker klaar was met het ontdekken van de functionaliteiten van de applicatie en overging op het doelgericht componeren van een melodie en waaraan deze gedragsovergang te herkennen was. Naast deze kwantitatieve observaties, is ook bekeken hoe de proefpersoon zich gedroeg tijdens het werken met de muziktafel: had de proefpersoon

plezier, was hij geïntrigeerd, communiceerde hij met de andere proefpersonen, hielp hij anderen of, wanneer er minder dan vier personen meededen, kwam hij op het idee om meer dan één speelveld te gebruiken?

De enquête achteraf bevatte zowel kwalitatieve beoordelingen van specifieke aspecten van de tafel en applicatie als open vragen over hoe de proefpersoon het spelen met de muziktafel had ervaren en hoe het samenwerken met anderen was bevallen. De volledige vragenlijst is opgenomen in bijlage A.

De proefpersonen zijn ingedeeld in groepen van verschillende groottes, om te evalueren of de ontworpen muziktafel voor groepen van alle groottes een leuke ervaring is.

5.2 Resultaten

In totaal hebben 12 proefpersonen meegewerkt aan de evaluatie. Ze kwamen allemaal uit dezelfde leeftijdscategorie: tussen de 18 en 30 jaar. Drie van de proefpersonen waren vrouwen, de overige negen waren mannen. Van de proefpersonen hebben twee individueel met de muziktafel gewerkt en zes hebben in groepen van twee gewerkt. Daarnaast was er een groep van vier spelers.

Het kiezen van een speelveld werd door de proefpersonen instinctief en zonder oponthoud gedaan. Alleen de proefpersonen uit de groep van vier twijfelden kortstondig over welke speler welk speelveld toebedeeld kreeg, maar na kort onderling overleg had iedereen een speelveld. Bij alle groepen van minder dan vier gebruikten de proefpersonen in eerste instantie alleen hun gekozen speelveld, maar wanneer ze tevreden waren over een gecomponeerde melodie op hun speelveld, weken ze al snel uit naar een aangrenzend speelveld om ook daar een melodie te maken. Toen bij een groep van twee spelers, een speler zich drie speelvelden had toegeëigend, werd hij hierop gewezen door de andere speler. Hij stond meteen een speelveld af, zodat beiden twee speelvelden hadden. Bij de groep van vier werd door de spelers ad hoc een competitief element toegevoegd aan het spel: twee spelers probeerden zo snel mogelijk hun notenbalk compleet te vullen. Hierbij werd niet geschroomd om desnoods de leegmaakknop van de andere speler te misbruiken om zo een voorsprong te creëren.

Geen van de proefpersonen had na het kiezen van een speelveld moeite met het bedenken wat hij of zij moest doen: er werd meteen geklikt op de notenbalk of de instrumentkeuze-knop. Wel duurde het bij de meesten van hen even voordat ze doorhadden hoe hard ze moesten drukken om hun klik te laten registreren. Bij het bedenken wat er gedaan moest worden, maakte de groepsgrootte geen verschil, proefpersonen begonnen of meteen met het maken van een melodie of met het kiezen van een instrument. Het instellingenmenu met de leegmaakknop werd gemiddeld pas na twee minuten speeltijd ontdekt en gebruikt. Voor velen leek de ontdekking van die knop dat ook het moment te zijn waarop ze stopten met het willekeurig aanklikken van noten en begonnen met het doelgericht maken van een melodie.

Van de proefpersonen bracht het overgrote deel - 8 van de 12 - de tijd met de tafel vrolijk of lachend door, terwijl 2 van de 12 juist erg geconcentreerd bezig waren met het compone-

³<http://www.jhllabs.com/ip/filters/download.html>

ren van een melodie. Twee anderen, die een groep van twee vormden, leken niet erg geïnteresseerd te zijn gedurende het spel, maar gingen wel lang door met het spelen. Uit hun enquêtes achteraf bleek dat ook zij plezier beleefd hadden aan de tafel, maar dat was niet zichtbaar in hun gedrag of gezichtsuitdrukking. Wanneer de bediening van de tafel het liet afweten, was bij alle proefpersonen enige frustratie waarneembaar, maar dat weerhield hen niet van doorspelen en gedurende de overige momenten blijkt te geven van vrolijkheid.

Alle proefpersonen bleven langer dan vijf minuten geboeid door de muziktafel. Vanwege de locatie van de muziktafel bij een bedrijf in productie, is gekozen om deelnemers na ongeveer acht minuten te laten stoppen – waarna de meeste spelers ook aangaven dat het een mooi moment was om te stoppen. Vier van de 12 spelers vonden het oprecht jammer dat ze al moesten stoppen.

In de enquête gaf 11 van de 12 proefpersonen aan dat ze het spelen met de muziktafel leuk vonden, de overgebleven persoon gaf aan het interessant te vinden. Wel werd bij de beschrijving door 6 van de 12 proefpersonen meteen de kanttekening geplaatst dat een slechte nauwkeurigheid en lage gevoeligheid van de muziktafel frustrerend was.

De vraag wat ze het leukst vonden aan hun tijd met de speeltafel werd door 5 van de 12 beantwoord met het feit dat er muziek uit de tafel kwam en dat dat goed klonk. Vier spelers vonden het leukst dat de tafel simpel te bedienen en simpel te begrijpen was. Dit laatste werd bevestigd door de resultaten van de vraag of spelers vonden dat ze de muziktafel eenvoudig te doorgronden was: 11 van de 12 spelers gaf aan dat dit het geval was. Als grootste gemiste features aan het programma werden een temporegeling, een betere nauwkeurigheid en de grotere selectie instrumenten genoemd.

Op een schaal van 1 tot 5 werd de vindbaarheid van de notenbalk gemiddeld beoordeeld met een 4, de vindbaarheid van de instrumentkeuze met een 5 en de vindbaarheid van de leegmaakknop met een 3. De gebruikte instrumentengeluiden werden met een 3 beoordeeld, de animaties met een 4 en de gebruikte kleuren in het programma ook met een 4. Hardware-technisch kreeg de reactiesnelheid van de tafel een 4, terwijl de nauwkeurigheid een 2 kreeg. De zichtbaarheid van het scherm kreeg een 4, net als de grootte van de tafel. Het slepen werd met een 3 beoordeeld, maar sommigen ontdekten pas naar aanleiding van deze vraag dat het slepen mogelijk was.

Bij de groepen van meer dan één proefpersoon werd de samenwerking wisselvallend beoordeeld. Bij de groepen van twee werd deze samenwerking positiever beoordeeld dan bij de groep van vier. De groep van vier gaf gemiddeld een 3 aan de samenwerking, terwijl de groepen van twee hier een 5 voor gaven. Deze trend was ook te zien bij de vraag hoe waardevol de spelers de samenwerking vonden voor het speelplezier. Bij de groep van vier gaf men aan dat iedereen zijn eigen ding deed of matig samenwerkte, terwijl men bij de groepen van twee juist aangaf dat de samenwerking een meerwaarde had. Het samenspel van de drukke melodieën bij de groep van vier spelers werd ook als negatief punt opgegeven. Wel gaven alle personen uit groepen aan dat de

muziktafel niet zo leuk was geweest als iedere speler zijn eigen scherm had gehad; het bij elkaar aan een tafel staan had een duidelijke meerwaarde. De proefpersonen die individueel met de tafel hadden gewerkt, gaven echter aan dat ze andere spelers niet tot nauwelijks gemist hadden.

6. DISCUSSIE

De muziktafel is ontwikkeld om door meerdere mensen gebruikt te worden. Uit de evaluatie van individuele spelers bleek echter dat deze ook geschikt is voor enkele personen; zij kunnen genoeg uitdaging vinden in het componeren van een mooie melodie en het uitproberen van de verschillende instrumenten. Tegen de verwachting in beviel de tafel voor de groep van vier spelers minder dan voor de groepen van twee spelers. Waarschijnlijk is de reden hiervoor de drukte die ontstaat als vier drukke melodieën gemaakt worden, die elkaar gaan overheersen. Door deze overheersing ging er snel anarchie heersen en werd een competitief element geïntroduceerd om de muziktafel alsnog leuk te krijgen. De nieuw bedachte spelvorm bestond uit het zo snel mogelijk vullen van het speelveld en hoewel dit ten tijde van de evaluatie als leuk werd ervaren, is de verwachting dat dit het speelplezier op de lange termijn wel zal doen afnemen. Van het oorspronkelijke doel – muziek maken – was echter nog maar weinig over. Een enkele speler probeerde dit af en toe wel, maar zijn melodie werd overstemd door de andere, waardoor deze poging snel werd gestaakt. Een oplossing voor dit probleem is mogelijk het verminderen van het volume van een speelveld naarmate er meer noten aangeklikt zijn in dat speelveld. Op deze wijze kan worden voorkomen dat een speelveld de symfonie overheerst, waardoor de rest zijn speelplezier verliest.

Ondanks de wat mindere ervaring bij de groep met vier spelers werd de evaluatie ook door hen grotendeels lachend en vrolijk doorgebracht. Maar het lachen werd af en toe onderbroken door een frons wanneer de tafel het op technisch vlak liet afweten: de nauwkeurigheid van de tafel kon als matig getypeerd worden. Naast de nauwkeurigheid werd ook de gevoeligheid van de tafel als negatief aspect opgemerkt. Veel proefpersonen verwachtten dat een klik sneller geregistreerd zou worden en hadden pas na enige tijd door dat ze redelijk hard moesten drukken. Vermoedelijk is om die reden het slepen ook niet populair gebleken. Sommige proefpersonen ontdekten het slepen wel na een tijdje, maar maakten er alsnog niet heel veel gebruik van.

Wat positief verraste was de hoeveelheid tijd die proefpersonen wensten te spenderen aan het spelen met de tafel. De verwachting was dat spelers na vijf minuten wel genoeg zouden hebben van de tafel, maar alle proefpersonen speelden langer door en bleven experimenteren met nieuwe melodieën en andere instrumenten.

7. CONCLUSIE

Door een simpele interface te ontwerpen met intuïtiviteit als uitgangspunt, is het mogelijk gebleken om gebruikers de applicatie te laten doorgronden, zonder dat zij vooraf instructie hebben ontvangen. De muziktafel was intuïtief in het gebruik.

Het is voor gebruikers van de muziktafel een erg leuke ervaring om het programma te ontdekken en met anderen samen

te werken aan een symfonie. Gebruikers vonden het erg leuk om hun gecreëerde melodie meteen te horen en te proberen deze te verbeteren.

Het spelen met meer dan twee gebruikers resulteerde niet per se een leukere ervaring op, eerder een mindere door de chaos die volgde. Hoewel deze chaos niet altijd als negatief werd ervaren – het leidde zelfs tot een nieuwe, competitieve manier om de muziktafel te gebruiken – deed dit wel af aan de bedoelde, creatieve gebruikservaring.

De mindere nauwkeurigheid en gevoeligheid van de multi-touch tafel hinderen een soepel gebruik van de applicatie wanneer interface-elementen de grootte van een vinger hebben of dicht aan elkaar grenzen. De hardware-technische beperkingen aan het correct registreren van klikken hadden een negatieve impact op het uiteindelijk speelplezier van de gebruikers. Applicaties kunnen pas volledig tot hun recht komen, wanneer de genoemde hardware-technische beperkingen verholpen worden.

Concluderend kan gezegd worden dat het mogelijk is om personen te laten werken aan een melodie. Het onderzoek heeft uitgewezen dat aan het huidige prototype plezier beleefd wordt. Uit de gebruikersonderzoeken zijn een aantal verbeterpunten naar voren gekomen, het is logisch te concluderen dat indien deze punten doorgevoerd worden, de frustraties van de gebruikers afnemen en het spelplezier toeneemt.

7.1 Future Works

Zoals gezegd, waren er ook verbeterpunten voor de muziktafel. Zo moet er onder andere gekeken worden naar het beter bruikbaar maken van de applicatie wanneer er vier spelers zijn. Nu hebben de melodieën van de verschillende spelers de neiging elkaar te overheersen in plaats van elkaar aan te vullen.

Wat dit mogelijk kan verhelpen, zijn realistischer geluiden voor de verschillende instrumenten. Momenteel wordt een MIDI-soundbank gebruikt, maar de uiteindelijke symfonie is waarschijnlijk gebaat bij realistischere samples van de verschillende instrumenten. Ook zou het gebruik van samples in plaats van een MIDI-soundbank het technische probleem verhelpen dat verschillende machines momenteel verschillende MIDI-soundbanks bevatten en dat de instrumenten in deze verschillende soundbanks anders klinken, niet dezelfde naam hebben en een ander onderling volume.

Een andere oplossing is wellicht het limiteren van het maximale aantal noten dat per 16e maat geselecteerd kan worden. Wanneer er bijvoorbeeld maximaal drie noten geselecteerd kunnen worden per kolom, komt de nadruk meer te liggen op het maken van een mooie symfonie met de beschikbare middelen in plaats van het aanklikken van noten.

Een leuke toepassing voor deze muziktafel zou zijn om deze te laten fungeren als MIDI-device waarmee de gecomponeerde melodie doorgestuurd kan worden naar professionele audio-software. Muziekproducers zouden op deze wijze de tafel kunnen gebruiken om net makkelijk, zo lang te tweaken aan hun melodie tot ze die melodie gevonden hebben die ze zoeken.

8. DANKWOORD

Tijdens dit project is door ons uitstekend samengewerkt met de medewerkers van KIT Engineering. In het bijzonder willen wij Mathijs van den Berg, Thomas van der Made en Andries Lohmeijer bedanken voor hun hulp en ondersteuning bij het koppelen van de applicatie met de multi-touch tafel en de nuttige feedback die zij gedurende het hele project hebben geuit.

Ook willen wij Betsy van Dijk bedanken voor haar begeleidende en sturende rol in het project.

Tot slot willen we de mensen bedanken die hebben meegewerkt aan de evaluaties en ons daarbij voorzien hebben van waardevolle feedback.

9. REFERENTIES

- [1] CHUA, Y. Composition based on pentatonic scales: a computer-aided approach. *Computer* 24, 7 (1991), 67–71.
- [2] GROSS, T., F. M., AND LIEBSCH, S. The cuetable: Cooperative and competitive multi-touch interaction on a tabletop. *CHI EA '08* (2008), 3465–3470.
- [3] RYALL, K., C. F. S. C. M. M. E. K. Experiences with and observations of direct-touch tabletops. *Proceedings of the First IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems 2006* (2006).
- [4] SHEN, C., R. K. C. F. E. A. V. F. E. K. W. M. W. D. M. M. H. M. T. E. Informing the design of direct-touch tabletops. *IEEE Computer Graphics and Applications* 26, 5 (2006), 36–46.
- [5] TURATTO, M., G. G. Color, form and luminance capture attention in visual search. *Vision Research* 40, 13 (1999), 1639–1643.

APPENDIX

A. ENQUÊTE EVALUATIE

1. Hoe zeer heb je je tijdens de evaluatie plezier gehad in het gebruik van het programma?
2. Wat vond je het leukst aan het programma?
3. Had je het idee het programma eenvoudig te doorgronden?
4. Wat heb je gemist aan het programma?
5. Hoe beoordeel je de volgende aspecten van het programma op een schaal van 1 (zeer slecht) tot 5 (zeer goed):
 - (a) Vindbaarheid van muzieknoden invoeren:
1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (b) Vindbaarheid van de instrumentkeuze:
1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (c) Vindbaarheid van de clear-functie:
1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (d) Gebruikte instrumentengeluid:
1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (e) Gebruikte animaties:
1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (f) Gebruikte kleuren:
1 / 2 / 3 / 4 / 5
6. Hoe beviel de samenwerking met de andere spelers op een schaal van 1 (zeer slecht) tot 5 (zeer goed):
1 / 2 / 3 / 4 / 5
7. (Indien meerdere spelers:) Hoe waardevol vond je het om de andere spelers face-to-face te zien?
8. (Indien enkele speler:) Hoe erg heb je de samenwerking met andere gebruikers gemist?
9. Hoe beoordeel je elk van de volgende aspecten van de tafel op een schaal van 1 (zeer slecht) tot 5 (zeer goed)?
 - (a) Reactiesnelheid van de tafel: 1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (b) Precisie van de tafel: 1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (c) Slepen over de tafel: 1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (d) Grootte van de tafel: 1 / 2 / 3 / 4 / 5
 - (e) Zichtbaarheid van het scherm: 1 / 2 / 3 / 4 / 5
10. Was het programma net zo leuk geweest als je ieder je eigen computer had gekregen?
11. Heb je nog andere opmerkingen?