

POLITECNICO DI TORINO

Facoltà di Ingegneria
Corso di Laurea in Ingegneria del Cinema e dei mezzi di
comunicazione

Tesi di Laurea Magistrale
**ARTificial Synesthesia: progetto e realizzazione di
un'installazione interattiva multimediale basata sul
controllo oculare**



Relatore
Prof. Giovanni Malnati, DAUIN

Laureando
Riccardo Mollo

Luglio 2018

Indice

Introduzione	5
1 Arte e scienza	8
1.1 L'arte interattiva	11
2 L'apparato visivo	16
2.1 I movimenti oculari	22
2.2 L'attenzione	24
3 L'apparato uditivo	27
4 Sinestesia.....	31
5 Relazioni tra udito e vista	35
6 L'eye tracking	37
6.1 Utilizzi	37
6.2 Pratiche comuni	39
6.3 Tobii.....	43
7 L'installazione.....	45
7.1 Gli oggetti musicali di Schönberg	45
7.2 Componenti	48
7.3 Calibrazione.....	50
7.4 Gestione dell'interazione.....	51
7.5 Controllo dell'audio	54
8 Test.....	56
8.1 Test 1	58
8.2 Test 2	60
8.3 Test 3	65
8.4 Test 4	71
8.5 Test 5	73
9 Sviluppi dell'installazione	78
10 Conclusioni.....	80
Bibliografia	82
Sitografia.....	85
Videografia.....	85

Introduzione

L'oggetto del presente studio è la messa a punto di un'installazione che permetta di generare una sinestesia digitale.

L'intento che mi sono prefissato è quello di creare un suono che sia il frutto dell'interazione tra lo sguardo dello spettatore e un'immagine. Il dispositivo che rende possibile la realizzazione di questo progetto è l'*eye tracker*.

L'idea alla base del progetto è quella di creare un'opera d'arte interattiva sfruttando le infinite potenzialità che i nuovi media offrono.

La volontà di espandere l'esperienza del fruitore è stata lo spunto iniziale, ma approfondendo gli studi mi son chiesto quali fossero le implicazioni del rapporto vista-udito tra le percezioni umane, in termini di memoria, attenzione, consapevolezza.

La vista è il principale veicolo di fruizione delle opere d'arte, è il senso maggiormente sviluppato nell'uomo. Il cervello umano, da parte sua, è un organo incredibilmente complesso e le interazioni che si sviluppano tra i diversi sensi sono molteplici e allo stato attuale degli studi scientifici in materia ancora poco conosciute.

A suscitare il mio interesse non sono stati dunque la vista e l'udito, considerati singolarmente e separatamente, ma le conseguenze reciproche della loro interazione simultanea.

La domanda che mi appassiona ed alla quale vorrei dare risposta con questo mio studio è: "come riescono i suoni a creare nella mente immagini così vivide

e multiformi e come possono le immagini suscitare emozioni di cui solo la musica è capace? “

Il mio percorso inizia dalla ricerca sulle origini del rapporto tra il mondo dell'arte e quello della scienza.

In un secondo momento, sono state indagate le pratiche artistiche di tendenza nelle ultime decadi, cioè le arti interattive.

Per capire meglio il ruolo dell'osservatore, nel secondo capitolo, ho tentato di definire i meccanismi oggettivi che regolano il cervello umano. Il secondo ed il terzo capitolo sono focalizzati sul sistema visivo e uditivo, i principali attori che sono chiamati in causa di fronte all'installazione.

Ho poi analizzato le relazioni che intercorrono tra i due sistemi, i vantaggi e gli aspetti negativi generati dalla loro azione simultanea. In particolare, ho approfondito il fenomeno della sinestesia.

Dal momento che l'interazione che ha origine dall'*eye tracking* dello spettatore è il fondamento dell'installazione, nel sesto capitolo mi sono soffermato ad esaminare le tecniche praticate applicate in questo ambito e la struttura del dispositivo, l'*eye tracker 4c*, prodotto dall'azienda Tobii, che ho scelto per la realizzazione del progetto.

Nel settimo capitolo ho descritto l'installazione: ho spiegato come è nata questa idea e come è stata realizzata fisicamente e ho chiarito la natura dell'applicazione che ne gestisce il funzionamento. Nell'ottavo capitolo sono arrivato a commentare cinque tipologie di test da me ideate e sperimentate su un campione di 15 persone al fine di perfezionare l'esperienza dello spettatore sulla base di dati empirici e attraverso la formulazione di teorie.

Nella conclusione, infine, ho presentato alcune considerazioni sugli sviluppi futuri di questo progetto.

Capitolo 1

Arte e scienza

Solamente a partire dal XVII secolo, con Renè Descartes (1596-1650), è venuta a crearsi una netta distinzione tra Arte e Scienza. Infatti, meno di un secolo prima, si assisteva al culmine del periodo storico di questo rapporto di interscambio, il Rinascimento, che ha trovato il suo esponente di spicco nella figura di Leonardo Da Vinci (1452-1519), il quale, con la sua vasta opera

poliedrica, è riuscito ad unificare questi due campi, dell'Arte e del Sapere.

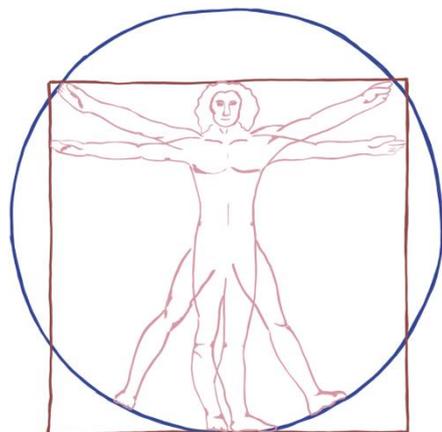


Illustrazione dell'uomo di Vitruvio di Leonardo Da Vinci che con una originale metafora riesce a risolvere il problema "insolubile" della quadratura del cerchio.

Ma questo rapporto di scambio in realtà si rintraccia in epoche anche più antiche, basti pensare al termine greco *technè*, l'equivalente latino del termine *ars*, che significa Arte, ma anche Tecnica. A tal proposito, si potrebbe citare Pitagora (580-570 a.C. - 495 a.C.) filosofo, matematico, taumaturgo, scienziato e politico, il quale indica come sostanza primigenia (*archè*) l'armonia,

determinata dal rapporto tra i numeri e le note musicali, da cui deriverà l'invenzione della scala musicale, oppure, in tempi meno lontani, il pittore e matematico Piero della Francesca (1416/17 – 1492) il quale ha sviluppato interessanti studi sulla prospettiva che per lui è “ un insieme di proiezioni e di procedimenti di carattere geometrico-matematico che consentono di costruire l'immagine di una figura dello spazio su un piano, proiettando la stessa da un centro di proiezione posto a distanza finita”.

In seguito alla rivoluzione scientifica, che abbraccia il periodo compreso tra la data di pubblicazione dell'opera di Niccolò Copernico *Le rivoluzioni degli astri celesti* (1543) (rivoluzione copernicana) e quella dell'opera di Isaac Newton *I principi matematici della filosofia naturale* (1687), comprendendo la nascita del metodo scientifico da parte di Galileo Galilei, sebbene i due saperi venissero ancora distinti, gli scambi tra l'Arte e la Scienza non si sono comunque fermati. Possiamo immaginare la Scienza e l'Arte come due poli estremi (la logica e l'intuizione, l'oggettività e la soggettività, la generalizzazione e la contestualizzazione) tra i quali il sapere umano ha da sempre tracciato dei filoni culturali che si sono avvicinati ora all'uno ora all'altro.

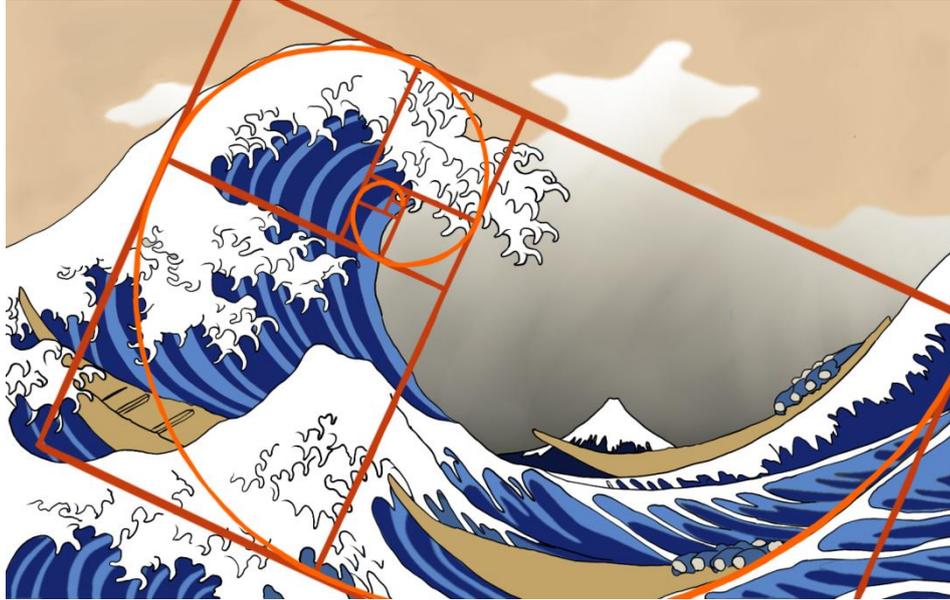


Illustrazione del dipinto “La grande onda di Kanagawa” di Katsushika Hokusai (1760-1849) che dimostra come le leggi matematiche vengano utilizzate, anche in maniera istintiva, nella creazione delle opere d’arte. In questo caso l’onda rispetta le proporzioni delle spirale aurea.

Nel XX secolo Norbert Wiener (1894 – 1964), il padre della cibernetica, nel suo scritto “The Human use of Human Beings” affermava che *“la Storia ha mostrato che le scienze naturali e le arti nel loro sviluppo corrono sempre parallele”*, proponendo un’educazione interdisciplinare secondo la quale gli artisti e gli intellettuali non si devono isolare ognuno nella propria specializzazione.

1.1 L'arte interattiva

"Visits to museums have in recent years become less about the object and more about the experience" - A.Jackson and J.Kidd

"I nuovi media sono interattivi. Diversamente dai vecchi media, in cui l'ordine di rappresentazione è fisso, oggi l'utente può interagire con un oggetto mediale. Grazie all'interazione l'utente può scegliere gli elementi da visualizzare o i percorsi da seguire, generando così un output personalizzato. In questo modo l'utente diventa anche coautore dell'opera." - Lev Manovich

Oggigiorno è molto semplice notare la crescente tendenza dei musei e dell'arte a enfatizzare l'esperienza e le modalità di fruizione nelle esposizioni contemporanee.

L'arte interattiva affonda le sue radici in artisti come Marcel Duchamp (1887-1968), o movimenti come Fluxus e l'Arte Povera, i quali iniziarono a rifiutare l'idea di un'arte autonoma, associata all'idea della mercificazione dell'arte e all'estetica del *"white cube"* inteso come ideologia degli spazi espositivi

I primi *happening*, installazioni provvisorie e eventi orientati al coinvolgimento del pubblico segnarono la nascita di un modo di fare arte temporaneo e non tradizionale che col tempo si è diretto verso tematiche sociali e forme di attivismo politico.

A partire dagli anni '80 le installazioni multimediali hanno via via cambiato sempre più la relazione tra il soggetto che osserva e l'oggetto.

Il fruitore dell'arte interattiva acquisisce un bagaglio di esperienze che modifica, come dice Hans Robert Jauss (1921-1997), i suoi orizzonti di attesa (Erwartungshorizont). Avviene dunque un mutamento nel modo in cui il fruitore si avvicina ai prodotti artistici. Per questo, visitando un museo di arte classica, si arriva oggi ad avere l'aspettativa di poter interagire e personalizzare la propria esperienza.

"The problem lies in the word 'understanding' and its many levels which cannot be restricted to rational analysis. Imagination, inspiration, and longing all lead people to sense that these other levels also play a part in understanding"

Partendo da questa affermazione di Joseph Beuys (1921-1986), si può concludere che l'arte in grado di attivare il pubblico possa aiutarlo nel processo di comprensione dell'opera stessa.

Nicholas Serota propone una interessante distinzione tra *esperienza* e *interpretazione*.

L'interpretazione equivale ad una categorizzazione storica ed il museo viene visto come un libro di Storia. *L'esperienza* invece rappresenta l'evento "live" e suggerisce un investimento emotivo da parte dello spettatore. Lo studioso asserisce inoltre che il compito dei curatori delle Mostre è generare una condizione nella quale i visitatori possano provare un inteso senso di scoperta

guardando un particolare quadro, una scultura o un'installazione in un determinato luogo e in un preciso momento, piuttosto che trovare loro stessi in piedi sul nastro trasportatore della storia.

Al giorno d'oggi nel mondo dell'arte il termine 'esperienza' è stato collegato a parole come autenticità, verità, uguaglianza, democrazia, sensazione, soggettività e sensibilità. Seguendo questa catena di associazioni L'esperienza si pone in contrasto con la presunta autorità della conoscenza che in se stessa è antidemocratica e inaccessibile. L'Esperienza è dunque privilegiata rispetto alla contemplazione che è invece passiva e disimpegnata.

Un crescente numero di progetti educativi si sta velocemente sviluppando nelle istituzioni d'arte in tutto il mondo per rendere le mostre più interattive e per stimolare il dialogo con i visitatori.

Questo modo di intendere la programmazione diretta al pubblico si differenzia dalla convenzionale educazione museale perché a differenza di quest'ultima ha un ruolo centrale nell'agenda delle istituzioni più importanti ed è spesso supportata da propri specifici dipartimenti, curatori, budget e contenuti. Questi programmi orientati verso il coinvolgimento diretto del pubblico non intendono solamente contestualizzare e ampliare la conoscenza delle opere d'arte esposte, ma costituiscono già di per sé opere d'arte ed esibizioni.

Margreiet Schavemaker propone quattro diversi modelli su cui si sviluppano questi programmi volti a coinvolgere l'audience:

1) Conference model. In questo modello il pubblico è abitualmente seduto in una platea buia e degli esperti discutono sul palco. Questo è un freno all'interazione con gli spettatori. Alcune istituzioni provano a smuovere questa situazione di stallo. Un esempio è la Serpentine Gallery di Londra che ogni estate allestisce un padiglione progettato dai più importanti designer al mondo che ospita *talks* ed eventi. In questo modo vuole far sentire lo spettatore come se fosse parte di uno spettacolo piuttosto che passivo spettatore di una conferenza.

2) Community model. Questo modello cerca di iniziare il dialogo col pubblico stimolando un coinvolgimento attivo e una condivisione tra i partecipanti. Un esempio è il BMW Guggenheim Lab, che crea un'architettura mobile e temporanea per ospitare un programma di eventi che è pensato per la comunità locale e che vuole dibattere sui temi in grado di ispirare idee per la vita urbana contemporanea. In questo caso il ruolo del curatore riveste meno importanza e si limita a svolgere l'attività di moderatore o organizzatore. In assenza di una documentazione fisica, i risultati di questi incontri rimangono locali e transitori, come lo spazio in se stesso.

3) Festival model. In questo caso si vuole portare il pubblico fuori dagli auditori e metterlo di fronte ad opere d'arte che per la loro natura temporanea, performativa o partecipativa trovano poco spazio negli allestimenti delle istituzioni artistiche. Un esempio è il festival "Do It!" organizzato dallo Stedelijk Museum di Amsterdam che comprende una serie di eventi tematici: "Smell It!" si concentra sull'arte olfattiva, "Augment It!" esplora le possibilità della realtà dilatata. Non esiste un percorso stabilito e il pubblico è lasciato libero di scegliere le proprie esperienze. Anche in questo caso non esiste una documentazione dell'evento e questo fa sì che si crei nei partecipanti un forte senso di appartenenza ad un evento unico e irripetibile.

4) Exhibition model. Questo modello prevede che la partecipazione e l'educazione del pubblico abbia un carattere meno transitorio. Per realizzarlo si dedica uno spazio all'interno dell'istituzione artistica alle opere interattive, alle performance e alle discussioni. Quando non c'è nulla in programmazione questi spazi rimangono vuoti e ricordano al pubblico che li visita che l'arte transittiva, gli eventi, e la riflessione critica hanno un ruolo cruciale nello spazio espositivo. Un esempio è la Tate Gallery di Londra che nel 2016 ha aperto la sezione Tanks dedicata interamente a quella che si può definire "*art in action*".

Capitolo 2

L'apparato visivo

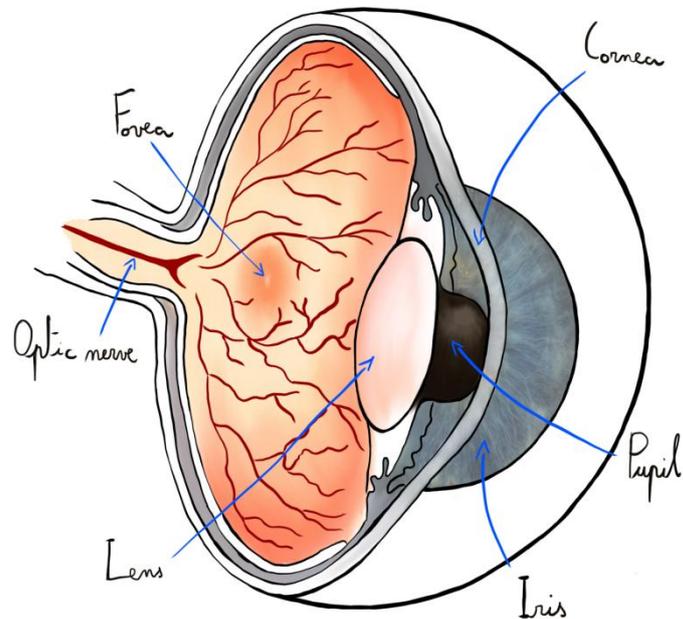
La vista è il sistema sensoriale più sviluppato nell'uomo. È possibile suddividere il sistema visivo in due parti, gli occhi ed il cervello. Gli occhi sono le porte che permettono alle onde elettromagnetiche di essere catturate dall'uomo, ma è il cervello che svolge il compito più importante perché trasforma questi semplici segnali in quello che noi consideriamo la vista: colori, forme, movimento, spazio tridimensionale...

Il ruolo dell'occhio è quindi quello di raccogliere i dati e l'evoluzione ha provveduto ad un complesso sistema per garantire questa funzione.

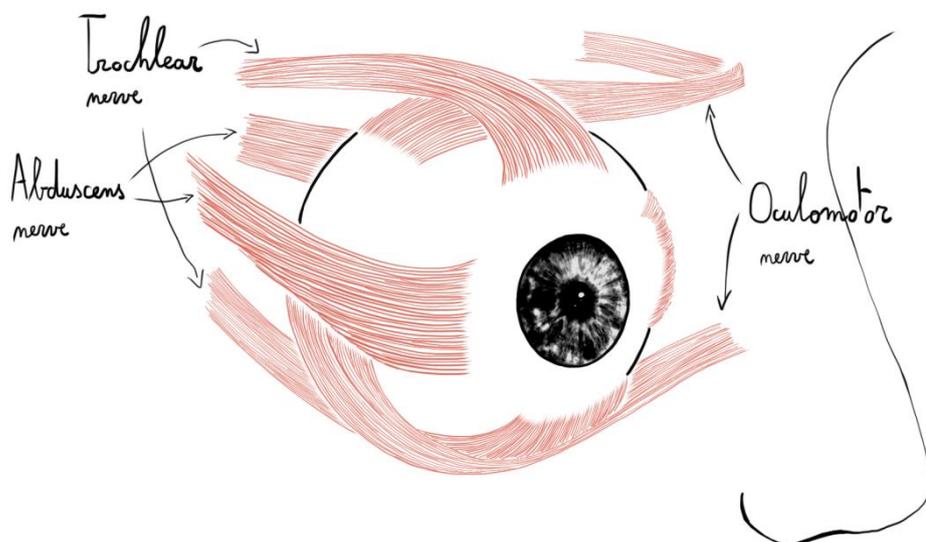
Le sue parti fondamentali sono:

- L'iride, che stringendosi o allargandosi permette di controllare il flusso che, attraverso la pupilla, raggiunge l'interno dell'occhio.
- La lente che grazie ai muscoli ciliari può assottigliarsi o inspessirsi per controllare il punto di messa a fuoco dell'occhio.
- La retina, che è la sede dei fotorecettori. Il punto più importante della retina è chiamato fovea. Questa è il centro dell'asse visivo, è molto piccola (copre approssimativamente 1.3 gradi rispetto ai complessivi 160 dell'intero campo visivo) ma è il punto con la più alta densità di coni dell'intero occhio. I coni rispetto ai bastoncelli, che aumentano allontanandosi dalla fovea, consentono una maggiore risoluzione spaziale, permettendo di vedere meglio i dettagli, e la corretta

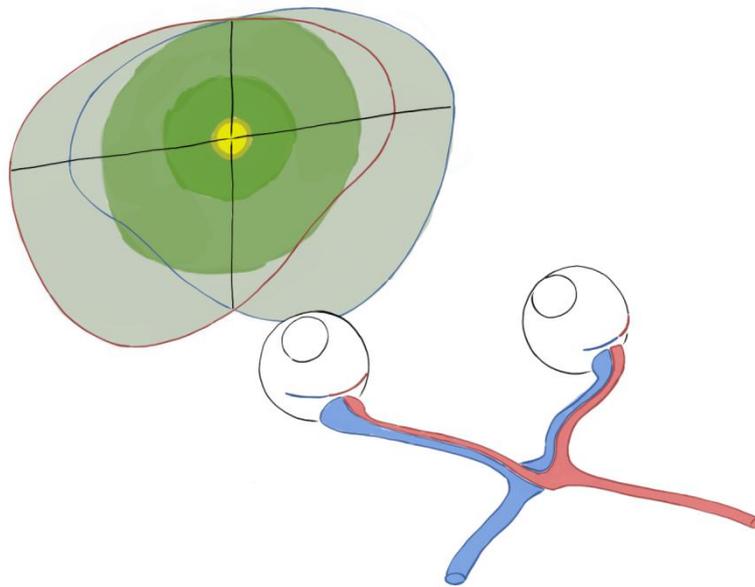
elaborazione dei colori, perché ne esistono 3 tipi, ognuno in grado di percepire differenti bande elettromagnetiche, rispettivamente le aree del rosso, del verde e del blu.



Anatomia dell'occhio umano



I muscoli oculari controllati da tre nervi cranici



La rappresentazione del campo visivo umano e il chiasmo oculare



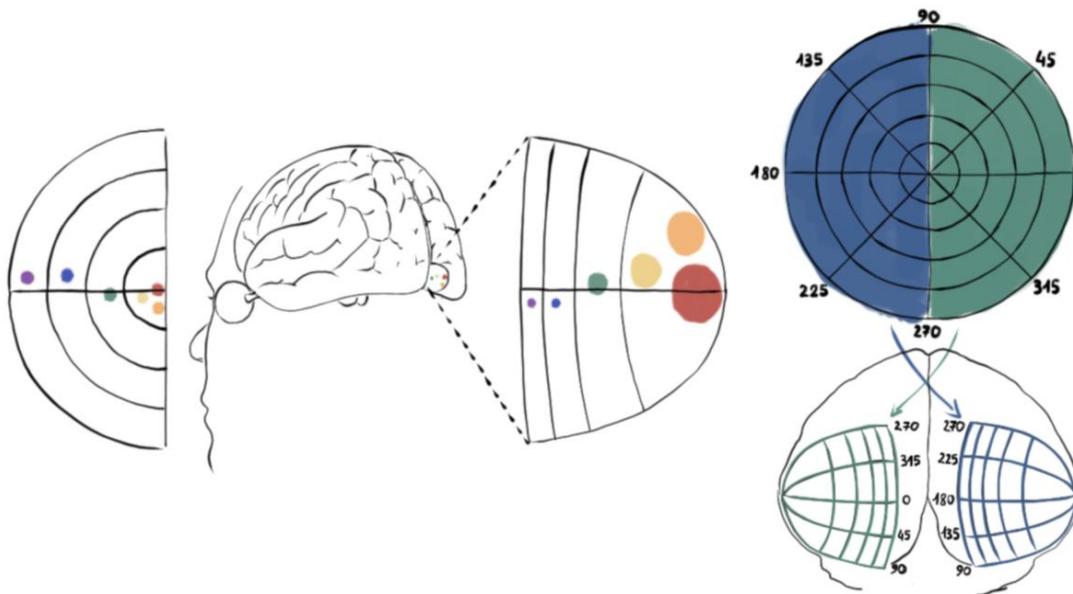
La prima immagine rappresenta quello che l'essere umano crede di vedere ma in realtà è una ricostruzione del cervello. La seconda è un esempio di quello che realmente percepisce l'occhio dell'uomo: una piccola area circostante al punto di fuoco è l'unica in cui si vedono chiaramente i dettagli e i colori, poi progressivamente l'informazione si fa sfocata e sbiadita.

I segnali raccolti vengono poi trasmessi al cervello mediante il nervo ottico. Il nervo ottico si può dividere in due canali a seconda delle cellule che li compongono, le cellule *midget* e le cellule *parasol*.

I due canali presentano delle differenze importanti: il canale *midget* permette una migliore risoluzione spaziale e la differenziazione dei colori, ma trasmette le informazioni più lentamente. Il canale *parasol* invece non trasmette informazioni relative al colore ma è più veloce e quindi permette una migliore risoluzione temporale.

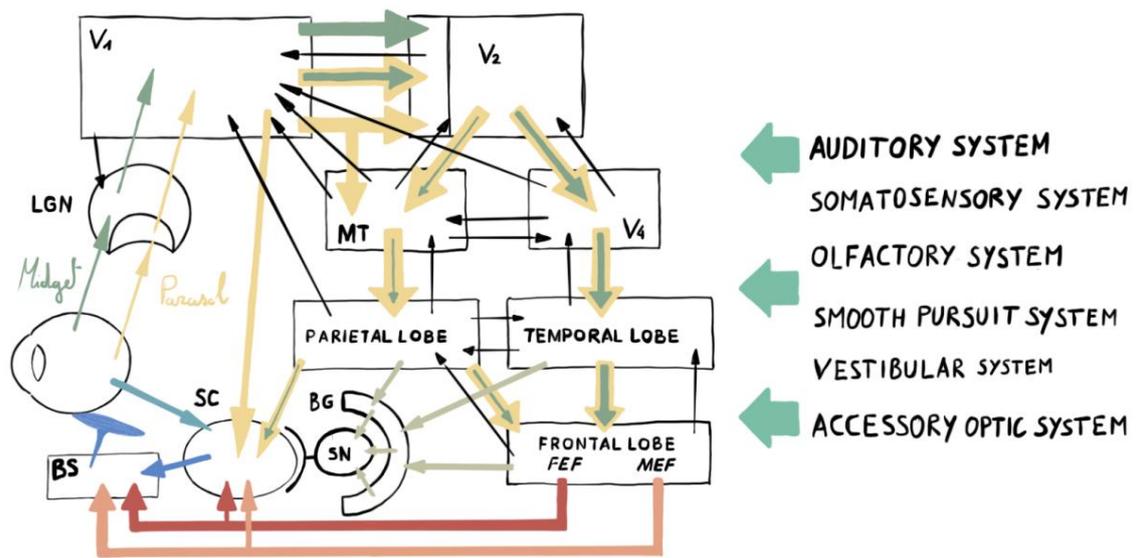
Questi due canali si collegano al corpo genicolato laterale e da qui passano alla corteccia visiva. La prima parte che viene raggiunta è denominata v1 ed è quella che svolge un'elaborazione più ampia per poi trasmettere le informazioni ad altre sezioni che le svilupperanno in maniera più dettagliata. In tutto si possono identificare 30 sezioni che hanno un ruolo nel sistema visivo.

Dato che il nervo ottico si occupa anche di suddividere le informazioni della retina tra i due emisferi, temporale e nasale, grazie ad un chiasmo ottico riesce a sincronizzare le informazioni dei due occhi, in modo che l'emisfero sinistro di entrambi venga trasposto alla parte destra della corteccia v1, mentre l'emisfero destro sia trasposto nella regione sinistra. La trasposizione avviene seguendo una mappa topografica: innanzitutto, a fotorecettori vicini nella retina corrispondono neuroni vicini nella corteccia, inoltre si verifica un ingrandimento corticale per cui la regione della fovea, ad alta densità di recettori, viene mappata su un'ampia zona della corteccia.



Relazione topografica tra campo visivo e corteccia cerebrale: il campo visivo viene ribaltato sui due assi.

L'area v1, a sua volta, proietta i segnali seguendo questo schema su un organo chiamato *superior colliculus* che svolge un ruolo fondamentale nel controllo dei movimenti oculari. Il *superior colliculus* infatti attraverso il tronco encefalico aziona i 3 nervi cranici che controllano il movimento degli occhi.



Il complesso sistema che consente il controllo dei movimenti oculari.

2.1 I movimenti oculari

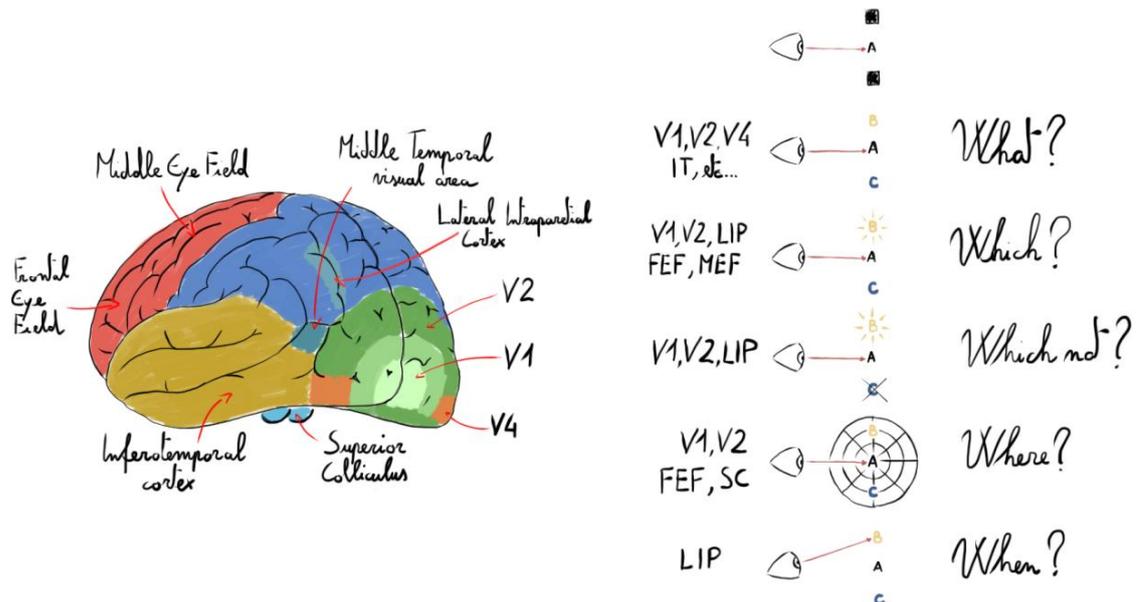
L'occhio umano non sta mai fermo. Addirittura, una ricerca scientifica ha tentato di giustificare l'esistenza dei sogni durante il sonno come una funzione per mantenere anche durante le ore di riposo gli occhi in movimento, altrimenti l'immobilità potrebbe causare una deformazione della cornea ed un conseguente danneggiamento della funzione visiva.

Esistono diversi tipi di movimenti oculari:

- La saccade è un veloce movimento per spostare il punto di interesse lungo l'asse visivo perché venga recepito dalla fovea. Rappresenta il movimento più usato, circa 3 volte al secondo;
- L'inseguimento è un movimento più lento il cui scopo è seguire un bersaglio che compie uno spostamento. In assenza di un bersaglio infatti è impossibile compiere questo movimento;
- Il nistagmo è un tremolo involontario continuo che impedisce all'occhio di rimanere perfettamente immobile;
- Il riflesso oculo-cefalico è un movimento involontario di tipo compensatorio che permette di mantenere fisso lo sguardo su un oggetto anche quando ruota la testa;
- Il nistagmo optocinetico è un movimento involontario di tipo ondulatorio che si esercita quando si segue un fenomeno con un andamento regolare. Succede ad esempio guardando fuori da un finestrino del treno.

Tra le saccadi ci sono poi degli istanti di fissazione in cui gli occhi non si spostano dal punto di interesse.

Il movimento saccadico che compiamo continuamente senza pensarci, in realtà, richiede una notevole attività che coinvolge molte aree del cervello, come mostrato nella seguente figura.



Le principali aree del cervello coinvolte nel processo che conduce alla scelta del movimento saccadico.

Prima di effettuare una saccade occorre:

- Individuare i possibili obiettivi;
- Scegliere un obiettivo preciso tra quelli individuati;
- Scartare gli altri candidati;
- Stabilire le coordinate spaziali all'interno del campo visivo;
- Eseguire il movimento.

2.2 L'attenzione

La direzione dello sguardo, nella maggior parte dei casi, indica dove è rivolta l'attenzione.

I meccanismi dell'attenzione sono due:

- Bottom-Up. Questo opera basandosi su stimoli sensoriali grezzi, spostando l'attenzione rapidamente e involontariamente su oggetti visivi che potrebbero avere importanza. Alcuni esempi possono essere: un frutto rosso in un campo verde, oppure l'improvviso movimento di un predatore.
- Top-Down. Quest'ultimo invece implementa strategie cognitive a lungo termine. L'attenzione viene indirizzata per il completamento di un compito preciso. Questo meccanismo si aziona ad esempio quando ci cade un oggetto per terra e lo cerchiamo sulla base delle sue caratteristiche peculiari.

I due meccanismi lavorano insieme, nello stesso momento: l'attenzione bottom-up ci allerta per elementi salienti nell'ambiente circostante, l'attenzione top-down invece modula i segnali bottom-up quando dobbiamo cercare qualcosa di preciso. Tuttavia, è stato dimostrato da Jan Theeuwes che l'attenzione bottom-up non potrà mai essere del tutto ignorata. In un suo esperimento Theeuwes ha infatti notato che sebbene la richiesta sia di individuare degli elementi di una forma specifica, l'attenzione è inevitabilmente fuorviata da elementi dal colore insolito.

L'area v4, che è un passo intermedio lungo il sentiero per l'elaborazione visiva di un oggetto, è dunque influenzata dall'attenzione.

Sia a livello neurale che a livello psicofisico, l'attenzione bottom-up agisce prima e l'attenzione top-down sopraggiunge intorno ai 100 ms dopo.

Il fatto che agisca prima il meccanismo bottom-up ha senso perché permette di elaborare rapidamente gli effetti basati su proprietà visive semplici, che vengono analizzate nei primi livelli della corteccia visiva. Invece, il meccanismo top-down richiede un controllo cognitivo più complesso, operando sugli input sensoriali a livelli più alti della corteccia.

Per decenni i ricercatori hanno registrato l'attività elettrica del cervello associata al movimento degli occhi per cercare di capire i meccanismi neurali. Recenti progressi nel campo della tecnologia di *eye-tracking* hanno permesso di utilizzare i movimenti degli occhi come mezzo per segmentare l'attività cerebrale in episodi rilevanti nel processo cognitivo, ad esempio durante la percezione di una scena, la lettura, la ricerca visiva. Questo ha permesso di scoprire i meccanismi neurali attivi e dinamici che sono alla base della percezione, attenzione e memoria in condizioni naturali.

Il più comune tra gli approcci metodologici è quello di esaminare l'elettroencefalogramma in corrispondenza di alcuni eventi legati ai movimenti oculari, per esempio l'inizio di una fissazione oppure l'inizio di un movimento saccadico.

Nakatani e Van Leeuwen hanno registrato l'elettroencefalogramma e il movimento degli occhi durante la libera visione del cubo di Necker e hanno

scoperto che le saccadi e lo sbattere di palpebre facilitano i cambiamenti percettivi. Inoltre l'ampiezza dell'attività alpha che precede questi eventi oculari predice se il risultato di questo cambiamento percettivo sarà una saccade o lo sbattere di ciglio.

Nikolaev ed altri studiosi hanno esaminato l'attività dell'elettroencefalogramma prima delle saccadi durante la libera esplorazione visiva di una scena naturale in anticipazione ad un test di memorizzazione. Le loro scoperte evidenziano come l'attività pre-saccadica possa essere indice di accuratezza nella scelta del prossimo bersaglio verso cui dirigere lo sguardo. Un'attività più intensa precede fissazioni più durature e indica una corretta selezione del punto di fuoco utile al conseguimento del compito assegnato.

Capitolo 3

L'apparato uditivo

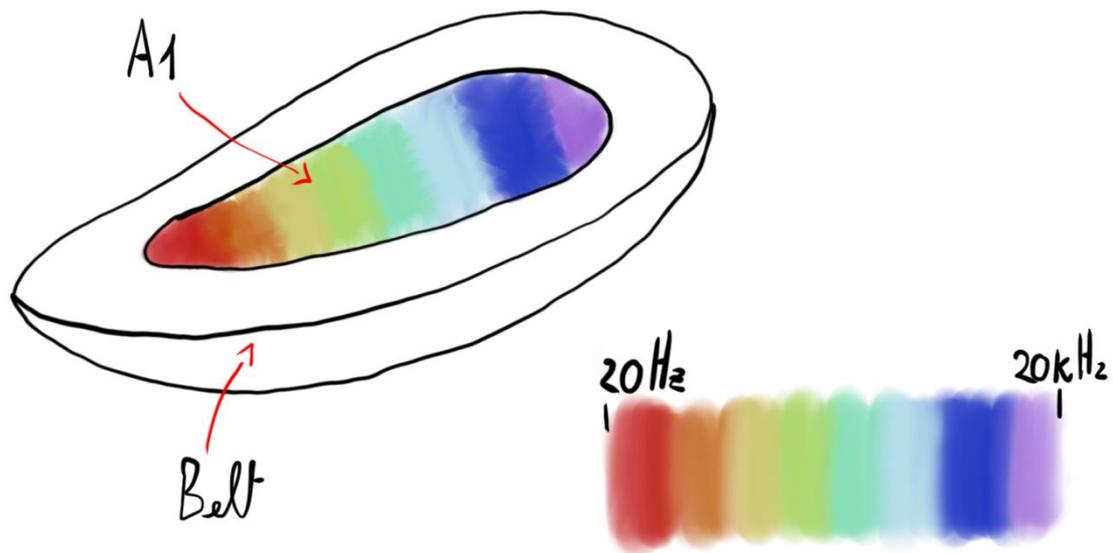
Negli ultimi decenni i neuroscienziati hanno fatto enormi progressi nel comprendere il funzionamento del cervello umano, monitorandolo in tempo reale attraverso tecniche come la FMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging) e la PET (Positron Emission Tomography).

Si è scoperto quindi che la musica attiva diverse parti del cervello simultaneamente, sia ascoltandola perché viene processata nelle sue parti per comprendere qualità come ritmo e melodia per poi riunificarle nell'esperienza musicale complessiva, sia e soprattutto generandola attraverso uno strumento. In entrambi i casi vengono attivate le parti del cervello relative sia alla vista che all'udito. La differenza principale tra le due attività risiede nel fatto che l'atto di generare della musica richiede delle precise attività motorie che sono controllate da entrambi gli emisferi e combina la precisione linguistica e matematica, localizzata principalmente nell'emisfero sinistro, con i contenuti creativi, che si sviluppano nell'emisfero destro. È dimostrato che il volume e l'attività del *corpus callosum*, il ponte tra i due emisferi, aumenta, permettendo quindi connessioni più veloci e consentendo ai musicisti di risolvere problemi più efficacemente. Dato che per suonare è richiesta un'abilità tecnica e una comprensione del messaggio e dell'emotività del brano, i musicisti sviluppano ad un più prestante livello le *funzioni esecutive*, un complesso sistema di moduli funzionali della mente, che regolano i processi di controllo e

coordinazione del sistema cognitivo, pianificazione, elaborazione di strategie e attenzione ai dettagli, che richiedono un'analisi simultanea sia a livello cognitivo che emotivo. Questa caratteristica ha un impatto sulla memoria, infatti i musicisti sembrano più portati a creare, organizzare nuove memorie per poi richiamarle più velocemente.

La corteccia uditiva si trova nel lobo temporale superiore e si divide principalmente in una zona primaria ed in aree circostanti (*belt areas*).

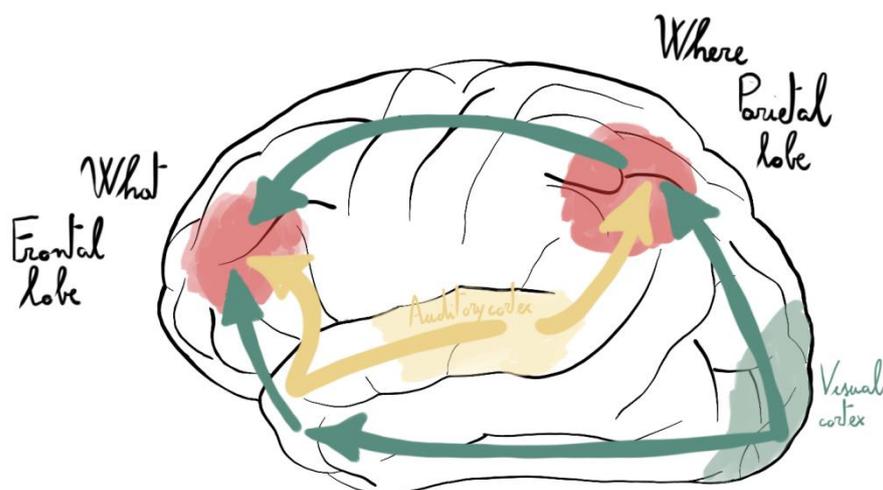
La corteccia primaria è organizzata tonotopicamente, ovvero neuroni vicini rispondono a frequenze vicine, in modo simile a come accade per la corteccia visiva, con la differenza che le frequenze vengono già suddivise dalla coclea.



La mappa tonotopica della corteccia uditiva primaria.

La corteccia uditiva riceve i segnali direttamente dal corpo genicolato mediale presente nel talamo e per questo si pensa che identifichi gli elementi fondamentali della musica: il *pitch* e il volume.

Dalla corteccia poi si dipanano due sentieri che l'informazione percorre per capire 'cosa' ha prodotto il suono e 'dove' si trova la sorgente. È interessante notare che le zone in cui questi sentieri culminano sono le stesse in cui viene elaborata l'informazione visiva.



I percorsi del sistema visivo e del sistema uditivo che portano al riconoscimento della sorgente dello stimolo e alla sua localizzazione spaziale.

Il ritmo ha un ruolo fondamentale nella cultura musicale del genere umano. Possono cambiare gli strumenti ma alcune caratteristiche sono comuni, come il battito regolare oppure le strutture temporali che si ripetono periodicamente. Questa peculiarità è usata dai musicisti per coordinarsi e non solo, perché in ogni cultura il 'beat' ha un'importante relazione col movimento. Le persone reagiscono al battito in anticipo, non si limitano a reagire al suono una volta percepito. Il ritmo viene percepito in maniera flessibile: ascoltando un brano musicale una persona potrebbe avere un battito e un'altra potrebbe raddoppiarlo o dimezzarlo. Quando ci muoviamo in seguito ad un battito avviene un comportamento cross-modale (un suono produce un movimento)

ed è esclusivamente legato al sistema uditivo. Sono stati svolti degli studi per verificare se le persone possono sincronizzarsi guardando dei lampi di luce e gli esiti sono stati negativi.

Le aree del cervello che sono coinvolte in questa funzione sono il *superior temporal geniculate*, la zona inferiore del lobo frontale e la più interessante, il putamen, che si trova nei *basal ganglia*.

I *basal ganglia*, è stato dimostrato, svolgono una funzione nel processamento degli intervalli temporali e nelle sequenze di movimenti. Quando sentiamo un battito ci muoviamo, perché una struttura chiave nella sincronizzazione del battito è coinvolta anche nel controllo motorio e perché a causa dell'apprendimento vocale, questa struttura crea una forte connessione tra l'input uditivo e il risultato motorio.

Capitolo 4

Sinestesia

La sinestesia è una condizione neurologica che da origine a sensazioni straordinarie e nella quale la stimolazione di un sistema sensoriale automaticamente evoca una percezione in un sistema sensoriale non stimolato.

Nel XIX secolo Francis Galton ha notato che alcuni individui affermavano di vedere colori specifici durante l'ascolto di note musicali (ad esempio il Do era rosso) o quando guardavano dei numeri scritti. Quello è stato uno dei primi studi documentati relativi alla sinestesia. Tuttavia, solamente nelle ultime decadi l'argomento è stato approfondito, in quanto ritenuto un importante tassello per chiarire la nascita del pensiero astratto e del linguaggio.

Esistono varie esperienze di sinestesia, ma la più comune è la sinestesia grafema-colore. Si tratta in questo caso di associare ad un segno grafico elementare un colore.

I ricercatori V.S. Ramachandran e M.Hubbard hanno svolto numerosi esperimenti con pazienti sinestetici e hanno dimostrato che si tratta di un fenomeno percettivo e totalmente slegato dal significato dello stimolo. Infatti, di fronte al simbolo "5" i pazienti vedevano un colore associato mentre presentando a loro lo stesso numero romano "V" il colore non compariva.

Altri esperimenti hanno confermato la loro tesi: la saturazione del colore indotto diminuisce proporzionalmente al contrasto del grafema fino a scomparire quando il contrasto scende sotto l'8-9%, sebbene il simbolo sia ancora chiaramente visibile e se due numeri vengono alternati nel tempo ad una frequenza che supera i 4-5 Hz i colori scompaiono nonostante si possano distinguere fino ad una frequenza di 15 Hz.

La sinestesia è universale nei primi anni di vita, ma viene poi inibita nella maggior parte delle persone.

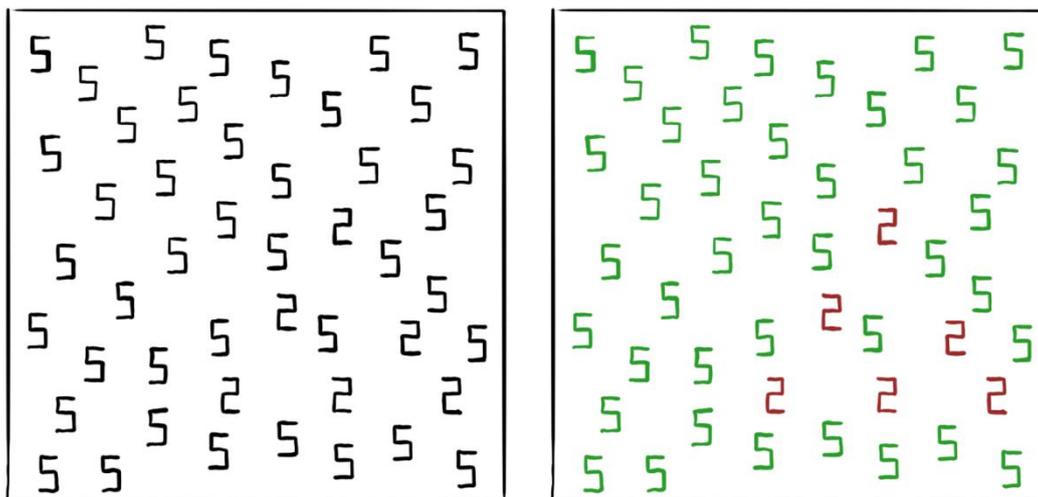
Le cause che portano allo sviluppo di comportamenti sinestetici tuttavia non sono ancora state chiarite. Gli stessi Ramachandran e Hubbard propongono tre possibili spiegazioni:

- 1) un eccesso di connessioni tra moduli del cervello che normalmente sono distinti oppure il fallimento del *pruning*, cioè la riduzione delle connessioni nervose che avviene con la crescita;
- 2) un'attività eccessiva o una disinibizione tra zone cerebrali che funzionalmente sono isolate. Questa causa potrebbe spiegare la sinestesia indotta da droghe e farmaci;
- 3) un'attivazione eccessiva delle retro-proiezioni dalle alte alle basse aree visive. Casi simili sono stati rilevati in pazienti che ad esempio hanno perso la vista e hanno sviluppato una forma di sinestesia tattile-visiva.

Essendo la sinestesia ereditaria, queste tre tendenze potrebbero essere dovute alla presenza di un gene anomalo.

Non si tratta però di una patologia o di un disturbo perché non comporta degli svantaggi ma anzi, è stato dimostrato che i sinesteti riescono a svolgere meglio

compiti di memorizzazione, essendo in grado di associare maggiori informazioni alle cose da ricordare.

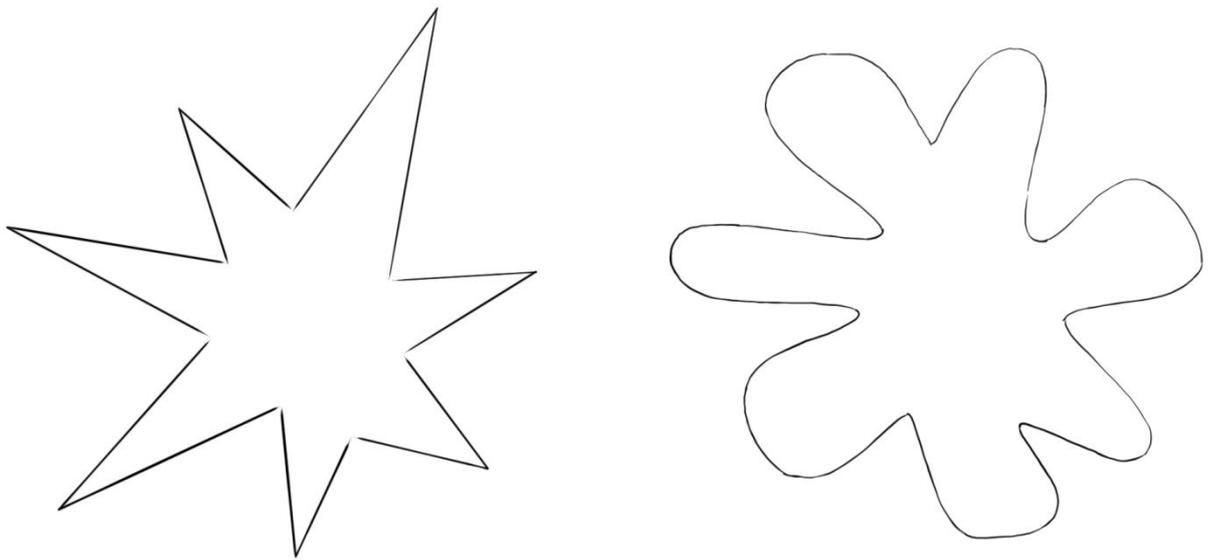


I numeri 2 e 5 delle immagine differiscono tra di loro solamente per due tratti, per cui per distinguerli c'è bisogno di un'ispezione accurata. Nel caso dei sinesteti i segni sono recepiti e subito i 2 "saltano all'occhio" distinguendosi immediatamente dai 5.

La neuroscienza distingue tra due forme di sinestesia:

- a) la cosiddetta *sinestesia forte* che è congenita e descrive il sorgere spontaneo di esperienze in un dominio sensoriale diverso da quello stimolato, come ad esempio quando le note musicali evocano i colori. In questo caso i sinesteti testimoniano che i colori si trovano nello spazio di fronte a loro, ad esempio in corrispondenza di un grafema;
- b) la *sinestesia debole* che si riferisce al riconoscimento di similitudini o corrispondenze attraverso differenti modalità sensoriali, affettive, o esperienze cognitive, per esempio la similitudine tra i suoni dal *pitch* sempre più alto e i colori via via più luminosi.

Mentre differenti forme di sinestesia forte coinvolgono solo una piccola percentuale della popolazione, la sinestesia debole è molto più pervasiva e virtualmente globale perché deriva da pratiche culturali e non neurologiche. Considerando il caso di sinesteti grafema-colore si è appurato che questi percepiscono il colore come se fosse nella loro mente e non nello spazio fisico.



Un caso di sinestesia debole. Quale delle due figure si chiama kiki, e quale bouba? Il 98% delle persone rispondono associando alla prima figura il nome kiki e alla seconda il nome bouba. È dimostrato che né la cultura, né la lingua delle persone che hanno risposto ha influenzato l'esito. Una spiegazione a riguardo tuttavia non è ancora stata trovata.

Capitolo 5

Relazioni tra udito e vista

Secondo uno studio svolto dai ricercatori della UCLA non esiste un meccanismo univoco per il processamento in simultanea di stimoli uditivi e visivi. La ricerca si è basata su esperimenti che mettevano delle persone di fronte ad uno schermo sul quale venivano proiettati dei flash ed in contemporanea venivano generati dei suoni variando le modalità. I risultati hanno dimostrato che la visione delle persone è frequentemente influenzata dal loro udito quando tentano di identificare da dove provengono i suoni che sentono e i lampi di luce che vedono. Lo stesso accade quando bisogna contare i diversi stimoli (ad un flash accompagnato da due segnali acustici le persone associavano due flash).

La relazione tra udito e vista però varia da individuo a individuo.

Relativamente ad un altro esperimento nello stesso campo, Ladan Shams, professore associato di Psicologia presso la UCLA, ha affermato: “Se pensiamo al sistema percettivo come ad una democrazia dove ogni senso è come una persona che dà il suo voto, e tutti i voti sono tenuti in conto per il calcolo del risultato - sebbene non tutti i voti pesino egualmente - cosa il nostro studio dimostra è che i votanti parlano tra di loro e si influenzano l'un l'altro anche prima che vengano fatte le votazioni”.

Uno studio dell'Istituto di Neuroscienze e Psicologia dell'Università di Glasgow ha scoperto che la corteccia visiva processa anche informazioni uditive. Questa regione del cervello infatti utilizzerebbe il suono per predire l'immagine che gli occhi andranno a vedere. Infatti, se sentiamo il rumore di una motocicletta provenire da dietro un incrocio quello che ci aspettiamo di vedere giungere sarà una motocicletta, e sarebbe sorprendente scoprire altrimenti.

Ma quando si parla di cervello le cose non sono mai semplici, infatti anche l'attenzione e il compito che si sta svolgendo influenzano le percezioni.

Al riguardo si può prendere in considerazione la pubblicazione Simmons e Chabris del 1999, conosciuta per il video "del Gorilla", che per la prima volta ha dimostrato il fenomeno della cecità da disattenzione.

Il video si può trovare su YouTube al seguente link:
<https://youtu.be/vjG698U2Mvo>

Nel 2011 MacDonald e Lavie hanno spiegato in cosa consiste il fenomeno della sordità da disattenzione: le persone che sono concentrate su un compito visivo molto coinvolgente bloccano le informazioni uditive che le circondano che sono scorrelate dall'obiettivo. In altre parole potremmo involontariamente mettere a tacere dei suoni mentre la nostra attenzione è rivolta ad attività che richiedono un grande sforzo visivo.

Capitolo 6

L'eye tracking

6.1 Utilizzi

L'obiettivo della ricerca nel campo dell'azione reciproca uomo-computer è di trovare metodi di interazione sempre più efficienti e più intuitivi. L'utente vuole poter eseguire le azioni nel modo più veloce possibile, vuole evitare di dover leggere istruzioni o seguire dei corsi e non ama gli sforzi, fisici o mentali. I nostri occhi sono rapidi, li controlliamo intuitivamente e senza fatica. Queste caratteristiche li rendono uno strumento ideale per controllare una qualsivoglia interazione.

I componenti costitutivi di un semplice dispositivo di *eye tracking* oggi giorno si possono tranquillamente trovare addirittura negli *smartphone* e, per questa ragione, nel prossimo futuro l'utilizzo di questa tecnologia aumenterà notevolmente.

La tecnologia di *eye tracking* funziona senza contatto fisico. Il vantaggio più grande è quello di poter coinvolgere anche persone affette da disabilità, a cui si aggiunge l'igiene che questi strumenti assicurano e la poca manutenzione che gli stessi necessitano.

I dispositivi di *eye tracking* possono essere usati anche per rendere le nostre azioni più sicure perché lo sguardo è un veicolo di attenzione. Si immagini, ad esempio, un'automobile in grado di riconoscere se il guidatore sta guardando o

meno la carreggiata e che quindi freni di conseguenza. In questo modo si potrebbero senza dubbio evitare molti incidenti.

Possiamo suddividere l'interazione tra lo sguardo ed un'interfaccia in tre principali approcci:

1) Il puntamento con lo sguardo

Il puntamento è l'operazione basilare per interazione con le interfacce grafiche e svolgerla con gli occhi permette un incremento nella velocità di esecuzione. Gli svantaggi però sono un'accuratezza inferiore rispetto al puntamento con il mouse e il "tocco di Re Mida", ovvero la difficoltà nell'attivare un comando volontariamente, come ad esempio premere un bottone;

2) I gesti con lo sguardo

Non sono molto intuitivi ma appartengono ad un repertorio stabilito.

3) Lo sguardo come informazione.

In questo caso il movimento degli occhi non attiva dei comandi intenzionali, ma il sistema osserva e analizza gli occhi con l'intento di assistere e di supportare l'utente in modo intelligente.

6.2 Pratiche comuni

Diverse tecniche di *eye tracking* si sono sviluppate nel corso degli anni.

Attualmente, la più comune si basa su software di computer vision per il riconoscimento di caratteristiche oculari, tra le quali il riflesso della pupilla e della cornea.

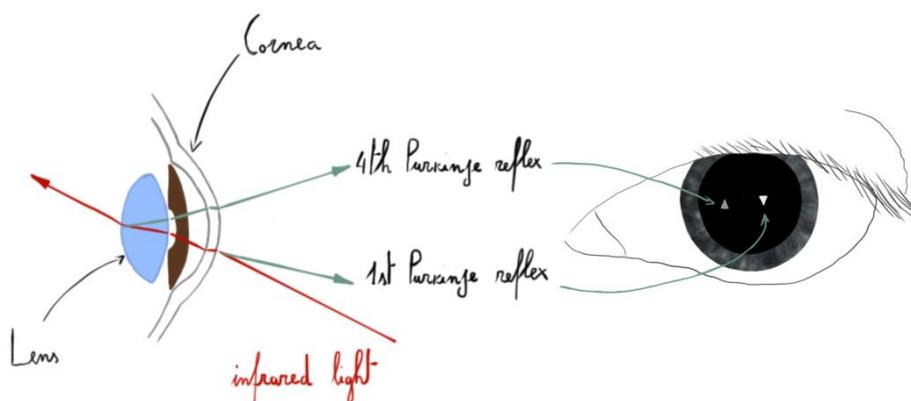
Questi dispositivi si compongono di:

- degli emettitori di infrarossi;
- almeno una camera sensibile alle frequenze infrarosse per registrare gli occhi e il viso di chi utilizza il dispositivo;
- un processore che elabori le informazioni raccolte dalla camera.

Il fascio di infrarossi viene proiettato verso l'occhio, grazie a questo si generano dei riflessi e viene evidenziata la pupilla.

Come elemento da analizzare non viene scelta l'iride, perché, sebbene abbia un ottimo contrasto con la parte bianca dell'occhio, a causa delle palpebre, rimane parzialmente coperta per la maggior parte del tempo. Analizzando l'iride si avrebbe dunque una buona tracciabilità nei confronti dei movimenti orizzontali, ma non di quelli verticali.

I riflessi sono chiamati immagini di Purkinje. Nella tecnologia di *eye tracking* può essere usato il primo riflesso che si genera dalla superficie esterna della cornea, oppure si può aggiungere anche il quarto che è generato dalla superficie interna della lente.



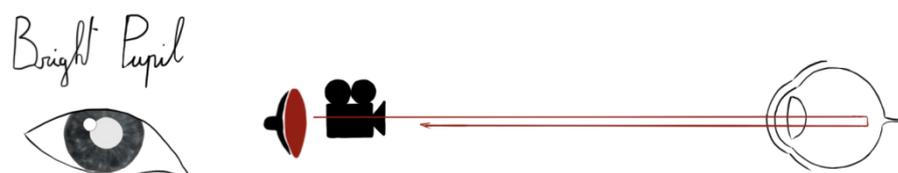
I riflessi di Purkinje

La pupilla viene fatta risaltare dal fascio di raggi infrarossi o da frequenze vicine dando vita a due differenti fenomeni: la pupilla luminosa oppure, alternativamente, la pupilla scura.

- La pupilla luminosa.

Questo fenomeno si verifica quando l'emettitore è posto vicino all'asse ottico della videocamera. L'esempio più classico di pupilla luminosa sono gli occhi rossi che si possono osservare in alcune comuni fotografie. Questo accade con fotocamere normali, perché i raggi infrarossi presenti nella luce solare non vengono assorbiti dai fotorecettori dell'occhio e vengono riflessi. Questo metodo per far risaltare la pupilla presenta degli svantaggi: fattori come l'età dell'osservato oppure la luce ambientale possono avere delle ripercussioni sulla tracciabilità dell'occhio, tanto che, ad esempio, in condizioni di luminosità intensa, la pupilla potrebbe ridursi a tal punto da confondersi con il riflesso della cornea. È provato che anche l'etnicità incide nella risposta della pupilla.

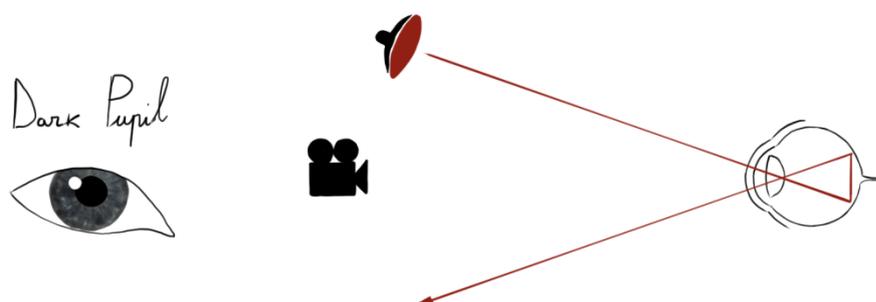
Al contrario, si può osservare come, ad esempio, la pupilla luminosa funzioni molto bene per le persone ispaniche e caucasiche.



La pupilla chiara

- La pupilla scura.

Si riscontra quando l'illuminatore è posto lontano dall'asse della videocamera. Questo fa sì che i raggi proiettati non vengano riflessi direttamente sul sensore, creando quindi l'immagine della pupilla più scura dell'iride. Questa disposizione permette una buona tracciabilità in ogni condizione di illuminazione, sia in interno che in esterno.



La pupilla scura.

Gli algoritmi di *image processing* possono rilevare la pupilla ed i riflessi. Il vettore che va dal primo riflesso di Purkinje al centro della pupilla è la base per

il calcolo della direzione dello sguardo. Mantenendo le testa in posizione stabile i riflessi mantengono la stessa posizione quando l'occhio si muove, mentre a variare è la pupilla.

Nel caso di dispositivi mobili, stimare il punto nella scena reale indicato dalla direzione dello sguardo richiede altri parametri, come le coordinate spaziali dell'*eye tracker*, delle luci infrarosse, degli occhi e la distanza dell'oggetto osservato, il raggio del bulbo oculare, che varia da individuo a individuo. Per questa ragione, molti dispositivi remoti richiedono la presenza di uno schermo e l'interazione viene dunque limitata da questo. Inoltre, è necessaria una procedura di calibrazione per mappare il vettore riflesso-pupilla su diversi punti dello schermo.

Questo metodo non funziona con le persone che presentano delle deformazioni del bulbo oculare. Anche le lenti a contatto potrebbero causare dei problemi, mentre gli occhiali interferiscono di meno.

6.3 Tobii

Per questa tesi si è scelto di utilizzare un dispositivo di *eye tracking* commercializzato dall'azienda Tobii.

Il modello, che si chiama "Tobii 4c", è stato concepito soprattutto per l'esperienza di *gaming* e questo ha fatto sì che il prezzo fosse pensato per essere sostenuto da utenti occasionali. "Tobii 4c" ha dimensioni ridotte ed è facile da installare. Il 4c inoltre si presenta come un dispositivo remoto che va collegato ad un computer.

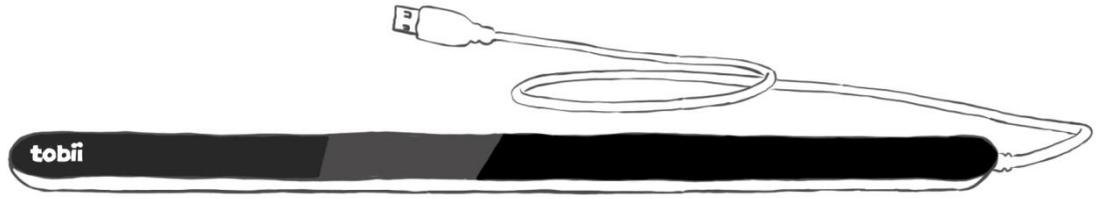
Il sistema di tracciamento che utilizza è simile a quello descritto nel capitolo precedente, con l'aggiunta di alcune implementazioni, ad esempio una seconda videocamera.

Tobii mette a disposizione degli utenti anche un SDK che permette la creazione di applicazioni in c# o Unity.

Le funzionalità concesse da questo dispositivo sono molte:

- il tracciamento dello sguardo;
- la posizione della testa, secondo i parametri di rotazione e traslazione rispetto ad un sistema di riferimento in 3 dimensioni che ha come origine il centro dello schermo;
- il riconoscimento della presenza dell'utente di fronte allo schermo.

Le funzioni più avanzate sono però solamente nella versione Pro del SDK, ad esempio quelle che permettono di personalizzare la calibrazione del dispositivo, che è utilizzabile solo acquistando una speciale licenza.



L'eye tracker Tobii 4C

Capitolo 7

L'installazione

7.1 Gli oggetti musicali di Schönberg

L'installazione immaginata prende forma da una pensiero artistico degli inizi del novecento i cui principali esponenti sono stati Arnold Schönberg e Vassilij Kandinskij.

Schönberg affermava che la riga di toni, quella sequenza di note che rappresentava "l'idea musicale" che voleva sviluppare, era la stessa anche quando la presentava orientata in maniera diversa. Il compositore ha dimostrato il suo pensiero utilizzando come esempio un cappello. Da qualsiasi punto di vista guardiamo il cappello, questo rimane sempre lo stesso cappello. Schönberg sembrava quindi pensare alla sequenza di suoni come ad una sorta di oggetto in grado di abitare uno spazio musicale. Sono state molte le obiezioni poste nei confronti di questa visione. Ad esempio, Sir Michael Tippett, un compositore britannico coetaneo di Schönberg, scriveva: "Perché la musica non riguarda lo spazio, ma il tempo". L'idea che la musica appartenga al dominio del tempo era oggetto di discussione già a partire dal XVIII secolo, eppure il linguaggio con cui si parla della musica è da sempre costellato da termini che si riferiscono a immagini spaziali. Infatti, una melodia può salire o scendere, le armonie possono essere vicine o distanti. Inoltre, le melodie vengono descritte con la loro forma: quadrata, ampia, ad arco.

Gioseffo Zarlino (1517-1590) al riguardo della musica polifonica scriveva: “E si come la Terra è posta per il fundamento de gli altri Elementi; così il Basso ha la proprietà, che sostiene, fortifica, e da accrescimento alle altre parti. [...] Ma come si averebbe , quando l’Elemento della Terra mancasse (se ciò fosse possibile) che tanto bell’ordine di cose ruinarebbe, e si guasterebbe la mondana e umana Harmonia; così quando’l Basso mancasse, tutta la cantilena si riempirebbe di confusione e di dissonanza, e ogni cosa andrebbe in ruina.”

Jean-Philippe Rameau ha sviluppato una teoria dell’armonia analoga alla teoria della gravità: nel suo sistema c’è una nota, la nota chiave, che agisce come centro gravitazionale, attirando tutte le altre note.

Perché allora la musica di Schönberg ha trovato così tanta resistenza e poca comprensione?

In maniera Kantiana intendiamo l’esperienza come qualcosa che va oltre le semplici sensazioni. L’esperienza richiede l’elaborazione di alcuni dati e nel nostro caso questi sono i suoni che udiamo. Ma, una sequenza di suoni non sono ancora musica. Sopra il livello di acquisizione dei suoni risiede il livello dell’esperienza che li elabora, a seconda della capacità di comprensione musicale che appartiene a ciascuno.

In Occidente c’è sempre stato un tentativo di delineare una “regola” che fungesse da fondamento per la composizione musicale.

Questo fondamento però non può essere universalmente valido e non può essere fissato. Così, Schönberg mette da parte la teoria “gravitazionale” di Rameau e rifiuta che esista una chiave. Invece di note e accordi relativi ad un centro, si ha solamente una relazione tra le note e il tutto fluttua in uno spazio

senza una base da cui partire, nessuna casa alla quale fare ritorno, e tanto meno una maniera per trovare una cadenza ed un ritmo.

Eppure, fortunatamente, qualcuno ha imparato ad apprezzare la musica di Schönberg, nello stesso modo in cui sono state apprezzate la musica indiana, araba, cinese che ad esempio utilizzano scale di cinque o sei note, a differenza del canone occidentale che utilizza scale di otto note, suddivisione che secondo studi neurologici rappresenta meglio quello che gli esseri umani percepiscono.

Peter frederick Strawson, nel suo libro "Individui", suggerisce che la sequenza di note che definiamo una melodia diventa un 'individuo', un 'identificabile' e 'reidentificabile'. Vuol dire che siamo in grado di riconoscerlo quando ritorna, ad esempio, in una sinfonia. Inoltre, lo riconosciamo quando è suonato con un differente *pitch*, o alcuni, addirittura, sono in grado di riconoscerlo quando suonato al rovescio o all'indietro.

Pertanto, quel fondamento che ci permette di costruire 'individui' musicali, deve essere concepito 'qui e adesso' piuttosto che universalmente come qualcosa di assoluto.

Esiste sempre la possibilità di trascendere la nostra attuale comprensione musicale.

Per i motivi sopra esposti, l'installazione vuole creare un'esperienza che possa davvero unire l'immaginario astratto ai suoni e si spera alla musica.

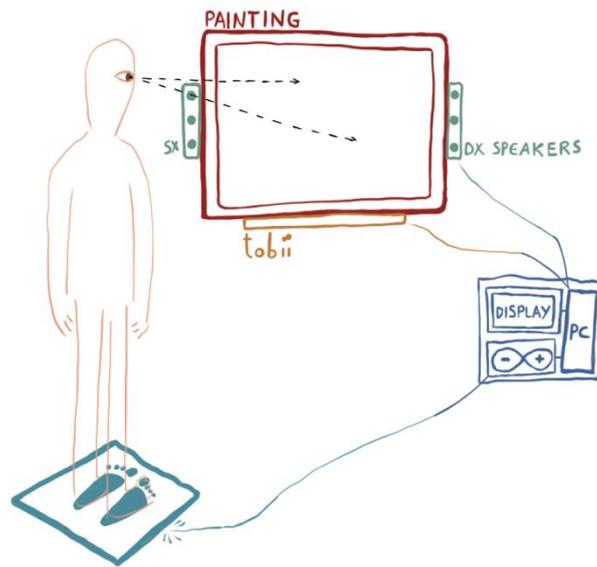
7.2 Componenti

La realizzazione fisica dell'installazione prevede:

- Un sensore che rilevi la presenza dell'utente. Nello specifico ho utilizzato un sensore ad ultrasuoni.
- Un mini computer, i cui requisiti minimi sono un processore Intel i5 con frequenza di 2 GHz e un sistema operativo Windows (da Windows 7 in poi).
- Un Arduino per gestire la comunicazione tra sensore e computer.
- Un *eye tracker* Tobii 4c.
- Uno schermo, necessario per il funzionamento dell'*eye tracker*. Le cui dimensioni massime per garantire un corretto funzionamento sono 27 pollici se l'*aspect ratio* è 16:9, 30 pollici se l'*aspect ratio* è 21:9.

Il sensore verrà messo sotto una pedana sulla quale ci sarà un segnale grafico per indicare allo spettatore di posizionarsi sopra per iniziare l'interazione. Questo espediente servirà anche per controllare la distanza tra utente e *eye tracker* che deve essere compresa tra 50 e 95 cm e impedire che lo spettatore non faccia grossi spostamenti.

Le ridotte dimensioni del mini computer permettono di nascondere di nascondere facilmente dietro lo schermo per migliorare la resa estetica dell'installazione.



L'idea originale prevedeva un dipinto, che è stato poi sostituito da un display, ed un resistore sensibile alla pressione, rimpiazzato da un sensore ad ultrasuoni.

Una volta che lo spettatore metterà piede sulla pedana, il sensore invierà un segnale ad Arduino, il quale utilizzando una comunicazione seriale trasmetterà al computer un comando.

Il computer gestisce questo input e le successive funzioni attraverso un'applicazione scritta in c#.

Il Tobii 4c può essere controllato grazie all'utilizzo di un'API fornita dal costruttore.

7.3 Calibrazione

Quando l'applicazione riconosce la presenza dello spettatore viene avviata la calibrazione dell'*eye tracker*.

L'API a tal riguardo fornisce diverse opzioni:

- La possibilità di creare un nuovo profilo ed effettuare la calibrazione.

Quest'ultima richiede all'utente di guardare per pochi secondi 9 punti sullo schermo. Questo caso viene praticato quando l'utente ha intenzione di utilizzare più volte il dispositivo e permette di memorizzare i dati di calibrazione per non doverla rieseguire in seguito.

- Ricalibrare il profilo creato

- Effettuare una calibrazione "per gli ospiti", che significa una calibrazione su 4 punti che ha lo svantaggio di ridurre la precisione ma ha il vantaggio di essere di più rapida, il che la rende ideale in contesti in cui un grande numero di utenti utilizza l'applicazione.

L'installazione è stata pensata per essere posizionata in un ambiente pubblico, per consentire alle persone che vi si trovano dinanzi di provarla. Lo spettatore medio non si sofferma a guardare un'opera d'arte per più di qualche minuto e credo che anche di fronte a questa installazione il tempo di permanenza sarà simile.

Queste considerazioni mi hanno portato a scegliere l'opzione della *guest calibration*.

7.4 Gestione dell'interazione

L'API di tobii permette di gestire l'interazione con l'*eye tracker* in due modi:

- 1) Controllando i *widget* grafici dell'interfaccia associandogli un stile in grado di capire se il *widget* in questione è osservato dall'utente e generare di conseguenza delle azioni.
- 2) Registrando il flusso diretto dei dati in arrivo dall'*eye tracker*, in particolare le coordinate spaziali x e y dello sguardo che hanno come sistema di riferimento lo schermo con origine nell'angolo in alto a sinistra. L'unità di misura sono è il pixel. Inoltre viene raccolto l'istante in cui viene campionata la posizione dello sguardo sullo schermo.

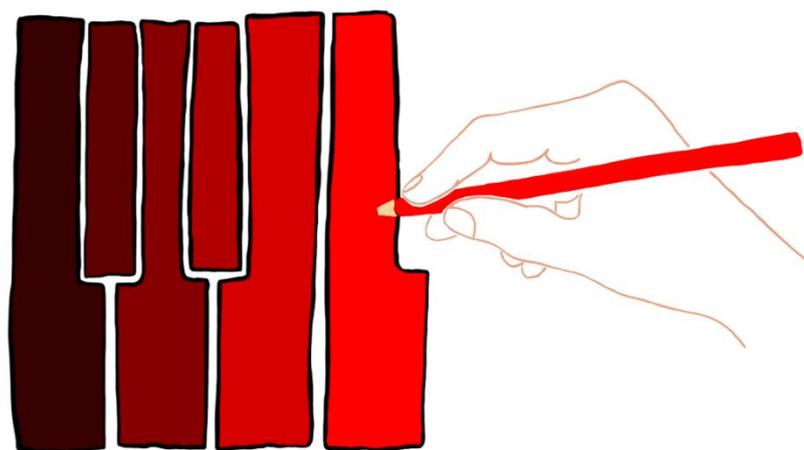
Per controllare la riproduzione dei suoni a seconda di cosa l'utente stia guardando, entrambe le opzioni erano percorribili.

Nel primo caso, avrei inserito nel file xaml, in corrispondenza dell'immagine del quadro un oggetto *canvas*, nel quale avrei inserito delle *shapes*, a cui avrei assegnato uno stile che permettesse di far scattare delle funzioni nel caso l'utente le avesse osservate. Questo metodo permetteva una rapida programmazione (perché l'API comprende del codice che rende questo processo molto intuitivo e facile da controllare) ma prevedeva un dispendio di tempo maggiore nella composizione delle forme per rispettare le aree del quadro associate.

Nella seconda ipotesi, che ho praticato, il file xaml ha solamente il compito di mostrare il quadro, mentre tutta la logica è gestita in background. Per fare ciò

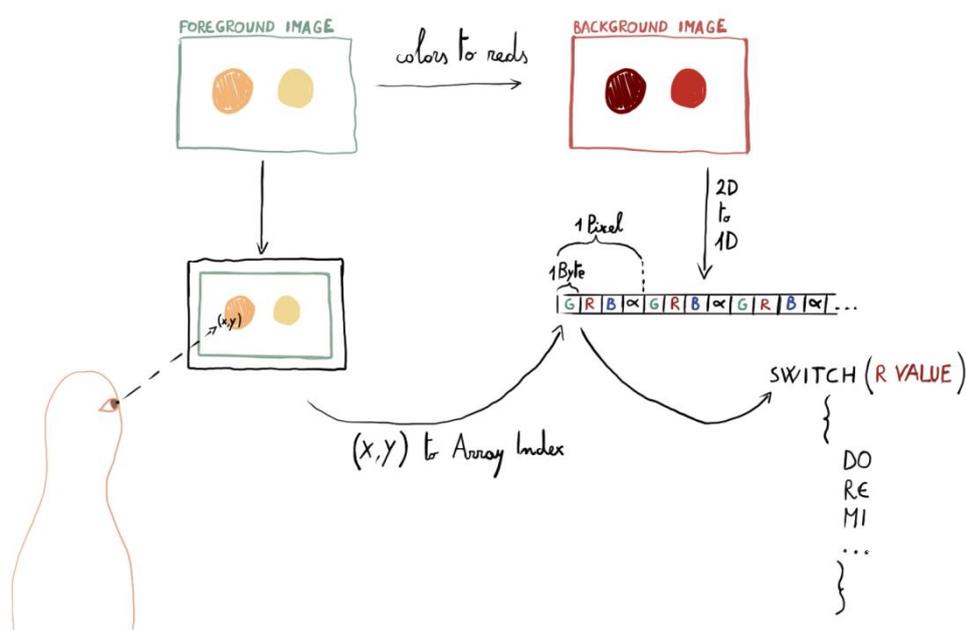
ho creato un immagine che viene scalata sulla dimensione dello schermo e utilizzando il *gaze stream* fornito dall'API faccio corrispondere alle coordinate dello sguardo un pixel dell'immagine bitmap. A seconda del colore del pixel su cui cade lo sguardo genero un suono. Per comodità ed efficienza l'immagine è creata in scala di rossi (arbitrariamente poteva essere anche in scala di verdi o blu), così da dover effettuare il controllo solamente sul byte che corrisponde al canale rosso.

In questo modo il controllo delle aree generatrici di suoni risulta semplice, grazie all'utilizzo di software grafici (Photoshop, Procreate, etc...) e periferiche di input come tavolette grafiche o semplicemente un mouse. Anche nel primo caso avrei potuto disegnare delle *shapes* libere utilizzando il software "Blend for Visual Studio" ma essendo ideato per facilitare la realizzazione di interfacce e non prodotti artistici, il disegno risultava meno intuitivo.



La semplicità di poter disegnare lo spazio sonoro, lascia spazio alla creatività.

Inoltre l'accesso al flusso delle coordinate mi ha permesso di registrarle per riprodurle inseguito e analizzare i percorsi visivi che le persone seguono durante l'osservazione dell'installazione, e mi ha dato la possibilità di aggiungere dei controlli basati sulla locazione dello sguardo, come per esempio un suono stereoscopico. Lo svantaggio consiste nella mancanza di librerie che consentano operazioni sui pixel delle Bitmap, infatti per raggiungere l'informazione del canale rosso del pixel bisogna prima convertire l'immagine bidimensionale in un *array* e poi interpretare il byte voluto.



Il processo che dallo sguardo dello spettatore conduce alla produzione di contenuti audio. Le coordinate sullo schermo vengono convertite nell'indice del pixel nell'array in cui è stata trasformata l'immagine di background. A seconda del valore del canale rosso viene generato un suono corrispondente.

7.5 Controllo dell'audio

Per gestire l'audio mi sono affidato ad una libreria open source sviluppata per la piattaforma .NET che si chiama "NAudio".

L'applicazione deve essere in grado di:

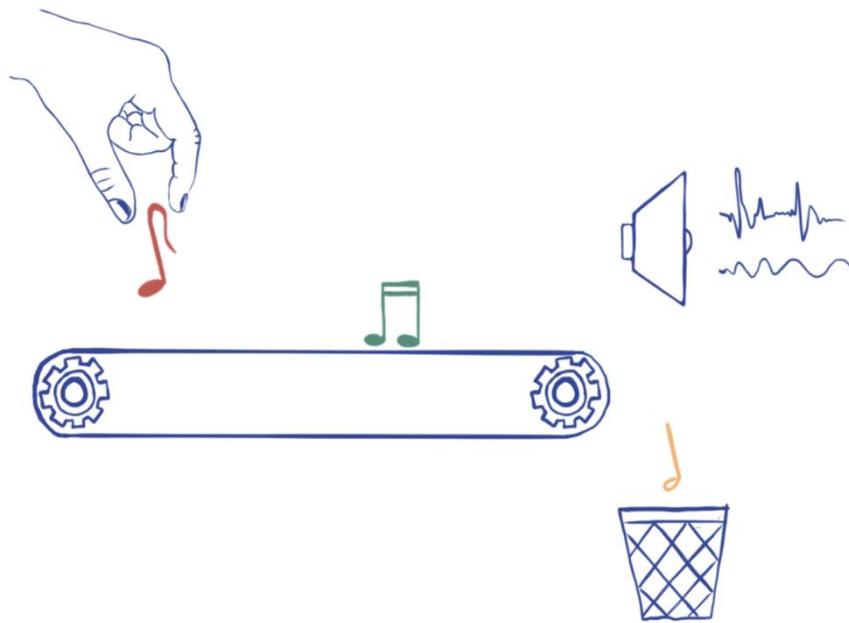
- gestire suoni che, per ipotesi, si susseguano molto velocemente, essendo generati dal movimento degli occhi.
- avere una bassa latenza, per permettere all'utente di avere un feedback immediato della sua interazione.

Per fare questo ho implementato la logica *fire and forget*, che consiste nel dare l'avvio ai suoni e dimenticarsi del resto.

Nel dettaglio, ho creato un canale di output della scheda audio, usando la classe `WasapiOut` (API di Windows) che permette di avere una bassa latenza rispetto ad altre API come ad esempio `WaveOut` o `DirectSoundOut` e di poterla settare. Tutti i suoni vengono suonati attraverso questo canale.

Per permettere che più suoni avvengano simultaneamente c'è bisogno di un mixer che unisca le diverse tracce audio (la classe `MixerSampleProvider` provvede a questo).

Tra una nota e l'altra potrebbe anche esserci del silenzio e, sebbene sia possibile avviare e fermare il canale di uscita, è più semplice e meno vano lasciare il canale della scheda grafica aperto e "suonare" il silenzio. La proprietà `ReadFully` del mixer va settata a `True` e questo fa sì che in assenza di input il mixer continui a generare buffer "vuoti".



Una metafora visiva che spiega la logica "fire and forget". L'utente deve solamente generare il suono, il sistema si occuperà del resto, rilasciare le risorse inutilizzate, passare continuamente all'altoparlante del silenzio da riprodurre tra una nota e l'altra.

Dopo alcuni esperimenti ho concluso che fosse necessario interrompere il suono quando lo sguardo dell'utente lascia l'area che lo ha generato. Altrimenti la sensazione di interazione è ridotta e lo spettatore ha una minore percezione di essere lui stesso a generare i suoni.

Capitolo 8

Test

Per comprendere meglio che cosa la percezione di suoni in relazione alla visione di un'opera d'arte possa suscitare nel pubblico, ho ideato dei test e chiesto a 15 persone di sperimentarli (11 di età compresa tra i 20 e i 30 anni e 4 sopra i 55 anni).

Prima di ogni esperimento ho dato alcune indicazioni.

Ho scelto come suoni le note di pianoforte, a seconda del test potevano esserci note sulla stessa scala cromatica oppure la stessa note ma su ottave differenti.

Ai tester è stato chiesto di indossare delle cuffie.

Le persone avviavano il test e passavano a quello successivo premendo un pulsante collegato ad Arduino.

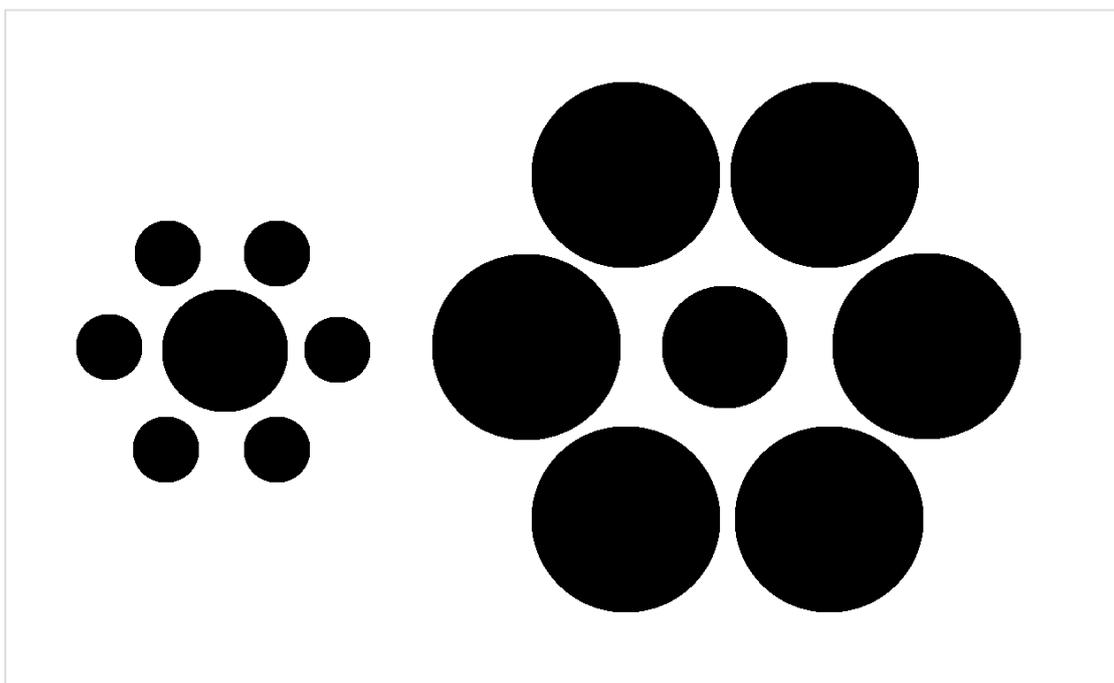
Ho raccolto i dati sui tempo e la posizione dello sguardo sullo schermo per poi sviluppare delle ipotesi. Li ho visualizzati programmando un'applicazione che disegnasse un cerchio centrato nelle coordinate dello sguardo. Nel caso in cui i cerchi si sovrappongono la loro opacità aumenta permettendo di individuare più facilmente i punti di fissazione. Dopo un certo periodo il colore dei pallini cambia permettendo di fare analisi più efficaci sulla base del tempo, per tutti i test il primo secondo e rappresentato al colore verde, così da individuare i primi punti osservati, per poi passare al blu e in seguito al rosso. Non essendo disponibile una libreria per .NET che permetta di disegnare forme sull'immagine, sono ricorso alla programmazione brutta, ovvero colorare pixel

per pixel. Questa operazione risultava troppo dispendiosa in termini di tempo per permettere una visualizzazione in *real time* del movimento della vista sull'immagine (il frame rate dovrebbe essere di 90 immagini al secondo). Per sopperire a questa carenza ho salvato immagine per immagine e utilizzando un programma di editing video, ho composto il video settando il giusto frame rate.

8.1 Test 1

Volevo capire se l'udito possa venire in aiuto della vista, quando questa ci tradisce, ovvero in presenza di illusioni ottiche.

Ho scelto una tipica, anche se poco conosciuta (infatti solamente un tester la conosceva), illusione ottica, mostrata nell'immagine seguente.



Una tipica illusione ottica: di che dimensione sono i cerchi centrali, l'uno rispetto all'altro?

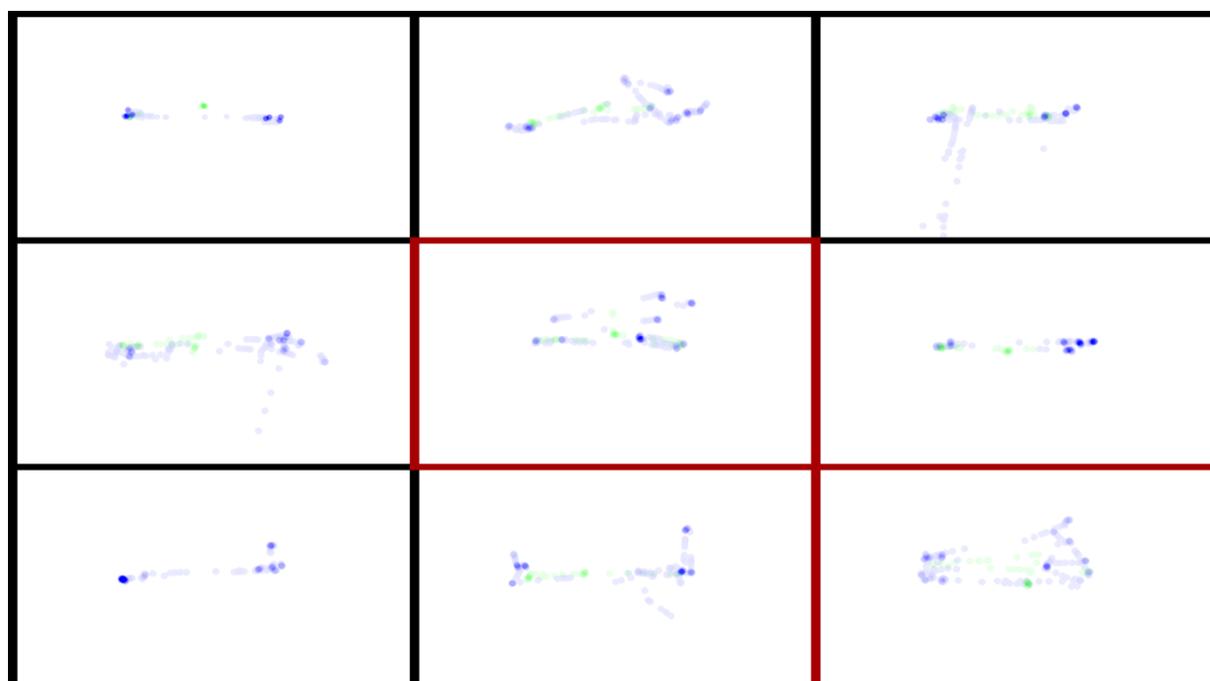
I due cerchi posti centralmente ai due gruppi hanno la stessa dimensione ma l'essere umano vede il cerchio a sinistra più grande di quello a destra. Questa illusione è dovuta al principio formulato dagli psicologi della Gestalt, per il quale, noi umani, tendiamo a creare gruppi di oggetti vicini e a stabilire relazioni tra di essi.

La mia ipotesi era: se ai pallini centrali viene associato lo stesso suono si può contrastare la sensazione che siano di dimensioni differenti?

Ai cerchi di contorno non è stato associato nessun suono per impedire che altri suoni, generati “di sfuggita”, muovendo la vista tra un centro e l’altro, potessero interferire.

Ai tester ho chiesto di guardare l’immagine per 5 secondi e poi descrivermela. Sui 14 volontari, (uno escluso perché a conoscenza dell’illusione) solamente due hanno affermato che le dimensioni dei pallini centrali erano uguali, confutando quindi la mia ipotesi.

Analizzando nel dettaglio i due casi, si può notare un maggiore, seppur leggero, movimento intorno ai due centri rispetto agli altri tester. Le cause di questa percezione però andrebbero approfondite con strumenti più precisi.

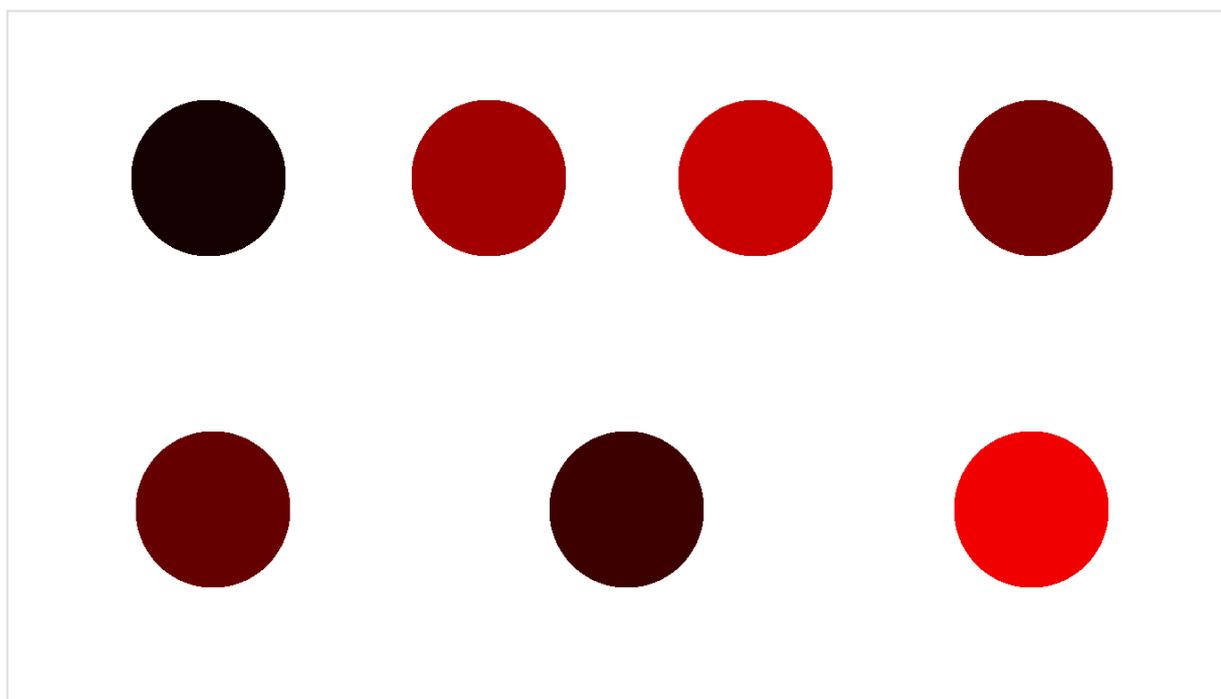


I risultati del primo test mostrano come le persone abbiano osservato principalmente il centro dei due gruppi. Incorniciati in rosso i due casi che non hanno percepito l'illusione.

8.2 Test 2

Con questo test volevo indagare se le persone, in assenza di riferimenti visivi potessero associare ad una regione dello schermo un suono.

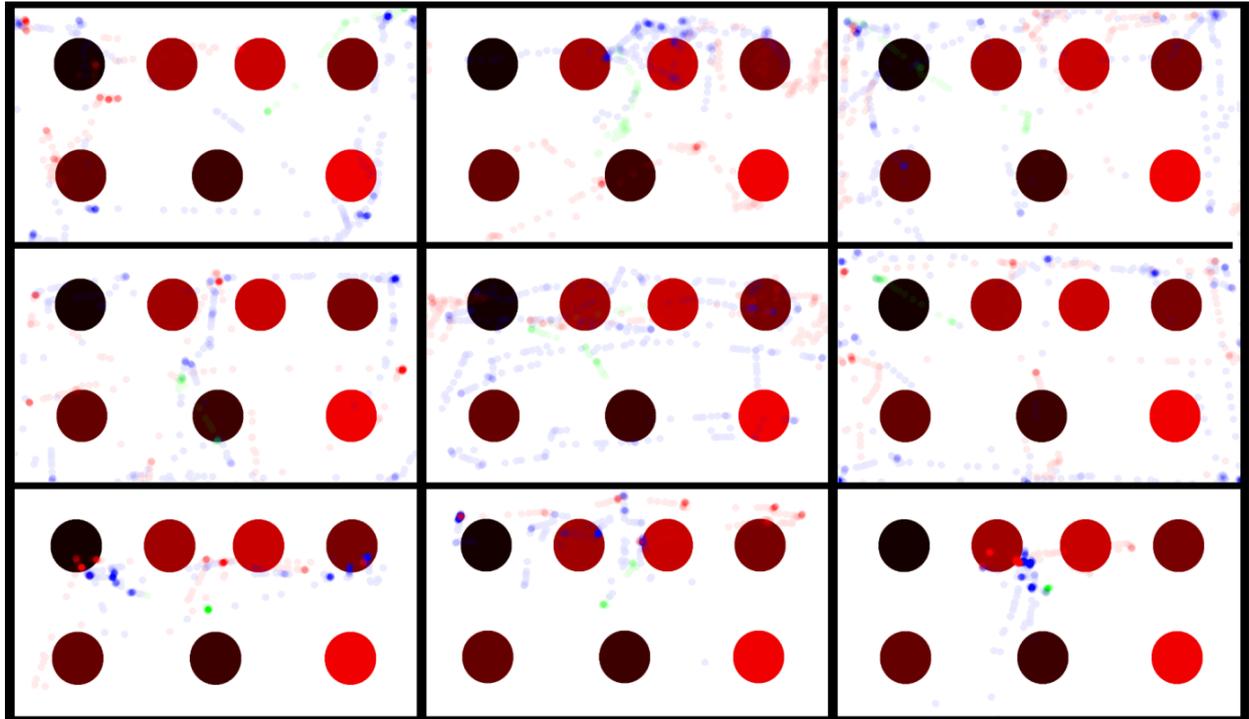
Per fare ciò, il test prevede una schermata nera, in background non visibile allo spettatore un'immagine con diverse forme e ad ognuna di esse associato un suono.



L'immagine che genera i suoni del secondo test. Viene nascosta dietro ad una schermata nera.

Ai tester ho chiesto di muovere lo sguardo sullo schermo nero e al termine indicarmi sullo schermo i punti che ritenevano potessero essere generatori di suoni. Tempo a disposizione: 15 secondi.

Di seguito i risultati visivi dei test.



I risultati del secondo test vengono mostrati sovrapposti all'immagine che genera i suoni per permettere una precisa interpretazione di quello che i volontari hanno sentito.

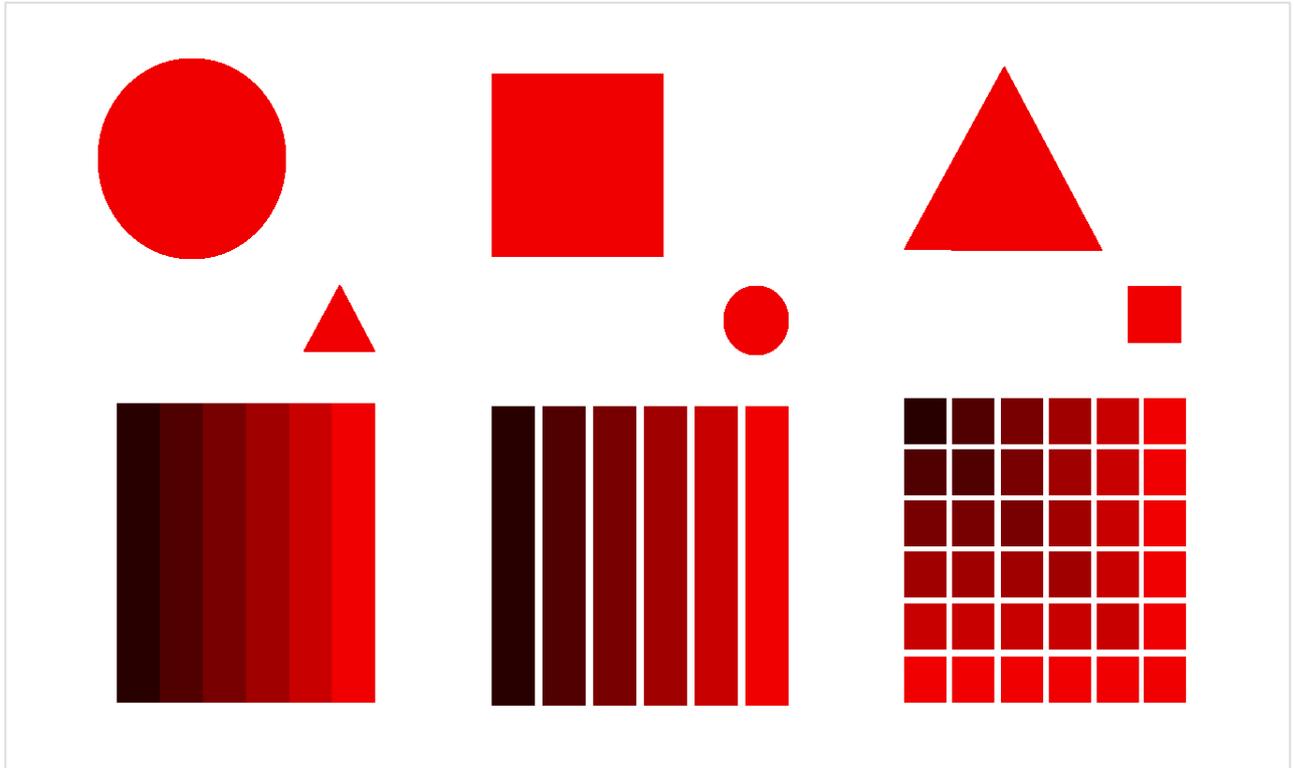
Per quanto trattato nel capitolo dei movimenti oculari, è dimostrato che in assenza di un target visivo l'uomo non è in grado di compiere movimenti lenti con gli occhi, è stato quindi impossibile per i volontari compiere una scansione dello schermo accurata, infatti non sono riusciti a muovere lo sguardo su tutti i cerchi. Tre persone sulle quattro con età superiore a 55 hanno mostrato una tendenza a spostare lo sguardo solamente nella parte superiore dello schermo. I tester hanno individuato meno aree rispetto ai suoni che hanno sentito (dimostrato dai dati).

Generalmente hanno individuato i suoni nelle aree dove il loro sguardo si è soffermato più a lungo, le indicazioni spaziali date erano anche abbastanza precise. Diverse potrebbero essere le spiegazioni di tale risultato: una

successione troppo rapida di suoni, la povera capacità di distinguere le note (le persone con un background musicale hanno individuato più aree). Un risultato non previsto è stato l'impressione di stereoscopia del suono. Ai tester è sembrato di percepire il suono maggiormente dalla cuffia sul lato verso cui hanno maggiormente indirizzato lo sguardo e hanno individuato più suoni. Le persone che non hanno percepito la stereoscopia del suono hanno mosso lo sguardo in ugual proporzione su tutto lo schermo orizzontalmente.

Ulteriori test potrebbero essere svolti utilizzando suoni più caratteristici e bloccare i suoni generati da un rapido movimento.

Precedentemente avevo testato un'altra immagine di fondo, in cui avevo reso la distanza spaziale minore e avevo provato a dare delle forme precise alle aree ma senza un'accurata scansione è stato impossibile immaginare forme e associare ad un'alta frequenza uditiva un'alta frequenza spaziale.



L'immagine generatrice di suoni che avevo sviluppato in precedenza. Ipotizzava una capacità da parte delle persone di comprendere la forme complesse muovendo lo sguardo e ricevendo un input e di effettuare piccoli movimenti oculari.

Questo test mi ha inoltre permesso di scoprire una persona che possiede capacità sinestetiche. Infatti alla domanda "Mentre svolgevi questa prova ha visto sullo schermo nero delle forme o dei colori?" la persona, una ragazza di 26 anni, ha risposto affermativamente, indicandomi sullo schermo 3 aree in cui ha visto delle macchie di colore. Le ho fatto eseguire nuovamente il test, questa volta per approfondire questo aspetto. L'immagine seguente è una rappresentazione di quello che ha percepito.

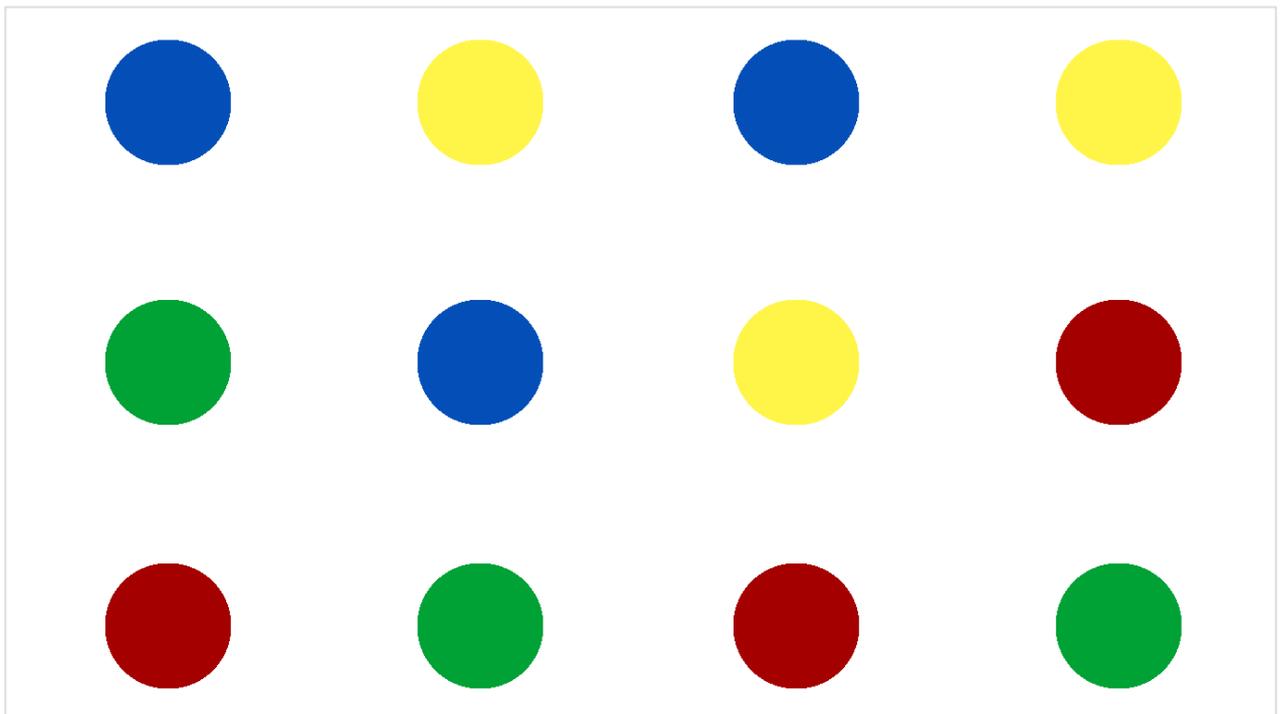


Tre sono state le aree di colore individuate, in localizzate non precisamente. Dai dati si vede che ha sentito 5 suoni ma probabilmente a causa della rapidità con cui si sono estinti non sono stati percepiti. Le note che hanno suscitato i colori sono: il Do per il verde, la macchia era definita con i bordi ben distinti, il LA per il rosso, che è stato visto come rapide pennellate verticali, e il SI per il giallo pallido, i cui contorni erano sfumati.

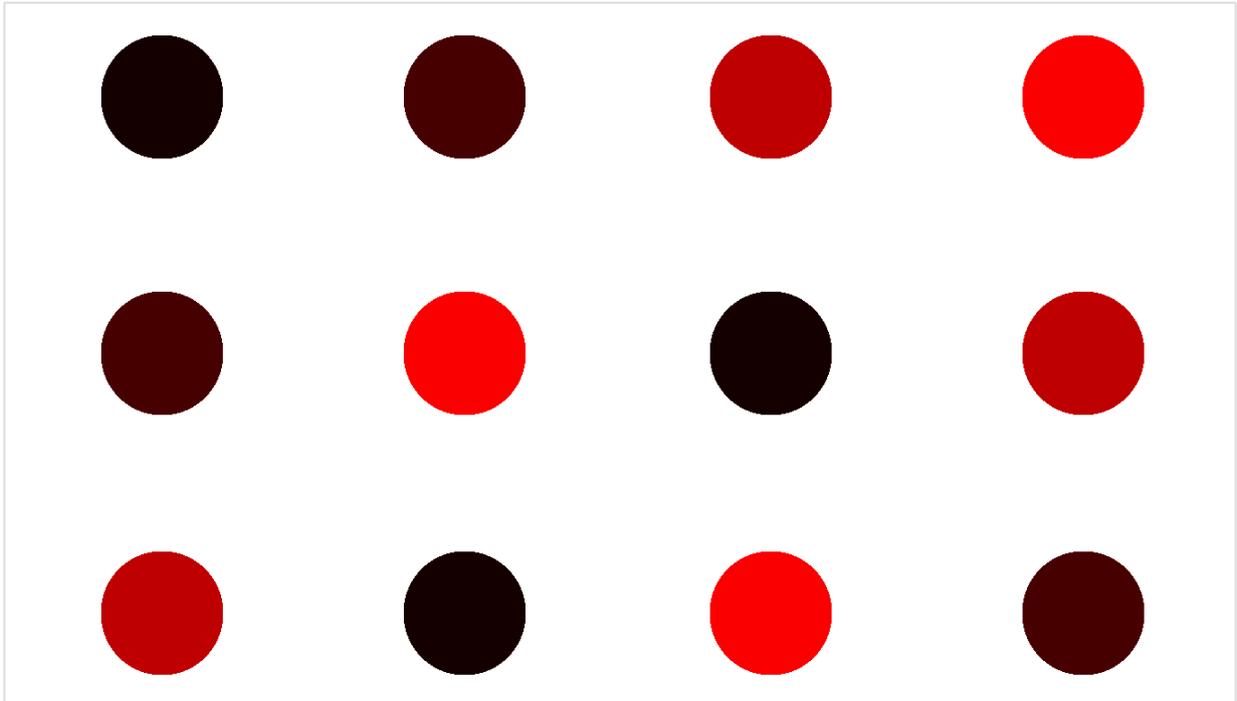
8.3 Test 3

Con questo test volevo approfondire il comportamento delle persone di fronte ad un'immagine astratta, in presenza di suoni generati e senza di essi.

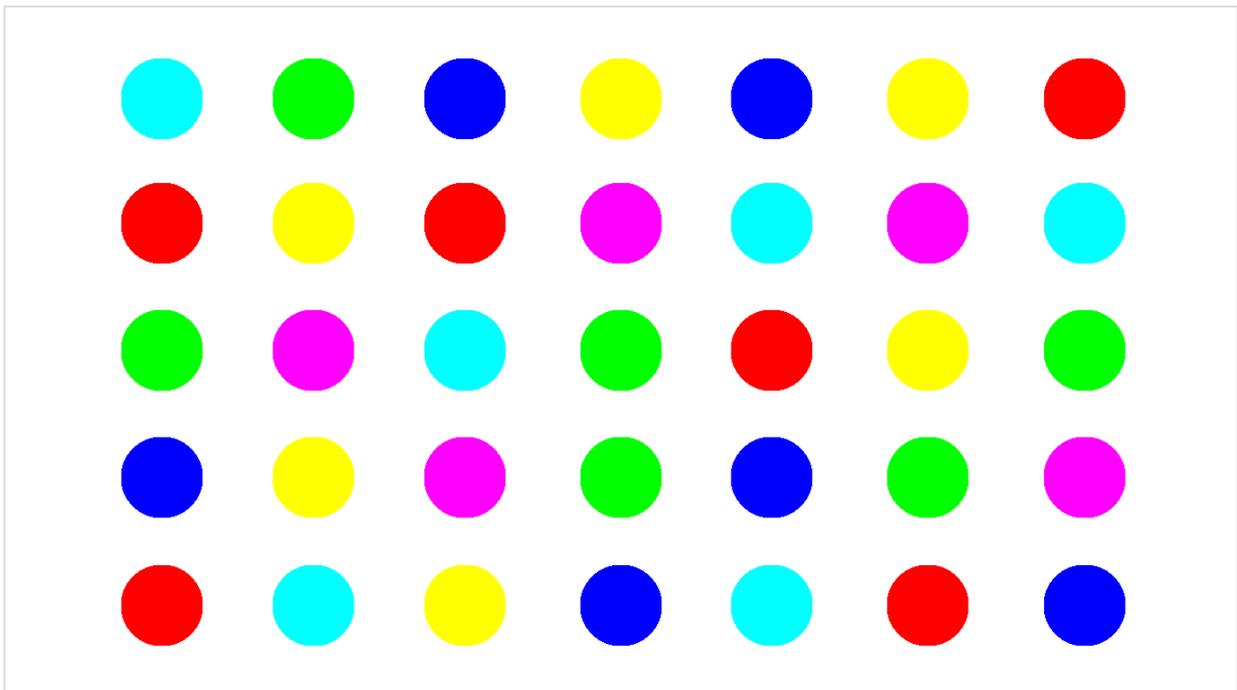
Ho scelto una composizione di cerchi colorati, disposti secondo una griglia di quattro colonne e tre righe.



L'immagine con alcuni colori dello spettro. Ai colori corrispondono note musicali associate allo spettro visibile. Ho scelto l'inizio della scala musicale occidentale, per cui: blu=DO, verde=RE, giallo=MI, rosso=FA.



L'immagine con le variazioni di rosso.



In precedenza avevo fatto delle prove con un immagine con più cerchi più tonalità e maggiore saturazione, ma la scarsa accuratezza e la moltitudine di colori, avevano reso complicato il test e disorientato chi l'aveva svolto.

Ho chiesto ai tester di guardare le differenti immagini per 10 secondi ciascuna, senza nessun compito specifico.

Le prime due immagini non generavano suoni, cambiavano solamente per i colori dei pallini: una aveva una variazione monocromatica di rosso mentre l'altra alcuni colori dello spettro (rosso verde giallo blu).

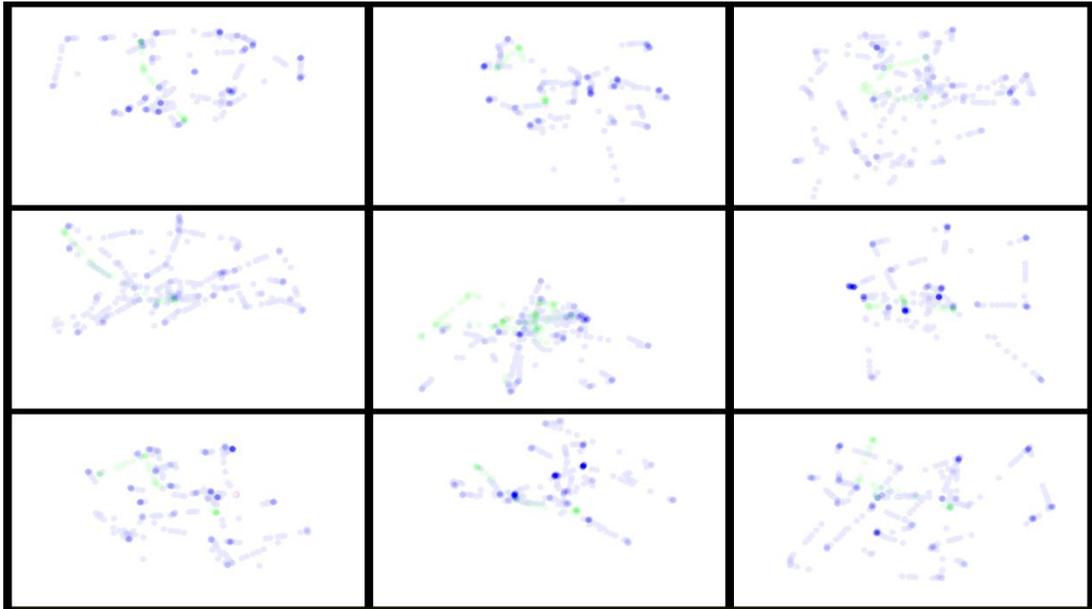
L'immagine tre e quattro generavano note musicali in corrispondenza dei cerchi, entrambe variazioni di ottava della stessa nota (do); a variare come in precedenza erano i colori.

Nelle immagini cinque e sei, le note generate appartenevano alla stessa scala e variavano di nuovo i colori.

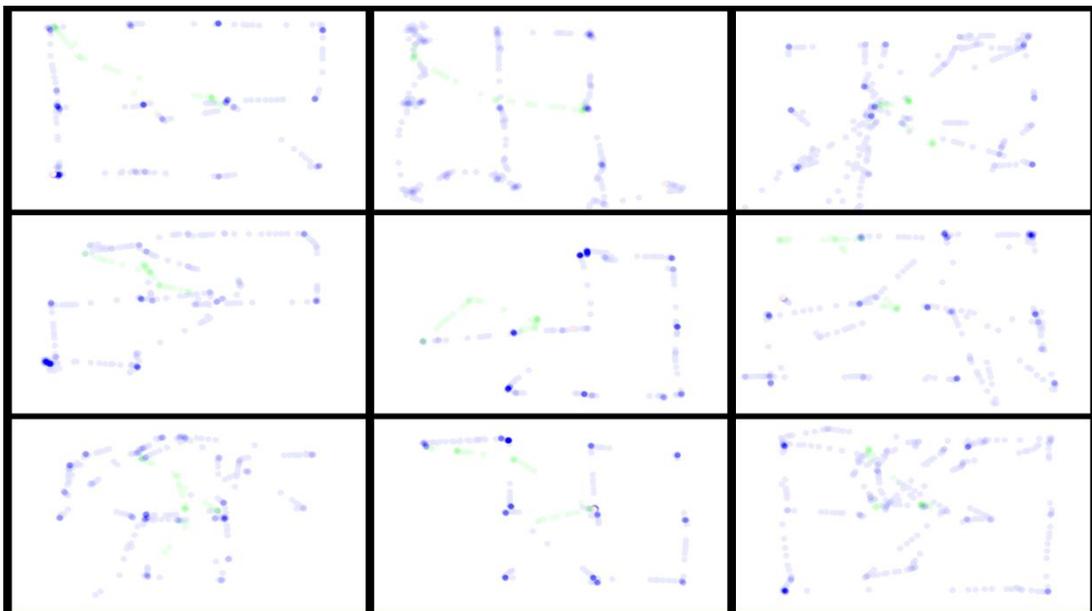
I dati mostrano che in assenza di suono i tester hanno avuto brevi fissazioni principalmente nella zona centrale dell'immagine, senza focalizzarsi sui pallini.

Nelle immagini seguenti invece lo sguardo si è mosso complessivamente su tutta l'immagine e le fissazioni sono state più lunghe e concentrate sui cerchi.

Questo comportamento può essere spiegato partendo dalla ricerca di Uusitalo, Simola e Kuisma, secondo la quale di fronte a opere di arte astratta le persone, non avendo appigli visivi a cui possono dare immediatamente dei significati, tendono a concentrare lo sguardo al centro della composizione. Invece dal mio test si può evincere che con l'aggiunta del suono, gli utenti, sentendosi maggiormente coinvolti e interagendo con l'opera stessa sono portati a spaziare la loro visione, provando e andando oltre a quello che è il loro istinto visivo

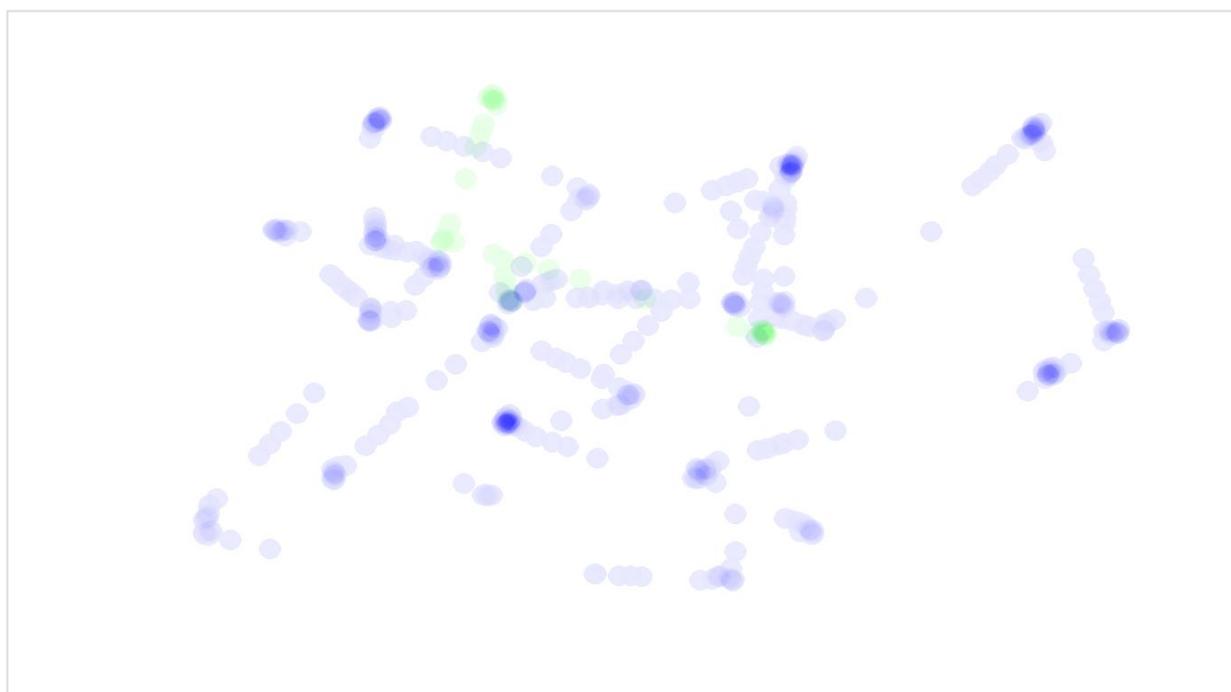


I risultati dell'immagine con i colori dello spettro vista senza suoni. Salvo alcune eccezioni lo sguardo non si è fermato in corrispondenza dei pallini.



I risultati della prima immagine con l'aggiunta dei suoni. Si vedono distintamente fissazioni più lunghe in corrispondenza dei cerchi e spaziate su tutto lo schermo.

Quattro persone su 15 non hanno compreso che il suono veniva generato nel momento in cui guardavano i pallini. Si può vedere che queste persone hanno continuato ad avere lo sguardo più mobile e non interessato ai pallini. Chiedendo mi è stato risposto che non guardavano un punto in particolare dell'immagine.



Il risultato di una persona che non ha compreso la relazione tra il punto dove guardava e la generazione corrispondente di un suono.

Quando ho chiesto ai volontari se riuscivano a ricordarsi i colori delle immagini, 6 persone su 15, hanno dimenticato la presenza del rosso nelle immagini con i colori dello spettro, dai dati è possibile constatare che queste persone in effetti hanno visto e “sentito” il pallino rosso ma questo non ha impedito la dimenticanza, anzi aggravandola dal fatto di non essere riusciti a

distinguere e ricordare la presenza di 4 suoni/colori. Le cause devono però essere indagate e approfondite.

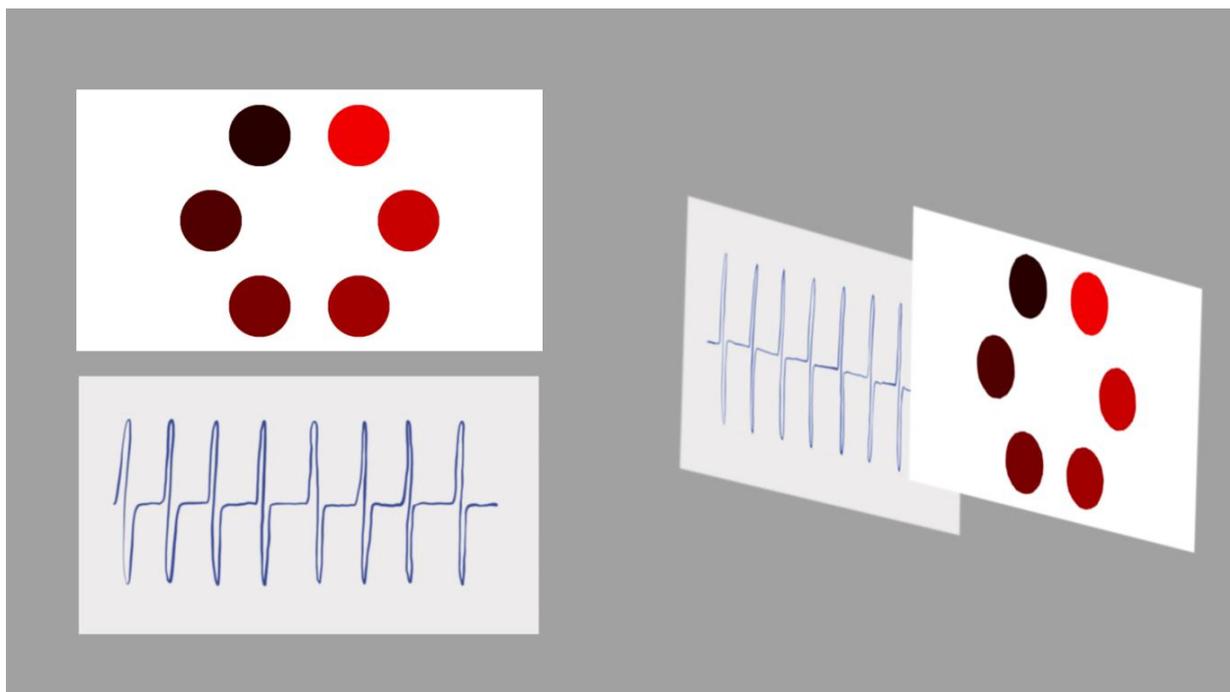
Inoltre un'ulteriore considerazione si può fare nel caso delle immagini i cui colori erano quelli dello spettro: lo sguardo dei tester è stato più irrequieto, probabilmente a causa di una maggiore differenza tra i cerchi.

8.4 Test 4

Siccome l'apparato visivo e uditivo dell'uomo hanno una connessione nella zona dei gangli basali e questa svolge una importante funzione nel processamento del ritmo e nello stimolo del movimento fisico, volevo indagare se in presenza di una base ritmica anche il movimento oculare veniva influenzato.

Per cui ho creato un immagine con sei cerchi ad ognuno dei quali associato a un suono ed ho chiesto alle persone di provare a suonare qualcosa in contemporanea con un sottofondo musicale indipendente da loro.

Avevano a disposizione 30 secondi; a 15 secondi il ritmo raddoppiava la velocità.



L'immagine da suonare e la rappresentazione di un suono ritmico sempre presente in sottofondo.

9 persone su 15 hanno provato a seguire il ritmo senza riuscirci.

La causa probabilmente è dovuta al fatto che il movimento oculare anticipa il pensiero conscio e se una persona pensa di guardare un punto in particolare in realtà lo sta già guardando. Inoltre i movimenti sono velocissimi e poco accurati, obbligando l'occhio a compiere dei movimenti compensatori.

Le restanti hanno provato a suonare ma senza tenere conto del sottofondo musicale.

Questa percentuale non è abbastanza alta per azzardare un tendenza nel comportamento generale.

Nella visualizzazione di questo test i pallini blu rappresentano i primi 15 secondi mentre i rossi i restanti 15.

Possiamo però individuare una tendenza: le persone che hanno provato a suonare qualcosa indipendente dal ritmo e le persone che non si sono accorte del cambio di velocità a metà esperimento hanno mantenuto costante il loro numero di fissazioni. Le altre persone, che hanno notato il cambiamento di ritmo nella seconda parte hanno ridotto notevolmente il numero di fissazioni. Questo potrebbe essere causato dalla difficoltà a seguire un ritmo più veloce/complesso.

Questi risultati mi portano a pensare che uno strumento musicale azionato dallo sguardo sia difficilmente praticabile.

8.5 Test 5

Il quinto ed ultimo test voleva darmi la possibilità di osservare il comportamento delle persone di fronte alla mia installazione.

Durata del test 30 secondi.

I tester sono stati messi di fronte ad un immagine di un quadro di Vasilij Kandinskij, ed informati che per i primi dieci secondi non avrebbero udito alcun suono.

L'immagine l'ho scelta per il legame che la pittura di Kandinskij ha con la musica.

Tra le tante composizioni ho preferito "Several circles" perché presenta chiari elementi grafici, facilmente distinguibili e interpretabili "musicalmente".

L'unico aspetto "negativo" del quadro è il formato, prossimo al rapporto 1:1 non permette di sfruttare appieno le potenzialità dell'*eye tracker*.



Several circles, Vassilij Kandinskij, olio su tela, 1926, Guggenheim Museum, NY

A cerchi sovrapposti sono stati associati accordi di pianoforte, e allo sfondo indistinto un suono prolungato e ritmico, che potesse ricordare delle onde, visto che il colore non è uniforme.



L'immagine generatrice di suoni. Considerata la limitata precisione del dispositivo di eye tracking utilizzato, le aree di colore sono state ingrandite rispetto all'immagine del dipinto originale. Così facendo non ho introdotto una tolleranza all'errore che migliora la percezione dello spettatore.

Influenzati sicuramente dai test precedenti tutti i tester hanno affermato che l'interazione del loro sguardo era efficace e ad ogni elemento corrispondeva un suono.

Analizzando i dati si nota che alla comparsa dei suoni i tempi di fissazione si sono allungati.

Questo, a parer mio, può condurre ad una maggiore comprensione dell'opera e ad una migliore memorizzazione del suo contenuto. Per dimostrarlo però occorrerebbe fare altri esperimenti: dividere un numero sufficiente di persone in due gruppi, ad uno mostrare il quadro senza suoni, all'altro mostrare la versione interattiva, in seguito chiedere a ciascun individuo di provare a ricordarsi l'opera. Essendo questo un quadro molto complesso, si potrebbe svolgere questo tipo di test su diverse immagini, partendo da quelle più semplici per poi progressivamente passare a quelle più articolate.

Non è visibile una differenza significativa nella localizzazione dello sguardo sullo schermo tra il periodo senza e con il suono. Questo dato potrebbe essere influenzato dal formato poco esteso oppure dal breve tempo messo a disposizione; infatti in un primo momento è naturale muovere l'attenzione su tutta l'immagine per avere una prima impressione dell'insieme.

Dal momento che l'installazione vuole avere un'attitudine artistica ho chiesto ai partecipanti al test di darmi qualche loro impressione personale.

Di seguito ho raccolto alcuni loro commenti provando a contestualizzarli e interpretarli secondo le teorie che ho avuto modo di apprendere durante lo svolgimento di questa tesi.

“L'esperienza ha animato il quadro. Mentre di solito l'arte astratta non mi colpisce e non mi trasmette nulla, ora è il quadro a parlarmi e a comunicare con me”

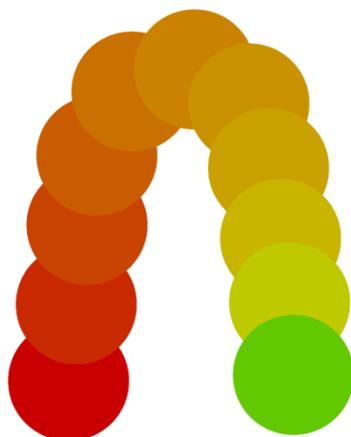
“In questo modo ho potuto contribuire anch'io all'opera d'arte”

L'esperienza museale classica prevede l'osservazione delle opere d'arte in maniera passiva. Il concetto chiave è la conservazione: l'opera viene percepita come autentica quando l'intenzione dell'artista viene limitata ad un preciso momento storico. L'opera deve quindi rimanere come è nata. Negli ultimi decenni invece si sta facendo strada, soprattutto all'estero, una nuova tendenza, nata in concomitanza con i nuovi media digitali, che vuole coinvolgere direttamente e pienamente lo spettatore.

“Sembra di potersi muovere in un'ulteriore dimensione”

Alle due dimensioni spaziali del quadro se ne aggiunge quindi una terza: il tempo. Quest'ultima dimensione è presente durante la consueta osservazione di un quadro anche se non la percepiamo direttamente, è legata allo sguardo

dello spettatore che si muove. Come nel montaggio cinematografico, la sequenza di ciò che vedo è molto importante.



Guardando il cerchio rosso e poi direttamente il cerchio verde, ho la stessa sensazione di quando guardo il cerchio rosso e poi seguo il sentiero di pallini fino al cerchio verde?

In questa installazione invece il tempo è oggettivato, una nota segue l'altra e il passato è ancora presente, come un eco.

"Mi è sembrato che alcuni suoni provenissero da dietro lo schermo"

Questa percezione è causata dal suono dello sfondo del quadro. Si tratta infatti di un suono ripetitivo e dalle basse frequenze, che dura più a lungo di una singola nota o accordo. Una volta generato questo suono è autonomo e sempre presente (come concettualmente la vista del quadro non è mai possibile indipendentemente dallo sfondo). L'indipendenza dallo spettatore e le lunghe frequenze, possono sicuramente evocare un'entità lontana, oltre lo schermo.

Capitolo 9

Sviluppi dell'installazione

In seguito ai dati e alle impressioni raccolti durante i test ho migliorato la logica dell'interazione che avviene con l'installazione.

Stereoscopia

Visto che utilizzando le cuffie la maggioranza dei partecipanti agli esperimenti ha testimoniato una percezione stereoscopica del suono, sebbene l'output audio fosse identico sia per il canale sinistro che per quello destro, ho deciso di implementarla realmente.

Avendo accesso alle coordinate dello sguardo sullo schermo ho implementato nel codice una funzione che permetta di controllare il conseguente suono.

Quando lo spettatore guarderà verso sinistra il suono che proviene dall'altoparlante sinistro sarà più forte e più debole quello destro e viceversa quando guarderà verso destra.

Questa si è rivelata una bella sorpresa per cui se il cervello umano è portato a questo fenomeno penso sia giusto assecondarlo.

Inoltre temo che senza tale accorgimento, senza cuffie, in uno scenario espositivo ampio, questa sensazione-percezione si possa perdere.

Una soglia temporale

Per attivare la generazione di suoni, l'utente dovrà soffermare lo sguardo su un'area ben definita per più di 30 millisecondi. In questo modo i suoni generati tra un punto di fissazione e un'altro saranno ridotti, migliorando la comprensione dell'interazione e il controllo sulla produzione di contenuti audio. La soglia temporale è stata scelta in maniera empirica, svolgendo diverse prove.

Inizialmente avevo evitato questo accorgimento anche perché durante i movimenti molto rapidi gli occhi possono catturare e trasmettere delle impressioni fondamentali sulla scena osservata.

Nella prima applicazione quindi era sufficiente passare velocemente su un'area colorata per generare un suono. Questo però rendeva più confusa la *user experience*.

Capitolo 10

Conclusioni

Questa tesi mi ha permesso di percorrere tutte le tappe che servono alla realizzazione di un prodotto, che nello specifico è un'installazione artistica.

Sono partito da un'idea di base ben precisa, poi ho approfondito lo stato dell'arte dei settori in cui si sarebbe inserita e delle tecniche per la sua realizzazione, quindi ho costruito un prototipo, l'ho testato e infine l'ho perfezionato.

Questo viaggio è stato molto formativo. Le difficoltà che si sono presentate mi hanno dato l'opportunità di approfondire le mie competenze. I temi che ho trattato sono quelli sui quali voglio continuare ad indagare nel mio futuro: le nuove tecnologie e i modi di interagire, attraverso di esse, tra uomo e macchina.

Ora non mi rimane che esporre la mia installazione.

Si tratta del culmine del mio lavoro, del raggiungimento dello scopo, perché, in generale, un'opera d'arte è tale solamente se mostrata al pubblico e nel mio caso, trattandosi di arte interattiva, a ben vedere non potrebbe nemmeno esistere.

Termino questa relazione immaginando il contesto in cui vorrei vedere l'installazione esposta.



La gente entra in una grande sala. Niente é appeso alle pareti. Non ci sono ostacoli o punti di interesse. Le persone si troveranno l'una di fronte all'altra.

L'opera è nascosta dietro un telo nero e solamente una persona alla volta potrà osservarla. Lo spettatore, in solitudine, guarderà l'immagine, sarà sorpreso dalla nuova esperienza, vedrà un quadro che gli parla e gli suggerisce delle emozioni inaspettate.

La vera interazione però si instaurerà con tutte le persone che si trovano nella sala. Queste sentiranno con l'udito quello che una persona sta vedendo, la musica veicolerà le impressioni soggettive del singolo per trasmetterle agli altri, e ci sarà più comprensione, senza nemmeno la necessità di utilizzare le parole.

Bibliografia

Katharina Gsöllpointner, Ruth Schnell, Romana Karla Schuler, 2016, **Digital Synesthesia: A model for the Aesthetics of Digital Art**, Walter de Gruyter GmbH & Co KG, ISBN 978-3110459340.

Anthony Jackson, Jenny Kidd, 2011, **Performing Heritage: Research, Practice and Innovation in Museum Theatre and Live Interpretation**, Manchester University Press, ISBN 978-0719089053.

Nicholas Serota, 1996, **Experience or Interpretation: The Dilemma of Modern Art**, Thames & Hudson, ISBN 978-0500282168.

Tim Mehigan, Timothy J. Mehigan, 2008, **Frameworks, Artworks, Place : The Space of Perception in the Modern World**, Rodopi, ISBN 978-9042023628.

Kathryn Brown, 2014, **Interactive Contemporary Art: Participation in Practice**, I.B.Tauris, ISBN 978-1780765518.

Anthony Santella, Maneesh Agrawala, Doug DeCarlo, David Salesin, Michael Cohen, 2006, **Gaze-Based Interactive for Semi-Automatic Photo Cropping**, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.

Andrew T. Duchowski, 2017, **Eye Tracking Methodology: Theory and Practice**, Springer, ISBN 978-1846286087.

Andrey R. Nikolaev, Sebastian Pannasch, Junji Ito, Artem Belopolsky, 2014, **Eye movement-related brain activity during perceptual and cognitive processing**, in *frontiers in System Neuroscience*.

Gay A. Boy, 2011, **Handbook of Human-Machine Interaction : A Human-Centered Design Approach**, CRC Press, ISBN 978-1138075825.

Achintya K. Bhowmik, 2015, **Interactive Displays: Natural Human-Interface Technologies**, John Wiley & Sons, ISBN 978-1118631379.

Charles E. Contro, Howard E. Egeth, Steven Yantis, 2004, **Visual Attention: Bottom-Up Versus Dispatch Top-Down**, Current Biology vol. 14, Elsevier.

Jan Eric Kyprianidis, Jürgen Döllner, 2008, **Image Abstraction by Structure Adaptive Filtering**, Proceedings EG UK Theory and Practice of Computer Graphics.

Doug DeCarlo, Anthony Santella, 2002, **Stylization and Abstraction of Photographs**, Proceeding SIGGRAPH '02 Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques.

Andrey R. Nikolaev, Peter Jurica, Chie Nakatani, Gijs Plomp, Cees van Leeuwen, 2013, **Visual encoding and fixation target selection in free viewing: presaccadic brain potentials**, in frontier in System Neuroscience 27 June.

Chie Nakatani, Mojtaba Chehelcheraghi, Behnaz Jarrahi, Hironori Nakatani, Cees van Leeuwen, 2013, **Cross-frequency phase synchrony around the saccade period as a correlate of perceiver's internal state**, in frontiers in System Neuroscience 28 May.

Lev Manovich, 2011, **Il linguaggio dei nuovi media**, Edizioni Olivares, ISBN 978-8885982611

Liisa Uusitalo, Jaana Simola, Jarmo Kuisma, 2012, **Consumer Perception of Abstract and Representational Visual Art**, in International Journal of Arts Management vol.15 n.1.

Lynn C. Robertson, Noam Sagiv, 2004, **Synesthesia: Perspectives from Cognitive Neuroscience**, Oxford University Press, ISBN 978-0195166231.

Julia Simner, Edward Hubbard, 2013, **Oxford handbook of Synesthesia**, Oxford University Press, ISBN 978-0199603329

Katharine Molloy, Timothy D. Griffiths, Maria Chait, Nilli Lavie, 2015, **Inattentional Deafness: Visual Load Leads to Time-Specific Suppression of Auditory Evoked Responses**, in Journal of Neuroscience 9 December.

Daniel J. Simons, Christopher F. Chabris, 1999, **Gorillas in our midst: sustained inattentional blindness for dynamic events**, in Perception, Sage Publications, Inc. 2015.

Petra Vetter, Fraser W. Smith, and Lars Muckli, 2014, **Decoding Sound and Imagery Content in Early Visual Cortex**, in Current Biology 2 June.

Brian Odegaard, Ladan Shams, 2016, **The brain's tendency to bind audiovisual signals is stable but not general**, in Psychological Science 4 March

Sitografia

Stuart Wolpert, Divya Menon, 2011, **Sound and vision work hand in hand, UCLA psychologists report**, <http://newsroom.ucla.edu/releases/sound-and-vision-work-hand-in-220261>, ultima consultazione il 28/06/18

Videografia

Oliver Sacks on Music and Mind, <https://youtu.be/hho4mjIwkKU>, ultima visualizzazione 28/06/18

Music and the Mind, <https://youtu.be/ZgKFeuzGEns>, , ultima visualizzazione 28/06/18

Peter Schiller, M. Brown. **9.04 Sensory Systems. Fall 2013**. Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare, <https://ocw.mit.edu>. License: Creative Commons BY-NC-SA, , ultima visualizzazione 28/06/18