



EXPressive Music

Strumento Musicale Digitale basato su
Strutture Percettive Sonore

Emanuele Marsura

752666

Umberto Tolino

Relatore

Indice

1 Strutture musicali	5
1.1 Percezione del suono	7
1.1.1 Introduzione: il fenomeno sonoro	7
1.1.2 La percezione dei fenomeni sonori	8
1.1.2.1 La percezione dell'intensità	9
1.1.2.2 La percezione dell'altezza	10
1.1.2.3 La percezione del timbro	15
1.1.2.4 La percezione dello spazio	17
1.2 Strutture nella teoria musicale	20
1.2.1 Introduzione: il linguaggio musicale	20
1.2.2 Strutture statiche	22
1.2.2.1 La melodia	22
1.2.2.2 L'armonia	27
1.2.3 Strutture dinamiche	32
1.3 Strutture negli strumenti musicali	35
1.3.1 Introduzione: organologia	35
1.3.2 Caso studio 1: gli strumenti a corde	37
1.3.3 Caso studio 2: gli strumenti a tastiera	44
1.4 Traduzione della percezione sonora in gesti	49
2 Le gesture	55
2.1 Introduzione: la nuova era dell'interaction design	57
2.2 Storia delle interfacce gestuali	60
2.3 Tassonomia delle gesture	71
2.4 Gli attributi delle gesture	74
2.5 Caratteristiche di un'interfaccia gestuale	77
3 Stato dell'arte	81
3.1 Strutture melodiche	83
3.2 Astrazione vs. Simulazione	85
3.2 Interfacce tridimensionali	89

4 EXPressive Music	91	
4.1 Introduzione: la scelta della tecnologia	93	
4.2 La struttura melodica	95	
4.3 Incontro tra percezione sonora e gesture	105	
4.4 Prototyping	112	
4.5 Wireframe	115	
4.6 Visual	122	
4.7 Possibili sviluppi	129	
4.7.1 Coniugazione in altri generi musicali		129
4.7.2 JAM On-line	129	
Bibliografia	137	

Indice immagini

Fig. 1 - Grafico delle curve isofoniche	11
Fig. 2 - L'onda sonora	12
Fig. 3 - Fondamentale e armoniche	12
Fig. 4 - Fisionomia dell'orecchio	13
Fig. 5 - Inviluppo	16
Fig. 6 - La musica	21
Fig. 7 - Violino	39
Fig. 8 - Geometria melodica del violino	40
Fig. 9 - Vibrato	40
Fig. 10 - Glissato	40
Fig. 11 - Chitarra	41
Fig. 12 - Geometria melodica della chitarra	42
Fig. 13 - Dulcimer	42
Fig. 14 - Geometria melodica del dulcimer	42
Fig. 15 - Pianoforte	45
Fig. 16 - Sensitive Touch Organ	46
Fig. 17 - Fisarmonica cromatica	47
Fig. 18 - Schema bottoniera fisarmonica	47
Fig. 19 - Organetto	48
Fig. 20 - Bobby McFerrin, TED Talks 2009	49
Fig. 21 - Air guitar player	50
Fig. 22 - Riccardo Muti	51
Fig. 23 - Neumi	52
Fig. 24 - Minority Report, 2002	57
Fig. 25 - Elograph	61
Fig. 26 - Accutouch	61
Fig. 27 - VideoPlace	62
Fig. 28 - Flexible Machine Interface	63
Fig. 29 - Hewlett Packard	64
Fig. 30 - Tod Machover con l'Hypercello	65
Fig. 31 - DigitalDesk	66
Fig. 32 - Simon	66
Fig. 33 - Black & White	67
Fig. 34 - Guanti 3D	67

Fig. 35 - Jeff Han, Ted Talks, 2006	68
Fig. 36 - iPhone 2G	69
Fig. 37 - NintendoWii	70
Fig. 38 - Hooktheory	83
Fig. 39 - Tonalità più usate	84
Fig. 40 - Accordi più usati	84
Fig. 41 - Garageband per iPad	85
Fig. 42 - Musyc per iPad	86
Fig. 43 - Gestrument per iPad	87
Fig. 44 - Ge Wang e Ocarina per iPhone	88
Fig. 45 - Imogen Heap e i Musical Gloves	89
Fig. 46 - TAP to play note	107
Fig. 47 - TOUCH & HOLD to hold note	107
Fig. 48 - SCROLL to manage intensity	108
Fig. 49 - SLIDE to gliding	108
Fig. 50 - STRONG TAP for fast attack	109
Fig. 51 - NUDGE for slow attack	109
Fig. 52 - SHAKE FINGER to vibrate	110
Fig. 53 - SWIPE to generate echo	110
Fig. 54 - ROTATE to generate reverb	111
Fig. 55 - MockUp #1	112
Fig. 56 - Età	113
Fig. 57 - Attitudine musicale	113
Fig. 58 - Conoscenza musicale	113
Fig. 59 - Elaborazione 4 profili	113
Fig. 60 - MockUp #2	114
Fig. 61 - Wireframe #1	116
Fig. 62 - Wireframe #2	117
Fig. 63 - Wireframe #3	118
Fig. 64 - Wireframe #4	119
Fig. 65 - Wireframe #5	120
Fig. 66 - Wireframe #6	121
Fig. 67 - Visual #1	125
Fig. 68 - Visual #2	126
Fig. 69 - Visual #3	127
Fig. 70 - Visual #4	128
Fig. 71 - Visual #5	129
Fig. 72 - Visual #6	130
Fig. 73 - Visual #7	132
Fig. 74 - Visual #8	134
Fig. 75 - Visual #9	135

1 Strutture musicali

1.1 Percezione del suono

1.1.1 Introduzione: il fenomeno sonoro

Il fenomeno sonoro può essere definito come “tutto ciò che possiamo sentire”. Per essere più precisi la ricezione del fenomeno sonoro è solo una delle quattro fasi che lo definiscono:

1. **Produzione dell'onda sonora:** la produzione di un'onda sonora avviene attraverso la vibrazione di una sorgente sonora, ovvero l'oggetto che emette tale vibrazione. Possono provocare quindi un'onda sonora le corde vocali, tutti gli strumenti musicali attraverso la vibrazione di una corda, di una membrana, di una barretta di metallo o qualunque fenomeno che provoca uno spostamento d'aria.
2. **Propagazione dell'onda sonora:** l'onda sonora ha come proprietà quella di essere un'onda meccanica che si propaga in maniera ondulatoria; tale la propagazione avviene attraverso un mezzo elastico che, nella maggior parte delle volte, è l'aria.
3. **Ricezione e percezione:** l'onda sonora viene ricevuta da un apparato in grado di trasformare l'energia sonora in energia di altra forma, come il sistema uditivo umano.
4. **Elaborazione del segnale:** quando l'onda viene ricevuta dall'orecchio umano, il segnale viene trasformato in impulsi elettrochimici da parte del cervello.

Ogni fenomeno sonoro può essere analizzato rispetto a *parametri oggettivi*, ovvero le caratteristiche fisiche e tutto ciò che descrive fisicamente l'onda e la sua propagazione, e *parametri soggettivi*, ovvero quello che riguarda la percezione del suono e l'elaborazione a livello sensoriale e cerebrale dello stimolo sonoro da parte dell'ascoltatore.

Questi due punti di vista sono tra essi collegati e influenzati a vicenda: noteremo infatti che le caratteristiche fisiche del fenomeno sonoro sono la base per comprendere alcuni tipi di sensazione dovute alla sua percezione, ma anche che le caratteristiche fisiche e la loro misura provengono da studi empirici fatti sulla base della percezione.

Tornando alle fasi che compongono il fenomeno sonoro, possiamo constatare che i diversi fenomeni che lo compongono avvengono su piani distinti:

- **piano fisico:** rispetto al piano fisico si può studiare la produzione dell'onda sonora, le sue caratteristiche di propagazione, la relazione con gli ambienti in cui viene emessa e le sue proprietà come il periodo, la frequenza, la lunghezza, l'ampiezza e la velocità;
- **piano fisico-fisiologico:** una volta emanata l'onda sonora, il nostro apparato uditivo la percepisce. Alcune sensazioni uditive dipendono anche da come esso funziona;
- **piano fisiologico:** attraverso la parte interna dell'apparato uditivo, l'onda sonora viene trasformata in impulsi elettrici;
- **piano fisiologico-psicologico:** gli impulsi elettrici vengono riconosciuti dal cervello che produce sensazioni.

Se includiamo la musica tra i possibili fenomeni sonori, andranno considerati anche questi piani:

- **piano cognitivo-linguistico:** il cervello attribuisce al suono una valenza linguistica;
- **piano linguistico-formale:** la struttura del suono percepito viene analizzata secondo il linguaggio musicale;
- **piano antropologico-culturale:** la musica percepita provoca sensazioni anche in base alla provenienza, alla cultura e alla preparazione musicale dell'uditore.

Di seguito verranno analizzati i fenomeni sonori cercando di capire quali caratteristiche oggettive dell'apparato di ricezione, l'orecchio, e di elaborazione, il cervello, danno luogo alle caratteristiche percepite partendo da date grandezze fisiche oggettive dell'onda sonora.

1.1.2 La percezione dei fenomeni sonori

Per *percezione* si intende l'atto del percepire, cioè del prendere coscienza di una realtà che si considera esterna, qui del fenomeno sonoro, attraverso stimoli sensoriali, quindi il suono, analizzati e interpretati mediante processi intuitivi, psichici e intellettivi, ovvero la sensazione che ne deriva.

I parametri che chiamiamo soggettivi, non solo sono analizzabili consciamente dall'ascoltatore, ma, coinvolgendo la percezione, vengono interpretati anche istintivamente.

Per esempio, un urlo di una persona non ha bisogno di essere analizzato consciamente per percepirne il valore di allarme che rappresenta, ma il nostro cervello lo tramuta istintivamente in un impulso di fuga dal pericolo o di soccorso immediato. Questo deriva non solo dal valore comunicativo dell'urlo in quanto segno di allarme, ma anche da caratteristiche fisiche che riguardano

l'intensità, l'altezza e il timbro del suono che identifichiamo come urlo. Proprio queste tre caratteristiche, che andremo subito ad analizzare in dettaglio, sono le qualità principali che evinciamo dalla percezione del fenomeno sonoro.

1.1.2.1 La percezione dell'intensità

L'intensità sonora a livello percettivo è determinante per cogliere quello che chiamiamo correntemente il volume del suono o, parlando di musica, la dinamica musicale che potremmo aver visto su uno spartito e che va da *ppp* a *fff* ovvero da pianissimo a fortissimo.

Questa percezione sonora, come anche altre, è normalmente legata alle vibrazioni del timpano dell'orecchio. Queste vibrazioni sono provocate da piccole variazioni di pressione dell'aria. La variazione di pressione dell'aria è l'equivalente fisico del suono. Questo fenomeno può essere visualizzato appoggiando un foglio di carta sopra il cono di un altoparlante: quando viene emesso un suono, il foglio inizia a vibrare. Infatti il movimento verso l'esterno della membrana dell'altoparlante determina un aumento di pressione e quindi spinge in fuori il foglio di carta. Inversamente il movimento verso l'interno della membrana determina una diminuzione di pressione ed attrae il foglio verso l'altoparlante. La membrana del timpano si comporta analogamente: un incremento di pressione spinge la membrana del timpano verso l'interno, mentre una diminuzione di pressione la attrae verso l'esterno.

Ciò che quello che noi percepiamo come volume, e che si chiama intensità sonora, dipende dall'energia trasportata dall'onda che, diffondendosi prevalentemente nell'aria, si manifesta tramite la variazione della pressione dell'aria stessa; più è grande questa variazione e più noi percepiamo un'intensità sonora maggiore. Un forte rumore, prima di dare sensazione di fastidio, ovvero essere elaborato dal cervello come "rumore fastidioso", è percepito fastidioso a livello fisico per il troppo sollecitarsi del timpano.

Come prima accennato, alcune caratteristiche sonore oggettive, sono frutto di analisi empiriche basate su parametri soggettivi. Questo è il caso della determinazione della misura per l'intensità acustica.

A livello percettivo l'orecchio sembra rispondere, approssimativamente, allo stimolo dell'intensità dell'onda seguendo una scala logaritmica. Il volume percepito quindi non è in relazione lineare con l'intensità: raddoppiando l'intensità sonora non si percepisce un suono di intensità doppia. Esperimenti ripetuti condotti su vari ascoltatori, hanno mostrato che per ottenere suoni di intensità percepita doppia occorre aumentare all'incirca di un fattore dieci l'intensità dell'onda sonora.

Sempre a livello empirico sono state definite le intensità udibili dall'uomo e quindi la soglia di udibilità, ovvero la minima intensità sonora che l'orecchio umano è in grado di percepire, e la soglia del dolore, ovvero la soglia oltre la

quale l'orecchio umano invece di percepire un suono percepirebbe dolore. Il campo di variazione dell'intensità sonora è estremamente ampio e occupa circa 12 ordini di grandezza. Anche questa caratteristica, insieme al fatto sopra descritto che l'orecchio risponde allo stimolo dell'intensità non linearmente, ha portato all'adozione di una scala logaritmica.

Convenzionalmente a questa scala si attribuisce l'unità di misura decibel (dB) che esprime una quantità adimensionale, comportando i seguenti vantaggi:

- come abbiamo visto, abbiamo la possibilità di rappresentare un grande campo di variazione delle grandezze;
- l'orecchio segue questo andamento;
- essendo una quantità adimensionale, quindi relativa, possiamo fissare lo 0 basandoci sulla soglia di udibilità;
- per lo stesso motivo, questa esprime bene il fenomeno della percezione dell'intensità sonora in quanto lo stimolo è dato da una variazione di pressione, quindi dal rapporto tra la pressione iniziale e finale;
- la scala rappresenta il giusto livello di sensibilità dato che l'orecchio coglie la differenza di intensità tra due suoni solo se il loro livello differisce per più di un dB.

Bisogna però ricordare che la grandezza che abbiamo appena descritto, anche se è basata sulla percezione, corrisponde comunque ad una grandezza fisica. Tale grandezza non descrive però l'intensità percepita, quella che in inglese viene chiamata *loudness*, in quanto essa dipende anche dalla frequenza e in minor misura anche dal timbro del suono.

Ci occuperemo nel dettaglio di cosa è la frequenza di un'onda, intanto possiamo dire che questa contribuisce alla percezione dell'intensità sonora. Infatti, a parità di intensità fisica, i suoni in una fascia di frequenza media vengono percepiti di intensità superiore rispetto a suoni fuori da quella fascia.

Su base percettiva è stato realizzato un grafico di curve isofoniche (fig. 1) che descrive la relazione tra intensità sonora fisica e frequenza a cui percepiamo un'intensità costante.

Per questo è stata introdotta un'altra unità di misura che misura l'effettiva intensità percepita, il *phon* che tiene conto di entrambi i parametri, intensità sonora e frequenza.

1.1.2.2 La percezione dell'altezza

L'altezza di un suono è quell'attributo del suono stesso che ci consente di percepirlo come "nota" musicale e il parametro fisico determinante per la generazione della sensazione di altezza di un'onda puramente armonica è la sua *frequenza*.

Per capire meglio cos'è la frequenza occorre spiegare più dettagliatamente com'è costituita un'onda sonora. Abbiamo precedentemente visto che il suono

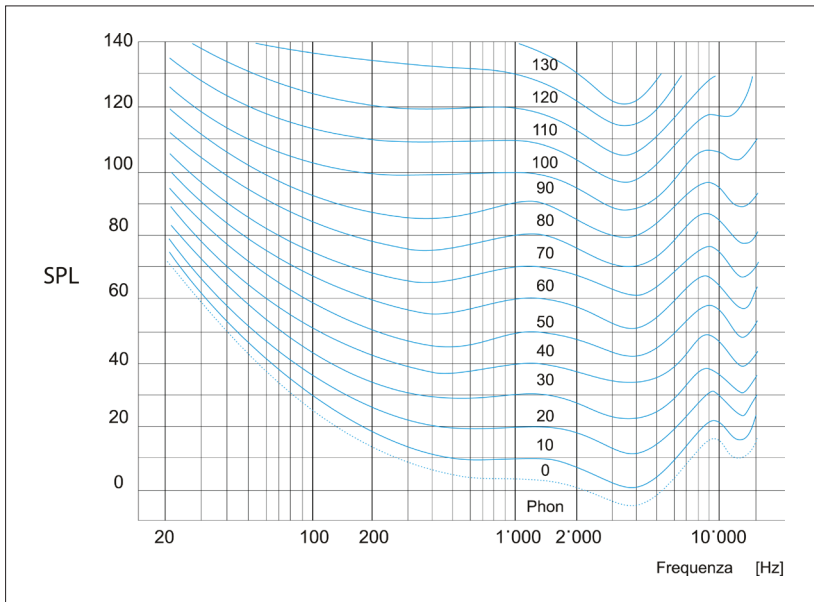


Fig. 1 - Grafico delle curve isofoniche

corrisponde a variazioni di pressione nell'aria. Molti suoni musicali presentano variazioni regolari di pressione. In particolare la regolarità implica che un determinato andamento della pressione si ripeta nel tempo. La *forma d'onda* è definita proprio da questo andamento. In questo caso il suono è detto periodico e la durata della singola forma d'onda è detta periodo.

In campo musicale si è soliti descrivere un suono periodico in termini di frequenza, ovvero quante volte al secondo si ripete il periodo. Questa grandezza si esprime in Hertz (Hz).

La funzione che descrive il moto periodico è una semplice sinusoide di ampiezza costante, e questa rappresenta più precisamente un suono puro, corrispondente ad una sola frequenza (fig. 2).

I suoni reali, come quelli prodotti dagli strumenti musicali non hanno mai un andamento così semplice. I suoni, infatti, sono sempre costituiti da serie di *armoniche* che contribuiscono a dare ricchezza ai suoni musicali.

Le armoniche non sono altro che onde pure che viaggiano a frequenze diverse che rispondono però a rapporti semplici: date delle onde sinusoidali di fre-

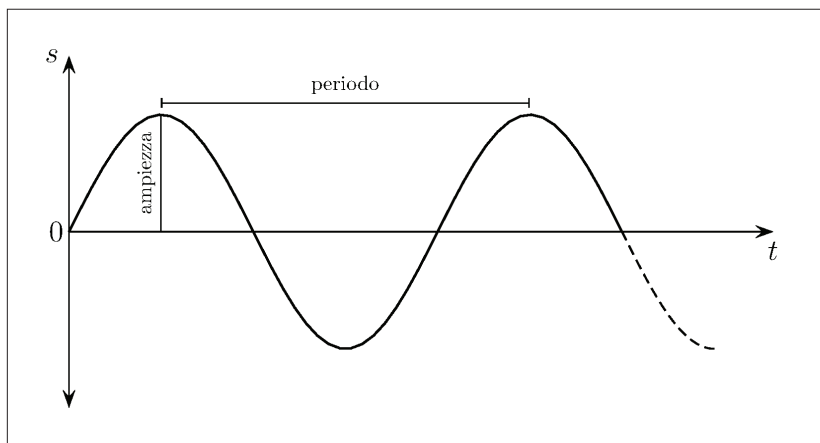


Fig. 2 - L'onda sonora

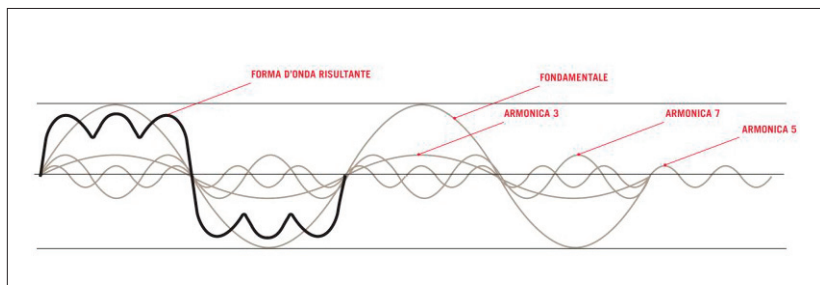


Fig. 3 - Fondamentale e armoniche

quenza la seconda il doppio della prima e la terza il triplo della prima, la prima sarà chiamata *fondamentale*, la seconda sarà chiamata *seconda armonica*, la terza sarà invece la *terza armonica*, e via dicendo (fig. 3). Da non confondere con gli intervalli musicali, che vedremo poi, in cui l'ottava corrisponde alla seconda armonica.

Parlando perciò di onde complesse, possiamo avere onde complesse comunque periodiche, e onde complesse non periodiche.

Le onde complesse periodiche possono essere costituite dalla sovrapposizione di più onde sinusoidali, dette *parziali* che, se coincidono con le frequenza mul-

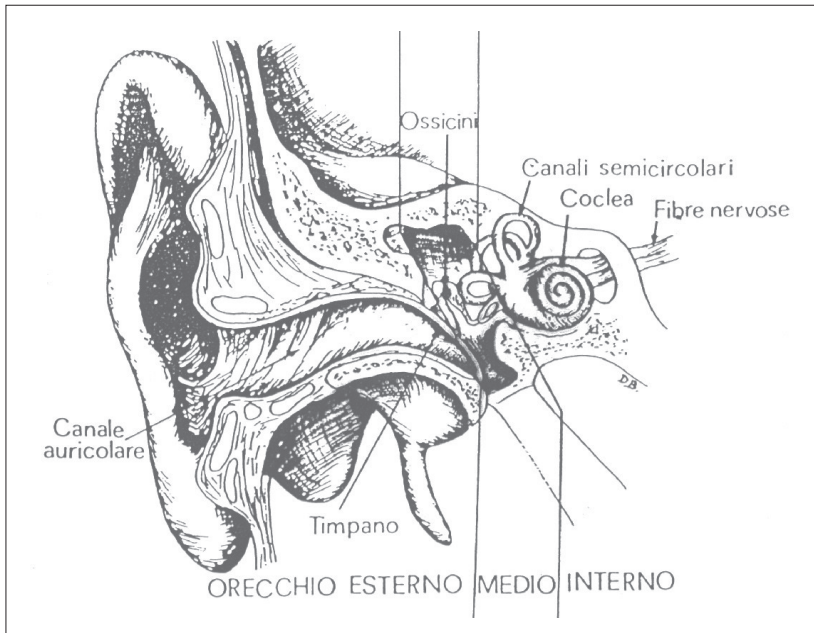


Fig. 4 - Fisionomia dell'orecchio

tiple della fondamentale, saranno le armoniche.

Delle onde complesse non periodiche invece fanno parte tutte le onde presenti in natura avendo un inizio e una fine, tant'è che si considera periodica un'onda sonora che duri molto di più del suo periodo.

Se invece l'andamento è privo di qualsiasi regolarità, noi percepiremo del *rumore*.

Queste caratteristiche fisiche sono la base per capire come avviene la percezione dell'altezza, ovvero ciò che ci permette di distinguere, come abbiamo visto, un suono da un rumore e ci consente di ordinare i suoni in una scala da gravi ad acuti: per esempio la voce di una bambina ha un suono acuto, più alto, e quella del papà più grave, più basso.

L'orecchio umano è in grado di percepire un suono solo se la sua frequenza è compresa tra circa 16 Hz e 20000 Hz, valori detti *limiti di udibilità*, anche se in realtà, nella pratica musicale si utilizza un più ristretto intervallo di frequenza

che va dai 20 Hz ai 4000 Hz, che corrispondono alla gamma di note che riesce a produrre un pianoforte.

L'orecchio infatti è maggiormente sensibile proprio in questa regione di frequenza.

Come abbiamo visto precedentemente, il timpano riceve la vibrazione. Questa vibrazione viene trasmessa tramite un sistema di leve ad una membrana che fa passare il suono sotto forma di onde di pressione attraverso un'apertura detta finestra ovale, fino a terminare in un canale a forma di chiocciola, la coclea, che contiene un liquido. La pressione del liquido cocleare mette in oscillazione una membrana detta basilare. Da qui in poi si svilupperà la trasformazione del suon in impulsi elettrici, ma proprio qui nella membrana basilare avremo la percezione dell'altezza (fig. 4).

I suoni di differenti frequenze, infatti, mettono in moto regioni diverse della membrana basilare. In particolare i suoni di frequenza elevata mettono in oscillazione le regioni più vicine alla porta ovale, quindi da dove arriva il suono. All'abbassarsi della frequenza le regioni messe in moto sono invece sempre più lontane.

Questo fenomeno è interessante perchè rappresenta la materializzazione dei limiti di udibilità e infatti la lunghezza di questa membrana corrisponde alla gamma di frequenze udibili.

La musica, attività artificiale, è stata prodotta dalla civiltà umana proprio entro le possibilità del nostro sistema percettivo, con un meccanismo di selezione culturale.

La conformazione fisica del nostro orecchio, insieme all'analisi dei rapporti tra le frequenze, ci serve per capire anche la percezione di alcuni effetti acustici.

Ad esempio la percezione della *consonanza* e della *dissonanza*. Queste due caratteristiche hanno, oltre che una derivanza fisica, una appartenenza al piano soggettivo e culturale dell'individuo. In misura generica comunque, definiamo consonante un insieme di suoni che al nostro orecchio risulti "gradevole", e viceversa dissonante quel che viene percepito come "disturbo" o "tensione" auditiva.

Il rapporto di consonanza è per lo più un argomento che riguarda la teoria musicale e che quindi tratteremo più avanti. Rispetto alla dissonanza però, possiamo descrivere alcuni fenomeni.

Il primo è il fenomeno dei *battimenti*. Quando ascoltiamo due suoni di frequenza non uguale, ma molto simile, l'orecchio percepisce un solo suono ma che varia di intensità.

Questo effetto viene utilizzato dai musicisti per accordare gli strumenti a corda: producendo la stessa nota su due corde diverse, infatti, si avranno battimenti sempre più lenti fin quando le due note saranno uguali e quindi non si avranno

più battimenti.

Un altro effetto è il fenomeno della *banda critica*. Come abbiamo appena visto, due suoni di frequenze simili provocano battimenti sempre più veloci all'aumentare la differenza delle frequenze. Arriverà un punto in cui non si percepirà un suono unico con i battimenti, ma si percepiranno due suoni distinti e dissonanti, e questo continuerà finché la differenza tra le due frequenze sarà in rapporto di terza e quindi risulterà, come vedremo poi, nuovamente consonante. Quella fascia di frequenze per cui percepiremo due suoni dissonanti prende il nome di *banda critica*. Secondo la teoria posizionale, una teoria non ancora totalmente confermata, questo è dovuto a livello fisiologico, ad una sorta di confusione percettiva nella quale incappa il nostro sistema uditivo e può attribuirsi al fatto che suoni vicini di frequenza attivino regioni della membrana basilare parzialmente sovrapposte e quindi possono inviare impulsi nervosi non correlati al medesimo fascio di fibre nervose.

Dal momento che l'ampiezza della regione della membrana basilare decresce per ottave di frequenza crescente, comporta che la banda critica è maggiore sulle alte frequenze, per lo stesso motivo abbiamo l'effetto di dissonanza sotto i 600 Hz anche tra frequenze che sono in rapporto di terza che dovrebbero invece risultare consonanti.

Sono stati analizzati anche altri fenomeni, che non sono rilevanti però ai fini del progetto.

1.1.2.3 La percezione del timbro

Finora abbiamo trattato l'onda sonora come un'onda ideale che non invariabile trascurando appunto il suo sviluppo nel tempo. Come abbiamo accennato parlando di onde complesse periodiche, un suono ha un inizio e una fine, quindi una dinamica e questo contribuisce alla formazione del timbro.

Il timbro è la qualità percepita di un suono che ci permette di distinguere due suoni che hanno la stessa altezza e la stessa intensità: per esempio la stessa nota suonata allo stesso volume da un flauto e da un violino viene percepita come due note distinte suonate da due strumenti differenti grazie alla percezione del timbro.

Il timbro, come preannunciato, ha una componente statica e una dinamica. A livello statico infatti il timbro del suono di uno strumento è dovuto in larghissima parte alla composizione di armoniche e parziali che lo compongono. Quando sentiamo una nota suonata da uno strumento musicale infatti, anche se distinguiamo la nota che sta suonando, in quanto il nostro sistema uditivo ci permette di percepire qual è la frequenza fondamentale, essa è composta da una serie di armoniche che sono sviluppate dai materiali e dalle geometrie delle varie parti che compongono lo strumento musicale. Questo insieme di armoniche, quindi, identifica il timbro e, essendo caratterizzato dallo strumento, è

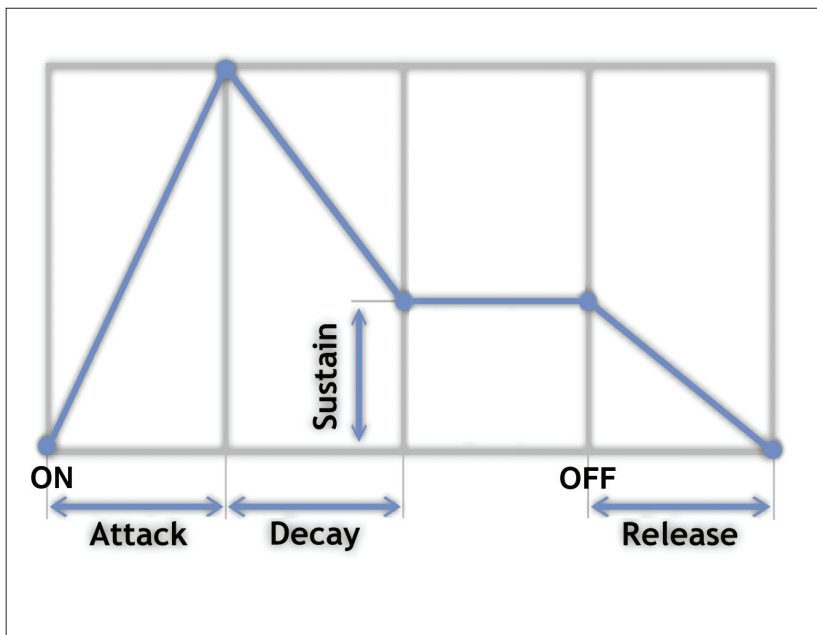


Fig. 5 - Inviluppo

possibile anche a ritroso capire non solo quale strumento sta suonando, ma anche il materiale di cui è fatto o addirittura la marca.

Gli aspetti statici forniscono una discreta approssimazione del timbro reale ma non la sua dinamica. È per questo che si analizza anche l'inviluppo di un suono (fig. 5). Con tale termine si indica l'evoluzione dell'ampiezza dell'onda sonora nel tempo.

Nell'inviluppo di un suono si distinguono quattro fasi, non sempre tutte presenti:

1. **Attacco**: Corrisponde alla fase iniziale del suono e dura fino al momento in cui l'onda sonora ha raggiunto la massima ampiezza. Esso può essere molto rapido, come negli strumenti a percussione o in uno squillo di tromba, o più lento come in uno strumento ad arco. Un suono può essere qualificato secondo la percezione di questo parametro come morbido o secco se ha un attacco più lento o più veloce, e la sensazione come spesso accade segue la realtà, infatti la forma

- dell'onda è geometricamente più o meno morbida.
2. **Decadimento:** è detto anche decadimento iniziale. Esso è caratteristico di quegli strumenti in cui il suono scatta solo se un determinato parametro fisico supera una certa soglia ed è seguito da una brava diminuzione dell'ampiezza prima della fase di stabilizzazione. Per esempio una tromba, che ha bisogno di getto di fiato per emettere suono, rientra in questa categoria di strumenti.
 3. **Tenuta:** è la fase in cui il suono rimane stabile mentre l'esecutore continua a fornire energia. Ovviamente tale fase non esiste negli strumenti a percussione. Questa caratteristica potrebbe essere una discriminante nella distinzione tra strumenti reali e virtuali. Essendo i suoni virtuali sintetizzati, possono avere questa fase anche infinita, mentre negli strumenti reali il suono prima o poi decade.
 4. **Rilascio:** è detto anche decadimento finale, ed è la fase che inizia nel momento in cui l'esecutore smette di fornire energia allo strumento. Questa fase c'è in ogni strumento.

Questi aspetti dinamici, se riferiti agli strumenti musicali, ci permettono di apprezzare anche il tocco di un musicista rispetto ad un altro e influenzando anche la sfera emotiva.

1.1.2.4 La percezione dello spazio

La propagazione delle onde sonore fa parte di tutto il processo di creazione di un fenomeno sonoro. L'ambiente in cui è diffuso il suono ha uno stretto rapporto con il nostro orecchio. La percezione della direzione da cui proviene un suono è, perlomeno in parte, il risultato della sorprendente funzione di codificazione dell'orecchio esterno, ovvero del padiglione. Il suono riflesso dalle varie nervature, cavità e superfici del padiglione si combina con il suono non riflesso all'entrata del canale uditivo. Il trasferimento dell'onda sonora che avviene dall'entrata nel canale uditivo può assumere forme diverse per ogni direzione, sia essa orizzontale o verticale. È in questo modo che il padiglione codifica ogni suono in arrivo, permettendo al cervello di produrre percezioni derivate direzionali diverse.

Un'altra e più ovvia funzione direzionale del padiglione consiste nella discriminazione avanti/indietro, che non dipende da codifica e decodifica. Alle frequenze più alte, il padiglione costituisce una vera e propria barriera. Il cervello utilizza questa discriminazione avanti/indietro per conferire una percezione generale di direzione.

Per risolvere i problemi di localizzazione della sorgente sonora, il nostro sistema uditivo si basa anche sulla percezione uditiva stereofonica. In passato si riteneva che il fatto di possedere due orecchi fosse analogo alla presenza di due polmoni o due reni e che se uno degli organi gemelli avesse subito qualche

danno l'altro avrebbe potuto continuare a funzionare. Un semplice esperimento condotto all'Università di Cambridge dimostrò l'erroneità di questa concezione. I due orecchi, infatti, funzionano insieme per la localizzazione binaurale e riescono ad individuare la direzione della sorgente sonora con grande accuratezza. I fattori coinvolti in questo processo sono le differenze di intensità e di tempo d'arrivo dei suoni che investono i due orecchi. L'orecchio più vicino della sorgente riceve un'intensità molto maggiore rispetto all'altro, dal momento che il cranio forma una sorta di "ombra sonora". A causa della differenza di distanza della sorgente, l'orecchio più lontano riceve il suono con un certo ritardo rispetto a quello più vicino.

Il nostro apparato uditivo integra le intensità sonore per i brevi intervalli e funziona praticamente come uno strumento di misurazione balistico. In altre parole, se ci troviamo in una sala per concerti, l'orecchio e il cervello mettono in atto la loro abilità di raccogliere tutti i suoni riflessi che arrivano entro 50 ms dal suono diretto e li combinano, li integrano dando l'impressione che tutti questi suoni provengono dalla sorgente originaria, anche se sono presenti suoni riflessi provenienti da altre direzioni. I suoni che non rientrano in questa fascia di ritardo vengono percepiti come eco. Questo effetto si chiama *effetto di precedenza* o *effetto Haas*, dal nome di colui che lo sperimentò e teorizzò. Le prime riflessioni di un suono servono, per citare Haas, per dare "...una piacevole modificazione dell'impressione sonora nel senso che ampliano la sorgente sonora primaria, mentre la sorgente ecoica non è ancora percepita acusticamente in quanto tale".

L'eco infatti non è altro che il ritorno ritardato di un suono, che viene percepito dall'orecchio come immagine sonora distinta.

Questo effetto viene anche usato con gli strumenti elettrici, quindi riprodotto digitalmente o analogicamente, in modo tale da rendere più suggestivo il suono. Come l'eco, anche il riverbero è un effetto acustico derivato dalle condizioni spaziali.

Quando per esempio emettiamo un suono all'interno di una stanza, occorre un certo lasso di tempo prima che il livello sonoro all'interno dell'ambiente diventi impercettibile. Questo protrarsi del suono dopo la rimozione del segnale acustico si chiama riverberazione e ha conseguenze importanti sulla qualità acustica della stanza. Esperimenti di registrazione in camere diverse, tra cui una camera anecoica, ovvero completamente senza eco, infatti, hanno fatto risultare la qualità della registrazione molto bassa dimostrando che la riverberazione è necessaria al fenomeno sonoro. Anche quest'effetto viene riprodotto digitalmente nel caso mancassero le condizioni ambientali per riprodurlo naturalmente. Questi due effetti vengono usati per evocare condizioni spaziali che infatti non si hanno.

1.2 Strutture nella teoria musicale

1.2.1 Introduzione: il linguaggio musicale

Possiamo definire la musica come l'arte che consiste nell'ideare e nel produrre successioni strutturate di suoni semplici o complessi, che possono variare per altezza per intensità e per timbro o della combinazione di entrambe queste fonti (fig. 6). In quanto espressione artistica, la musica è quindi sia il momento della composizione, sia il momento dell'esecuzione.

Abbiamo analizzato altezza, intensità e timbro per le loro caratteristiche fisiche, ma non dal punto di vista del linguaggio, ovvero di che cosa possono comunicare miscelate insieme. Il linguaggio, in particolare, rende possibile la notazione scritta dei suoni e, nella tradizione occidentale, collega i suoni, ovvero le note, secondo rapporti asincroni, la melodia, e rapporti sincronici, l'armonia. Il linguaggio musicale, come ogni linguaggio, deve obbedire a particolari regole di sintassi e grammatica. Scrivere un bella melodia significa scrivere un pensiero musicale che sarà aiutato sorretto e valorizzato dall'armonia.

La percezione della melodia corrisponde alla percezione dei rapporti tra suoni consecutivi nel tempo. Quando si fischietta una musica rimasta impressa, tipicamente si sta riproducendo una melodia. Dal greco *mèlos* = canto, la melodia è ogni singola "voce" che costituisce una composizione musicale. Ad ogni istante di tempo corrisponde una sola nota. In moltissime forme musicali, tra cui spicca la quasi totalità della musica leggera occidentale, la melodia è la parte più in evidenza di un brano, anche da un punto di vista timbrico. È quella che in un certo senso identifica un brano tanto che quando sentiamo una stessa canzone eseguita in diversi arrangiamenti, continuiamo a riconoscerla.

La percezione dei suoni simultanei, invece, corrisponde al senso dell'armonia. Noi non abbiamo la capacità di riprodurre un'armonia sia perché siamo uno strumento monodico e non riusciamo a riprodurre più suoni insieme, sia perché nell'armonia, a differenza della melodia, non è semplice distinguere tutti i suoni che la compongono. L'armonia quindi non corrisponde ad una singola voce in una composizione, ma piuttosto all'insieme di tutti i suoni che, istante per istante, sono percepiti simultaneamente.

Mentre nel linguaggio comune il termine "armonia" ha sempre un'accezione positiva, e si riferisce ad una situazione di equilibrio e proporzione, in musica,

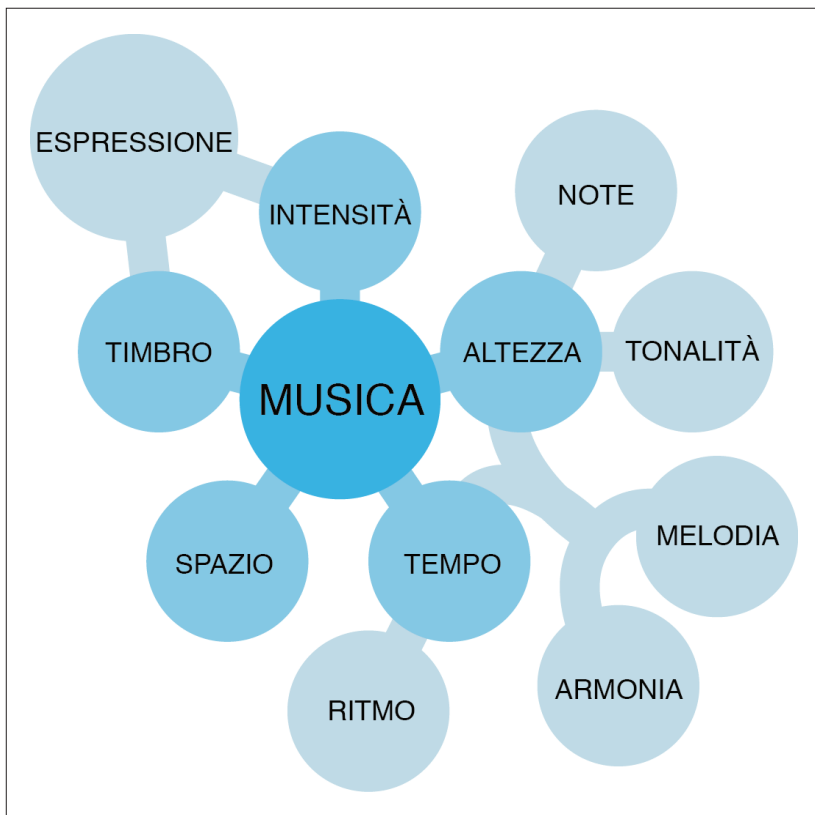


Fig. 6 - La musica

proprio per la presenza del fattore tempo, l'armonia di un brano può assumere caratteri diversi, e conosce sia accordi apparentemente statici, sia accordi che invece sembrano introdurre elementi di instabilità e sembrano contenere in sé la tensione ad essere "risolti" verso accordi più stabili. Nel gergo musicale ci si riferisce a queste due grandi classi di accordi col nome di accordi *consonanti* e *dissonanti*. Nello studio dell'altezza dei suoni abbiamo già incontrato questi due termini, ma in questo caso la *sonanza* non corrisponde semplicemente alla caratteristica di due suoni di stare bene insieme o meno, ma introduce un con-

petto portato avanti anche da evoluzioni culturali.

La consonanza è data, infatti, da un insieme di note che conferisce sensazioni di riposo e stabilità, mentre la dissonanza è data da note che insieme provocano una sensazione di movimento e instabilità.

Come vedremo, lo studio della musica e delle regole armoniche è stato fatto su base percettiva, infatti riconosceremo degli effetti uditivi che danno anche i nomi a delle strutture armoniche.

1.2.2 Strutture statiche

1.2.2.1 La melodia

Il senso comune distingue sette note musicali.

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------

La distanza fra due note si chiama *intervallo* e si esprime con i numeri ordinali fissando una nota di base e definendo ogni nota di che grado è rispetto a quella di base.

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>

Dopo il *si* seguirà nuovamente il *do*, che è l'ottava. Abbiamo già visto tra le caratteristiche fisiche che l'ottava è la nota che si ottiene al doppio della frequenza della nota di base.

Il rapporto d'ottava è un rapporto su cui tutte le civiltà si sono basate per analizzare e costruire regole armoniche. Molte sono state le discussioni all'interno della civiltà occidentale su come dividere l'ottava in un determinato numero di note.

Trattandosi di regole basate sulla percezione, la relazione tra le note porta ad una certa *cadenza*, ovvero alla percezione di una tendenza che si ha tra due note e che crea o meno una sensazione di riposo. Per dirla in parole povere è la stessa sensazione che ci porta spontaneamente a terminare la canzoncina "Ammazza la vecchia..." come nel film "chi ha incastrato Roger Rabbit".

Abbiamo una *cadenza perfetta* tra il *V* e il *I* grado.

La cadenza perfetta è la più semplice e compiuta e infatti il *V* grado fa parte dei tre gradi forti, insieme al *I* e al *IV*.

Il *IV* grado genera una cadenza chiamata *plagale* che non è del tutto conclusiva

a causa della tensione non così forte che crea; ha un carattere solenne e venne anche chiamata cadenza dell'amen per l'utilizzo che se n'è fatto nei secoli della polifonia.

Nella musica tonale siamo abituati a sentire parlare di *tonalità*. La tonalità costituisce l'insieme dei principi armonici e melodici che regolano i relativi legami tra le note partendo da una nota attorno alla quale si creano i rapporti, chiamata per l'appunto *tonica*, che corrisponde al primo grado. Finora, infatti, abbiamo fatto esempi in tonalità di *do*.

Come accennavamo, attraverso regole percettive, si sono divise le ottave in un numero di note in successione ordinata, ovvero in scale. L'unità di misura che si utilizza per comprendere la distanza tra le note è il *tono* e i *semitono*. Sulla base di quest'unità di misura, nella cultura occidentale si è sviluppata la scala *diatonica*, ovvero quella scala che ha come paradigma che ad ogni grado della scala potrà corrispondere solo un nome di nota, e questo porta anche che la distanza tra le note non è superiore a un tono.

Se misuriamo le note che abbiamo precedentemente osservato avremo:

<i>do</i>		<i>re</i>		<i>mi</i>	<i>fa</i>		<i>sol</i>		<i>la</i>		<i>si</i>	<i>do</i>
T		II		III	IV		V		VI		VII	VIII
1 TONO		1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		1 T.		½ T.	

Questo fa capire a che distanza devono essere posizionate le note e quindi i gradi di una scala diatonica.

Anche se le scale diatoniche sono regolate da delle leggi di distanza tra le note, questo non implica che non esistano altre note.

Come si può vedere dallo schema, risultano degli spazi vuoti tra le note che distano un tono. Riempiendo questi spazi avremo le seguenti note:

<i>do</i>	<i>do#</i> <i>o</i> <i>reb</i>	<i>re</i>	<i>re#</i> <i>o</i> <i>mib</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>fa#</i> <i>o</i> <i>solb</i>	<i>sol</i>	<i>sol#</i> <i>o</i> <i>lab</i>	<i>la</i>	<i>la#</i> <i>o</i> <i>sib</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
-----------	--------------------------------------	-----------	--------------------------------------	-----------	-----------	---------------------------------------	------------	---------------------------------------	-----------	--------------------------------------	-----------	-----------

Queste note formano la scala cromatica, ovvero la scala che racchiude tutte le note e la cui distanza tra esse è un semitono, ovvero l'unità più piccola possibile. Sulla base di questa, seguendo le regole di distanza che abbiamo visto prima, possiamo creare scale in ogni tonalità.

Per esempio, se volessimo creare una scala di *re*, avremo:

re		mi		fa#	sol		la		si		do#	re
T		II		III	IV		V		VI		VII	VIII
1 TONO		1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		1 T.		½ T.	

Questo quindi è il modo di creare scale in ogni tonalità, e nello specifico la *scala maggiore*.

La sensazione provocata dall'ascolto della scala maggiore è derivata quasi totalmente dalla distanza del III grado dalla tonica. Questo infatti prende il nome di *modale* appunto perché decide il modo, maggiore o minore, della scala: il primo sarà più allegro, il secondo più triste.

Costruire una scala minore è molto semplice dal momento che la scala minore si forma da una scala maggiore e più precisamente dal VI grado:mplice dato che la scala minore si forma da una scala maggiore, più precisamente dal VI grado:

do	re	mi	fa	sol	la	si
Tonica	II	III	IV	V	VI	VII

In questo caso il VI grado di *do* è la *la*. Costruiremo, infatti, la scala minore di *la*, che non sarà altro che la scala di *do* maggiore, suonata partendo dal *la*:

la	si	do	re	mi	fa	sol
----	----	----	----	----	----	-----

La scala di *la* minore sarà quindi costruita sulla scala di *do* maggiore. Analizziamo le distanze tra le note:

la		si	do		re		mi	fa		sol		la
1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		

Questa quindi è la regola che determina le distanze di una scala minore che chiameremo *scala minore naturale* in quanto si genera naturalmente da un'altra scala.

Per comprenderla meglio, vediamo la in tonalità di *do*:

do		re	mib		fa		sol	lab		sib		do
1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		

Essendo cambiate le distanze tra la note, anche gli intervalli cambieranno nome, e per l'esattezza, le note che hanno cambiato la loro distanza dalla tonica saranno la *III*, *VI* e la *VII* che, essendo state abbassate di un semitono, prenderanno proprio il suffisso di *minore*.

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mib</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>lab</i>	<i>sib</i>
Tonica	II	III minore	IV	V	VI minore	VII minore

Da qui possiamo vedere che ,essendo la *III* minore, caratterizzerà la scala come minore.

Un'altra nota importante di una scala è il *VII* grado, chiamato anche *sensibile*. Prende questo nome in quanto dista un semitono dalla tonica e tende, sempre per il principio delle cadenze, a risolvere sulla tonica. Questo fenomeno sulla scala maggiore avviene normalmente.

Come abbiamo appena visto, la scala minore ha il *VII* grado che dista un tono, e quindi non ha una *sensibile*. Per questo motivo è stata creata un'altra scala minore che, prendendo come base la scala minore naturale, forza il *VII* grado a distare dalla tonica solo un semitono:

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mib</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>lab</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
1 T.	½ T.	1 T.	1 T.	½ T.	1½ T.	½ T.	

Questa scala prende il nome di *scala minore armonica*.

Notiamo però che questa scala di sette note, che dovrebbe avere la distanza tra le note successive non superiore ad un tono, presenta una distanza di un tono e mezzo tra il *lab* e il *si*.

Per ovviare a questo problema, è stata creata un'ulteriore scala minore, la *scala minore melodica*, che interviene alzando il *VI* grado di un semitono e quindi facendo diventare il *lab* un *la*:

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mib</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
1 T.	½ T.	1 T.	1 T.	1 T.	1 T.	½ T.	

Possiamo a questo punto anticipare il motivo dell'esistenza di strutture statiche e dinamiche.

La nota *sensibile* introduce per sua natura la tonica, o meglio l'*VIII*, in una successione ascendente.

Come abbiamo visto, la scala minore melodica è stata creata per poter permettere proprio questo effetto che però è utile solo in maniera ascendente. Come scala minore melodica discendente si usa la scala minore naturale.

Questo è un esempio di struttura dinamica in quanto la struttura cambia forma in base a parametri temporali, quindi di successione, e spaziali, cioè di posizione rispetto all'altezza.

Oltre a scale di sette note, esistono anche conformazioni diverse di note, e tra queste sono molto importanti le *triadi*.

Le triadi, come dice il nome stesso, sono un gruppo di tre note utili alla creazione degli accordi. Le tre note coincidono con il *I* grado, e quindi la tonica, il *III* grado, come detto in precedenza la modale, e il *V* grado, la dominante. Anche in questo caso possiamo avere triadi maggiori o minori in base alla distanza tra tonica e *III* grado.

<i>do</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>
<i>Tonica</i>	<i>III</i>	<i>V</i>

<i>do</i>	<i>mib</i>	<i>sol</i>
<i>Tonica</i>	<i>III minore</i>	<i>V</i>

Come variante delle triadi abbiamo le quadriadi, ovvero gruppi di note che aggiungono il *VII* grado alle triadi che a seconda delle occasioni può essere minore o maggiore:

<i>do</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>	<i>si</i>
<i>Tonica</i>	<i>III</i>	<i>V</i>	<i>VII</i>

<i>do</i>	<i>mib</i>	<i>sol</i>	<i>sib</i>
<i>Tonica</i>	<i>III minore</i>	<i>V</i>	<i>VII minore</i>

Una vera e propria scala diatonica molto usata è la scala pentatonica. Le cinque note che fanno parte di questa scala sono: *Tonica*, *II*, *III*, *V* e *VI* grado.

Da questa scala sono stati tolti il *IV* e il *VII* grado, ovvero quelle note che identificherebbero la tonalità. In questo modo si ottiene una scala ambigua, utilizzabile in più tonalità.

Alcuni strumenti musicali, come l'armonica a bocca, posseggono solo queste note, ed è anche per questo, oltre che per motivi culturali, che vengono usati nel blues: la pentatonica nell'armonica permette di suonare sui tre accordi che formano la struttura di un brano blues, ovvero *Tonica*, *IV* e *V* grado.

Troviamo anche qui la pentatonica minore, che si forma come per la scala minore, sul *VI* grado:

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>
<i>Tonica</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>

<i>la</i>	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>
<i>Tonica</i>	<i>III minore</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VII minore</i>

Come si può vedere, nella pentatonica minore si hanno dei gradi diversi rispetto alla maggiore, perdendo il *II* e *VI* grado. Questa scala è usata nel 90% dei dischi rock e nella quasi totalità dei dischi blues. A dimostrazione di questo, esiste un'altra scala particolare che prende il nome di *scala blues*, una scala che si crea sulla base della scala pentatonica minore e aggiunge tra il *IV* e *V* grado una nota chiamata *blue note* che dista un semitono da entrambi i gradi:

<i>la</i>	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>re#</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>
<i>Tonica</i>	<i>III minore</i>	<i>IV</i>	<i>blue note</i>	<i>V</i>	<i>VII minore</i>

Il nome dato a questa nota ci conferma una volta di più il ruolo fondamentale della percezione: la blue note, infatti, conferisce un certo "colore" alla melodia caratterizzandola.

Anche le scale modali vengono utilizzate per lo stesso fine e sono scale di sette note che si formano sulla base delle scale di sette note già viste, partendo da ogni grado.

1.2.2.2 L'armonia

Come abbiamo visto, la differenza tra armonia e melodia consiste nella variabile tempo: la melodia, infatti, è una successione di note singole, mentre l'armonia è un insieme di note sincrone.

Questo comporta che le regole tonali a cui rispondono l'una e l'altra siano le stesse.

Nell'ambito delle note sincrone, un insieme di tre o più note è detto *accordo*.

La forma più semplice di accordo è la sovrapposizione delle note della triade:

<i>do</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>
<i>Tonica</i>	<i>III</i>	<i>V</i>

do
mi
sol

accordo
di *do*
maggiore

<i>do</i>	<i>mib</i>	<i>sol</i>
<i>Tonica</i>	<i>III</i> <i>minore</i>	<i>V</i>

do
mib
sol

accordo
di *do*
minore

Proprio come già riscontrato in altri casi, anche gli accordi formati sulla triade possono essere maggiori o minori.

Possiamo considerare anche gli accordi formati sulle quadriadi, che saranno ovviamente formati da quattro note e che produrranno un suono evidentemente più complesso:

<i>do</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>	<i>si</i>
<i>Tonica</i>	<i>III</i>	<i>V</i>	<i>VII</i>

do
mi
sol
si

accordo di *do*
settima maggiore

<i>do</i>	<i>mib</i>	<i>sol</i>	<i>sib</i>
<i>Tonica</i>	<i>III</i> <i>minore</i>	<i>V</i>	<i>VII</i> <i>minore</i>

do
mib
sol
sib

accordo di *do*
minore settima

Questi sono solo due esempi di accordi formati da quattro note. Possiamo notare che i gradi delle note che formano l'accordo sono sempre di posizione dispari e questa caratteristica non è casuale dal momento che le note di un accordo hanno un rapporto di terze: ognuna, cioè, è la terza maggiore o minore della precedente. Questo rapporto così complesso da descrivere e immaginare, può essere facilmente elaborato geometricamente attraverso uno schema. Prendiamo qui di seguito le note che compongono la tonalità di *do*:

<i>do</i>		<i>re</i>		<i>mi</i>	<i>fa</i>		<i>sol</i>		<i>la</i>		<i>si</i>	<i>do</i>
<i>T</i>		<i>II</i>		<i>III</i>	<i>IV</i>		<i>V</i>		<i>VI</i>		<i>VII</i>	<i>VIII</i>
1 TONO		1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		1 T.		½ T.	

Da qui è possibile formare un accordo per ogni grado; in tutti i casi si tratterà di accordi appartenenti alla tonalità di *do* e basterà decidere quante note comporranno l'accordo, per esempio tre o quattro, selezionare la nota di partenza, quella che chiameremo *fondamentale*, e selezionare le altre prendendone, di volta in volta, una sì e una no. In questo modo l'accordo di *do* maggiore sarà:

<i>do</i>		<i>re</i>		<i>mi</i>	<i>fa</i>		<i>sol</i>		<i>la</i>		<i>si</i>	<i>do</i>
<i>T</i>		<i>II</i>		<i>III</i>	<i>IV</i>		<i>V</i>		<i>VI</i>		<i>VII</i>	<i>VIII</i>
1 TONO		1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		1 T.		½ T.	

Se volessimo aggiungere una quarta nota, otterremmo un accordo con in più la *VII* che, essendo distante solo un semitono dalla fondamentale, formerà un accordo con la *VII maggiore* e prenderà il nome di *do settima maggiore*.

Una volta creato l'accordo, quindi, si esamina a quale distanza è una nota dall'altra per capire che tipo di accordo si ottiene. Per fare un altro esempio, selezioniamo il *re* e vediamo che accordo si crea sulla fondamentale *re* in tonalità di *do*:

<i>do</i>		<i>re</i>		<i>mi</i>	<i>fa</i>		<i>sol</i>		<i>la</i>		<i>si</i>	<i>do</i>
<i>T</i>		<i>II</i>		<i>III</i>	<i>IV</i>		<i>V</i>		<i>VI</i>		<i>VII</i>	<i>VIII</i>
1 TONO		1 T.		½ T.	1 T.		1 T.		1 T.		½ T.	

In questo caso si tratta di un accordo formato sul *II* grado. Notiamo che la distanza dal *re* al *fa* è di un tono e mezzo, quindi la distanza è di una *III* minore. La distanza dal *re* al *la* invece è di una *V*, e la distanza dal *do* al *re* è di un tono. Quindi abbiamo ottenuto un accordo con la *III* minore, e la *VII* minore.

Questo tipo di accordo si chiama *re minore settima*. Se non avessimo considerato la quarta nota, avremmo avuto un semplice *re minore*.

Qui di seguito una tabella riassuntiva degli accordi ottenibili in una tonalità maggiore:

<i>I</i>	<i>do</i>	<i>do-mi-sol</i>	<i>do</i> <i>maggiore</i>	DO	<i>do-mi-sol-si</i>	<i>do settima</i> <i>maggiore</i>	DOΔ
<i>II</i>	<i>re</i>	<i>re-fa-la</i>	<i>re minore</i>	RE-	<i>re-fa-la-do</i>	<i>re minore</i> <i>settima</i>	RE-7
<i>III</i>	<i>mi</i>	<i>mi-sol-si</i>	<i>mi minore</i>	MI-	<i>mi-sol-si-re</i>	<i>mi minore</i> <i>settima</i>	MI-7
<i>IV</i>	<i>fa</i>	<i>fa-la-do</i>	<i>fa</i> <i>maggiore</i>	FA	<i>fa-la-do-mi</i>	<i>fa settima</i> <i>maggiore</i>	FAΔ
<i>V</i>	<i>sol</i>	<i>sol-si-re</i>	<i>sol</i> <i>maggiore</i>	SOL	<i>sol-si-re-fa</i>	<i>sol maggiore</i> <i>settima</i>	SOL7
<i>VI</i>	<i>la</i>	<i>la-do-mi</i>	<i>la minore</i>	LA	<i>la-do-mi-sol</i>	<i>la minore</i> <i>settima</i>	LA-7
<i>VII</i>	<i>si</i>	<i>si-re-fa</i>	<i>si</i> <i>diminuito</i>	SI°	<i>si-re-fa-la</i>	<i>si</i> <i>semidiminuito</i>	SIØ

È dunque possibile ottenere accordi maggiori e minori, accordi di settima, accordi minori settima e accordi di settima maggiore, fino ad accordi diminuiti e semidiminuiti.

Questi ultimi due accordi sono i più particolari in quanto anche il loro *V* grado viene modificato abbassandolo di un semitono.

Sarebbe possibile ottenere anche accordi formati da più note, risulterebbero però accordi estremamente complessi anche all'udito e, non essendo utili ai fini progettuali, non verranno presi in esame.

Abbiamo trattato l'importanza del *IV* grado e del *V* grado, ovvero la loro tensione che porta, con più o meno forza, verso la loro tonica.

Se prendiamo gli accordi costruiti su questi gradi, l'effetto è il medesimo: questi tenderanno verso l'accordo sulla tonica. Soprattutto l'accordo che si crea sul *V* grado formato da quattro note, che nella tonalità di *do* è il SOL7, sarà molto tendente verso il *do* maggiore in quanto ogni nota che lo compone ha una tendenza verso le note che formano l'accordo di *do* maggiore:

<i>SOL7</i>		<i>DO</i>	
<i>sol</i>	→	<i>do</i>	Il sol tende per cadenza autentica verso il do
<i>si</i>	↗	<i>mi</i>	Il si tende verso il do in quanto nota vicina e distante solo un semitono
<i>re</i>	↘	<i>sol</i>	Il re per vicinanza tende verso sia verso il mi che il do
<i>fa</i>	↙	<i>do</i>	Il fa tende verso il sol per vicinanza e verso il do per cadenza plagale

Rispetto all'evoluzione storica dell'armonia, non si è creata una scala e da lì gli accordi secondo l'ordine che si è seguito in questa spiegazione, ma seguendo empiricamente la percezione vennero trovati gli accordi sui gradi forti, quindi I, IV e V grado, e tramite le note che costituiscono questi accordi, trovarono le giuste note che potessero comporre la scala colmando così secondo un certo criterio il vuoto tra I e VIII.

<i>DO</i>	<i>FA</i>	<i>SOL</i>
<i>do mi sol</i>	<i>fa la do</i>	<i>sol si re</i>

Analizzando ogni grado rispetto al proprio valore percettivo, troviamo quindi:

<i>I grado</i>	<i>Tonica</i>	É il primo grado forte ed è il grado che dà il nome alla tonalità. Attorno ad esso ruotano tutti gli altri, li genera e allo stesso tempo li attrae.
<i>II grado</i>	<i>Sopratonica</i>	É importante in quanto serve ad introdurre l'accordo dominante, essendo il suo V grado.
<i>III grado</i>	<i>Modale</i>	Viene chiamata modale perché stabilisce il modo, quindi se maggiore o minore.
<i>IV grado</i>	<i>Sottodominante</i>	É il secondo dei gradi forti e ha una tendenza solenne verso il I grado.
<i>V grado</i>	<i>Dominante</i>	É il terzo dei gradi forti ed è proprio il grado dominante della tonalità, tramite esso si distingue la tonalità di un brano.
<i>VI grado</i>	<i>Sopradominante</i>	É importante in quanto serve a creare la tonalità relativa minore
<i>VII grado</i>	<i>Sensibile</i>	Si chiama sensibile solo quando dista un semitono dalla tonica ed appartiene alla triade che si forma sul V e VII grado. Se non fa parte di questi gradi, o non dista un semitono dalla tonica, lo chiameremo VII grado minore. Quando questo grado si chiama sensibile è costretto a risolvere sulla tonica.

1.2.3 Strutture dinamiche

Le regole viste finora sono regole armoniche che spiegano le interazioni tra note suonate insieme o successivamente, ma non rendono l'idea di quando sia effettivamente possibile utilizzare queste note e questi accordi.

Senza dubbio su una tonalità di *do maggiore*, le note che si potranno utilizzare saranno quelle appartenenti alla scala di *do maggiore*.

Un brano musicale di norma può abbracciare tutte le note che rispettino la sua struttura armonica e ritmica; è possibile, inoltre, evadere per un certo margine da queste strutture, in modo da conferire alla composizione musicale maggiore appeal e personalità. In alcuni casi, inoltre, la struttura armonica di un brano sembra accettare alcune note che, invece, funzionano solo in alcuni casi specifici. Per questo motivo esistono delle regole che generano delle strutture dinamiche che cambiano in base alla struttura ritmica o ad altri fattori.

La struttura metrica del brano è certamente una variabile che influisce sulla struttura armonica.

Ritmicamente, il brano è composto da *battute*, contenitori definiti di note che esprimono, tramite l'indicazione di una frazione, la quantità di valori che possono contenere, indicando al denominatore quale sarà il valore unitario di ogni porzione di battuta e al numeratore quante di queste porzioni potranno essere contenute nella battuta: in una battuta da 4/4, per esempio, la scansione del tempo, quindi ogni click del metronomo, corrisponderà ad un suo quarto e potrà ospitare configurazioni ritmiche basate su multipli e sottomultipli del quarto la cui somma darà 4/4.

Questo determina l'andamento del brano musicale, in quanto ogni frazione della battuta avrà un suo peso ritmico chiamato *accento* che funziona in modo analogo all'accento del linguaggio scritto.

<i>primo 1/4</i>	<i>secondo 1/4</i>	<i>terzo 1/4</i>	<i>quarto 1/4</i>
<i>molto forte</i>	<i>debole</i>	<i>forte</i>	<i>debole</i>

Il primo 1/4, quindi, avrà un peso maggiore, il secondo sarà più debole, il terzo di nuovo forte ma in modo inferiore al primo e il quarto di nuovo debole. Anche se facessimo suonare un metronomo, programmandolo per non aver accenti, ci ritroveremmo a un certo punto a percepire un colpo forte seguito da tre deboli. Si tratta in realtà di una suggestione puramente mentale. Chi, per esempio, sentendo il ticchettio di un orologio, non ha mai percepito un click forte e uno debole? A questo proposito non è casuale che la riproduzione in forma onomatopeica del suono dell'orologio sia appunto "tic tac" e non "tic tic" o "tac tac", anche se, effettivamente, il suono emesso dalla lancetta nella

realtà è sempre lo stesso.

È un fenomeno naturale, così come battere il piede ad ogni quarto e le mani sul secondo e il quarto, infatti, proprio per assecondare questa inclinazione naturale, è nata la batteria dove il rullante ricalca l'azione delle mani e la cassa quella dei piedi.

Dal momento che i tempi forti sono portanti, non sarà mai possibile accostare a questi delle note che non siano consonanti. Se ci trovassimo su un accordo di *do maggiore* e in tonalità di *do maggiore*, per esempio, non potranno mai essere suonate le note che non siano appartenenti al *I*, *III*, e *V* grado sui tempi forti, soprattutto sul molto forte. La nota della scala che risulterebbe più dissonante sarà il *IV* grado. Gli altri gradi, invece, potrebbero essere suonati se si trovassero all'ottava successiva a quella dove viene suonato l'accordo.

È possibile che sui tempi forti ci sia un cambio d'accordo.

Come già detto, sul tempo forte del nuovo accordo suoneremo una delle note consonanti dell'accordo, preferibilmente una delle note caratterizzanti, quindi note come la *VII* se è un accordo di settima. In casi come questo, si potrebbero trovare dei cambi di tonalità: suonare sul tempo forte la nota che caratterizza il cambio di tonalità è appunto un escamotage che, in fase di elaborazione, viene talvolta utilizzato per esaltare una melodia. Nella musica occidentale pop non succede spesso ma nel jazz, per esempio, è molto frequente.

Le note sui tempi deboli non sono meno importanti. Queste servono ad introdurre le note sui tempi forti. Vengono chiamate *note di passaggio* proprio perché possono essere pensate come un tragitto da un punto A ad un punto B e questo percorso può essere elaborato in diversi modi.

Se, infatti, viene stabilito come obiettivo una nota di arrivo, si possono costruire tragitti che anticipano quella nota, creando tensioni che esaltano, una volta arrivati, la nota prefissata.

Questi tragitti possono esprimersi in una sequenza di note appartenenti alla scala e che quindi anticipano la nota per una serie di cadenze di vicinanza. Ciascuna di queste note, poi, essendo vicina alla successiva, introdurrà la seguente per lo stesso tipo di cadenza, creando così un climax fino ad arrivare alla nota prefissata. Ancor meglio se la nota di arrivo è anticipata da una nota distante un semitono.

Lo stesso procedimento si può replicare utilizzando gli arpeggi, ovvero suonando le note dell'accordo in maniera asincrona, fino ad introdurre la nota prefissata. Questa può essere introdotta per cadenza di vicinanza o per cadenza autentica.

Un altro procedimento attuabile comporta l'utilizzo della scala cromatica, ottenuta suonando note distanti un semitono l'una dall'altra fino ad arrivare alla prescelta.

È possibile che il tragitto non sia lineare e che la nota a cui arrivare sia circondata: suonando le note che precedono e succedono la prefissata, si arriva ad introdurla, ottenendo anche in questo caso dei cromatismi, tanto per le note della scala quanto per quelle dell'accordo. Esistono poi alcuni tragitti particolari che fuoriescono dalle note della tonalità, arrivando addirittura a non rispettare il modo: l'esempio più eclatante in questo caso è rappresentato dalla scala blues che viene utilizzata in un'armonia maggiore. Nel blues, in realtà, si tratta di una prassi consolidata tanto che viene impiegata più spesso la scala blues e la pentatonica minore su tonalità maggiori, rispetto alle scale maggiori stesse.

Questo vuol dire che si possono abbinare pentatoniche minori a tonalità maggiori, ma mai il contrario.

Rispetto alla struttura ritmica, non è solo il posizionamento di una nota rispetto alla battuta che può plasmare la struttura armonica, ma anche la velocità di esecuzione.

Alcune note non appartenenti alla tonalità possono, però, essere usate se la successione è veloce.

Seguono questo andamento, per esempio, le *note di volta*, che sono note che possono distare un semitono o un tono dalla nota reale, quella cioè che fa parte della tonalità e che si troverà sempre sul tempo forte.

Nella stessa categoria esistono anche le *elisioni*: esse hanno lo stesso tipo di funzionamento, ma al loro interno le note estranee all'armonia saranno distanti dalla nota reale di un grado e la circonda.

Anche la struttura ritmica può essere alterata: per meglio dire, è possibile fare delle piccole deviazioni che serviranno per rompere la rigidità della struttura in maniera tale da esaltarla.

Possiamo, per esempio, fare delle *anticipazioni*, ovvero esporre sul tempo debole la nota che segue su quello forte.

Possiamo fare un'*appoggiatura*, ovvero non suonare nettamente la nota prevista sul tempo forte, ma risolverla su un tempo debole con un movimento di un tono o mezzotono.

In modo analogo è possibile utilizzare il *ritardo*, iniziando il suono di una nota dalla battuta precedente, prolungandola nella battuta seguente, dove nel frattempo è cambiato accordo, e risolverla su una nota del nuovo accordo a battuta già iniziata.

Questi sono solo alcuni degli espedienti teorizzati e comunemente utilizzati per esaltare alcune note. Per un qualsiasi musicista è certamente possibile individuarne altri, ma ai fini progettuali è interessante lavorare sui più usati e consolidati in quanto facilmente comprensibili e già familiari.

1.3 Strutture negli strumenti musicali

1.3.1 Introduzione: organologia

L'organologia è il settore della musicologia che si occupa dello studio, della storia e della descrizione degli strumenti musicali, con particolare riferimento agli aspetti acustici, meccanici e costruttivi.

La classificazione ad oggi più accettata è quella di Hornbonstel-Sachs. Questa classificazione è stata sviluppata nel 1914, sulla base di un precedente sistema di classificazione del 1893, ed è stata usata per catalogare gli strumenti del museo conservatorio di Bruxelles. Questa classificazione, insieme alla precedente, cerca di superare la concezione popolare che divide gli strumenti musicali distinguendoli in strumenti a fiato, a corde e a percussione, organizzati poi in base alla dimensione. Nel sistema Hornbonstel-Sachs, la codificazione fu facilitata dall'uso del sistema decimale di Dewey e la sua suddivisione in vari livelli. Nonostante questa sia ad oggi la classificazione più utilizzata, sono molte le critiche mosse nei suoi confronti. Nello specifico, sono state individuate delle incongruenze in quanto risulta mancante l'evidenziazione della differenza tra le più grandi categorie e la base gerarchica della tassonomia presenta una ripartizione arbitraria. È così che, per esempio, gli idiofoni, gli aerofoni e i membranofoni sono stati classificati sulla base di cosa provoca il suono, mentre i cordofoni sono stati raggruppati rispetto alla loro costruzione. Per questo motivo, nel tempo, si sono registrate diverse proposte di modifica del sistema. Tra le più famose, quella di Andre Schaeffner del 1932: egli basò il sistema in due divisioni principali limitandosi ad utilizzare solo poche ulteriori divisioni. La classificazione di Kurt Reinhard del 1960, invece, divide gli strumenti in base al numero dei corpo risuonanti e alla possibilità di modificare l'accordatura dello strumento dividendoli inizialmente tra polifonici e monodici; la classificazione di Testuo Sakurai del 1982, infine, propone la suddivisione in sette categorie: solidi, membrane, canne, aria, corde, combinazione e oscillatori.

Queste classificazioni, per quanto diverse, erano basate sullo stesso paradigma comportando, così, anche lo stesso genere di problematiche: mancava, infatti, la possibilità di confrontare e trovare le differenze fra i vari strumenti e soprattutto non si teneva in considerazione la presenza effettiva del suonatore.

Ciò che in effetti è interessante analizzare, soprattutto per un designer

dell'interazione, è proprio l'interfaccia propria dello strumento, ovvero tutta quella serie di caratteristiche che descrive in che modo l'utente, nel caso specifico il musicista, tocca lo strumento causando il fenomeno sonoro.

Nel 1985 Renè T.A. Lysloff e Jim Matson, basandosi sugli errori delle classificazioni precedenti, introdussero un nuovo sistema di classificazione che adottava criteri diversi e cambiava completamente il concetto di base della classificazione.

La prima rivoluzione ha riguardato il rifiuto della logica della tassonomia gerarchica e quindi una riconsiderazione dei concetti fondamentali dell'organologia. Questo sistema propone infatti l'introduzione di variabili classificatorie che permettono l'osservazione degli strumenti più simili consentendo di evidenziare le differenze fra i vari strumenti.

Per citare Hornbostel: "per lo scopo della ricerca qualsiasi cosa deve contare come strumento musicale o qualcosa che produce intenzionalmente suono": questa nuova modalità di classificazione introduce tanto la variabile umana, quindi l'intenzione di produrre suono da parte di qualcuno, quanto tutti gli oggetti che possono provocare suono anche se non necessariamente strumenti musicali. Risultò così una classificazione globale che include, per esempio, anche dispositivi di segnalazione, la voce umana, gli oscillatori elettronici e diversi dispositivi multimediali di emissione di suono.

Potrebbe sembrare una esagerazione del paradigma ma, in realtà, questo tipo di estensione consente l'introduzione anche di mezzi che producono suono pur non essendo propriamente degli strumenti musicali. Questo rappresenta una svolta notevole se solo si pensa che in alcune culture si usa scuotere e battere su coltelli e attrezzi da giardinaggio.

Dalle variabili proposte in questa classificazione, le più interessanti che riguardano l'interfaccia sono:

- **accordatura**
 - *definita*
 - *variabile*
- **cosa provoca il suono**
 - *concussione tra due corpi suonanti*
 - *martello*
 - *dita*
 - *mano*
 - *pie di*
 - *unghie*
 - *pletto*
 - *archetto*
 - *piccoli oggetti*

- *bacchette*
- *aria*
- *impulso elettronico*
- *ruota*
- **numero di oggetti che provocano il suono**
 - *singolo*
 - *multipla*
- **relazione tra musicista e strumento: supporto**
 - *supporta*
 - *supporta parzialmente*
- **non supporta**
 - *relazione tra musicista e strumento*
 - *l'energia è del musicista e non ci sono intermediari tra la forza del musicista e lo strumento*
 - *l'energia è del musicista e ci sono intermediari tra la forza del musicista e lo strumento*
 - *l'energia è del musicista ma non è la sorgente primaria*
 - *il musicista non inizia il suono ma è la sorgente primaria dell'energia*
 - *il musicista non inizia il suono e non è la sorgente primaria d'energia*

Rispetto all'obiettivo posto dal progetto dello strumento musicale multimediale, essendo questo potenzialmente uno strumento polifonico e programmabile, sono stati esclusi direttamente dall'analisi gli strumenti puramente ritmici.

Sono state analizzate poi le strutture e le geometrie di alcuni strumenti più interessanti e le tecniche utilizzate mettendo in atto quindi un'analisi etnografica degli strumenti appartenenti alla cultura popolare occidentale.

1.3.2 Caso studio 1: gli strumenti a corde

Per prima cosa, vista l'esistenza di diversi paradigmi, è utile definire cosa si intende per strumenti a corda. Seguendo la classificazione Hornbostel-Sachs, in questa categoria dovremmo includere anche il pianoforte ma, dal momento che si analizzeranno le interfacce, per strumenti a corda ci limitiamo ad intendere gli strumenti in cui l'esecutore tocca, con mani nude o tramite un mezzo, le corde dello strumento, che in questo caso coincidono anche con la causa della vibrazione che emetterà suono.

In particolare, l'analisi riguarderà quegli strumenti che hanno un corpo, un manico suddiviso in tasti e delle corde sospese tra i due elementi. In base alle

variabili estratte dalla classificazione di Lysloff e Matson, abbiamo degli strumenti ad accordatura variabile, anche se ne hanno una standard; l'origine del suono può essere generata direttamente con la mano, o tramite oggetti specifici a seconda del caso come archetti o plettri; in base alla grandezza dello strumento, la posizione dell'esecutore potrebbe cambiare e, allo stesso tempo, l'esecutore potrà tenere lo strumento, a seconda delle esigenze, con le mani, con un'imbracatura, appoggiato sulle gambe o tra le gambe; in generale l'energia dell'esecutore provoca direttamente sullo strumento.

A meno che non si tratti di un monocordo, gli strumenti a corde hanno la possibilità di suonare più note contemporaneamente, tante quante sono le corde melodiche che possiede.

L'elemento interessante della struttura melodica di questi strumenti è che le mani dell'esecutore hanno una funzione complementare: una mano posizionata sul manico preme su un tasto non emettendo alcun suono, se non con particolari tecniche mentre l'altra mano, sollecitando il suono dalla corda corrispondente, emette la nota voluta. Questo può succedere semplicemente con un dito e una corda alla volta, oppure con più corde, dando vita ad un accordo.

La mano che provoca il suono, poi, può farlo in modalità differenti, non solo in base al tipo di mezzo che usa per eccitare la corda, ma anche a seconda dell'intensità e della modalità di esecuzione, dando origine a espressioni che finiscono per caratterizzare sia lo strumento suonato che l'esecutore.

Il primo strumento analizzato è il violino (fig. 7), uno degli strumenti cosiddetti ad arco. Questo strumento possiede tutte le caratteristiche sopra elencate. Il violino è, inoltre, uno strumento cromatico, ha cioè la possibilità di suonare tutte le note. L'altezza delle note è controllata dalla mano sinistra, che regola la lunghezza della parte vibrante della corda mediante la pressione delle dita sulla tastiera. Il violino, a differenza di altri strumenti a corda, non presenta le barrette di metallo che formano il tasto corrispondente ad una nota precisa. L'esecutore deve mantenere l'esatta posizione delle dita sulle corde basandosi unicamente sulla propria abilità per evitare che il suono risulti stonato o totalmente sbagliato.

Come per altri strumenti a corda, è stata stabilita una diteggiatura convenzionale che associa ad ogni dito un numero in modo da suggerire all'esecutore la migliore impostazione per eseguire una certa sequenza o un certo accordi. Questo ci permette anche di analizzare le geometrie insite in questo strumento. Analizzando il rapporto esistente tra le note che contraddistinguono ogni corda nell'accordatura standard, possiamo già notare che il loro rapporto tonale è di V .

Questa caratteristica determina quindi la geometria della disposizione delle note. Come visto nel paragrafo precedente, per rapporto di quinta si intende



Fig. 7 - Violino

che tra la prima e la seconda corda c'è una distanza di cinque note se prendiamo come riferimento una scala maggiore. Dal momento che il manico è abbastanza corto, questa caratteristica permette di avere un numero superiore di note e quindi di aumentare l'estensione dello strumento. La grandezza del tasto che si ottiene permette di realizzare, per esempio, una scala maggiore senza spostare la mano lungo il manico, dato che tutte le note riescono a capitare sotto le dita. Questo non avviene in maniera univoca e quindi ad ogni tasto non corrisponderà un dito, ma trattandosi di tasti piuttosto piccoli, la dimensione della mano riesce già a coprire quell'insieme di tasti che andranno a formare la scala. Per gli stessi motivi sarà anche possibile realizzare facilmente degli accordi facendo capitare sotto ogni dito una delle note che identifica l'accordo (fig. 8).

Il violino, data la sua morfologia, permette all'esecutore di utilizzare alcune tecniche per aggiungere espressione alle note suonate.

Dopo aver provocato la nota, avendo premuto sul manico la corda ad una

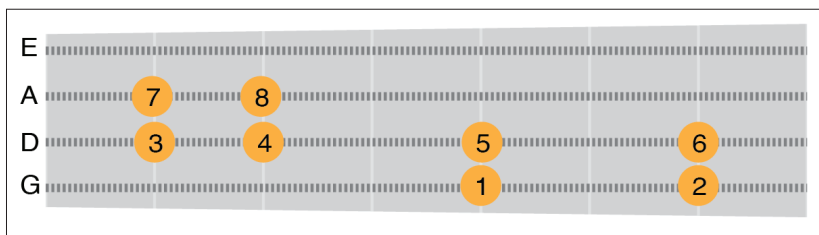


Fig. 8 - Geometria melodica del violino

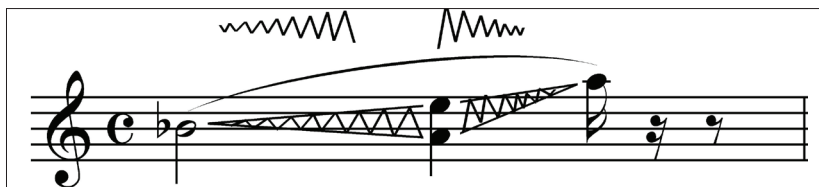


Fig. 9 - Vibrato

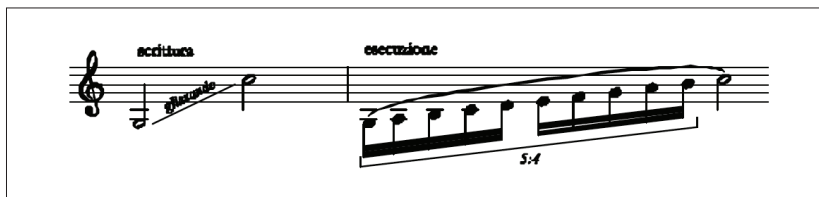


Fig. 10 - Glissato

determinata altezza e avendola suonata con la mano destra, l'esecutore può rendere la nota più espressiva facendola vibrare. Il vibrato è appunto una tecnica che deriva dagli strumenti a corde, specialmente se senza tasti, e consiste nell'ondeggiamento del dito della mano posizionata sul manico che conferisce un effetto di vibrato attraverso, appunto, la vibrazione del dito. In base alla velocità della vibrazione, si otterrà un cambiamento di dinamica che sembrerà cullare l'orecchio dell'uditore. Questo tipo di tecnica viene anche riportata sugli spartiti (fig. 9).

Un altro tipo di tecnica, anche in questo caso resa in forma razionale nella



Fig. 11 - Chitarra

scrittura dello spartito e determinata dalle caratteristiche proprie dello strumento, è il glissato. Dal momento che le note sono posizionate sul manico in maniera cromatica e sequenziale, una volta suonata la nota, se si sposta il dito in avanti o indietro verso un'altra nota, si otterrà comunque il suono delle due note distinte, prima l'una e poi l'altra, ma il passaggio da una all'altra non sarà un taglio netto, ma piuttosto uno scivolo che le unisce gradualmente. Mancando il taglio netto avremo quindi un suono molto più morbido (fig. 10).

Cambiamo ora strumento e passiamo all'analisi della chitarra (fig. 11): la prima cosa che si può notare è che il cambio delle caratteristiche fisiche dello strumento, determina un cambiamento anche nella struttura melodica.

Per prima cosa la chitarra ha sei corde. Questo implica che lo strumento possiede una certa centralità rispetto all'asse verticale del manico in quanto deve poter suonare più note contemporaneamente e queste note devono essere sempre consonanti. Immediatamente notiamo quindi una differenza concettuale

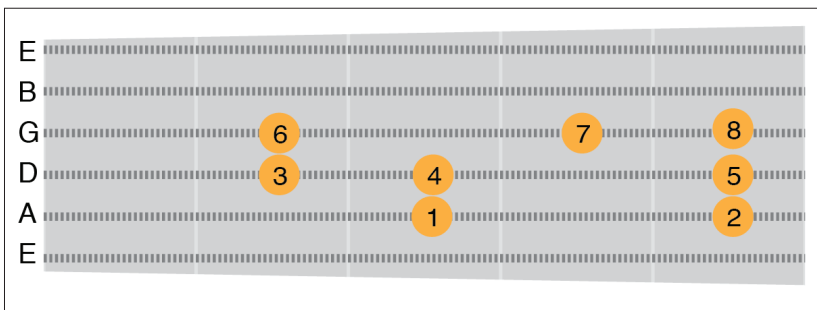


Fig. 12 - Geometria melodica della chitarra



Fig. 13 - Dulcimer

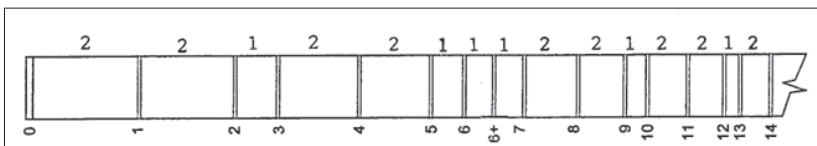


Fig. 14 - Geometria melodica del dulcimer

nel ruolo proprio dello strumento: il violino è concepito per eseguire melodie, mentre la chitarra è impiegata molto nell'accompagnamento. Ovviamente non si tratta di una categorizzazione fissa, in quanto gli strumenti possono cambiare ruolo, ma rappresenta comunque la principale distinzione.

Analizzando l'accordatura standard della chitarra, possiamo notare che par-

tendo dalla corda più bassa, le prime quattro corde hanno ciascuna una distanza dall'altra di una IV; la quinta corda avrà la distanza di terza maggiore, e l'ultima corda sarà nuovamente distante di un intervallo di quarta.

Questo comporta innanzitutto che la prima corda e l'ultima corda suoneranno la stessa nota anche se l'una sarà due ottave sopra l'altra.

È già facile intuire che questa discontinuità di rapporti determini una più facile propensione nel realizzare accordi.

Avere un'accordatura basata su quarte, e non su quinte, determina una struttura geometrica che ci permette di avere sotto ogni dito un tasto diverso, e di poter realizzare una scala maggiore racchiudendola tra questi quattro tasti. Quindi, a differenza del violino con il quale è necessario un gruppo di sei tasti, ne basteranno quattro e ogni tasto corrisponderà ad un dito (fig. 12).

Se andassimo a guardare dove e come sono disposte le note in base agli intervalli principali noteremmo una certa disposizione geometrica. Questa disposizione geometrica aiuta anche ad avere una memoria visiva nello sviluppo di melodie invece che una memoria basata esclusivamente sulla teoria musicale. Le due strutture geometriche analizzate sono comunque l'una lo specchio dell'altra: possiamo vedere che un chitarrista mancino che suona la chitarra da destro, rigirata esattamente come nel caso delle performance di Jimi Hendrix, avrà la struttura delle note organizzata come se fosse un violino con la sola differenza che, verticalmente, la prima decresce e l'altra cresce.

Entrambi gli strumenti analizzati, come abbiamo detto, sono strumenti cromatici e cioè, tasto dopo tasto, il rapporto ottenuto tra le note è di un semitono; si possono quindi suonare tutte le note di una scala cromatica in tutte le tonalità. Esiste però qualche strumento che ha la stessa fisionomia degli strumenti appena visti ma che non è cromatico ma diatonico: non c'è la possibilità di suonare alcune note, ma fornisce solo note appartenenti ad una scala e quindi è utilizzabile solo in una o in un gruppo di tonalità.

Uno di questi strumenti è il dulcimer (fig. 13). Questo strumento presenta tre corde relativamente consonanti, e un manico suddiviso non in maniera proporzionale avendo alcuni tasti con una grandezza doppia rispetto agli altri. Ovviamente queste caratteristiche non sono casuali, ma seguono la divisione della scala maggiore, quindi la stessa sequenza di intervalli di distanza fra una nota e l'altra.

Il Dulcimer, infatti, è pensato per essere poggiato sulle gambe e suonato con tutte le corde sempre percorse da un plettro; i tasti vengono suonati solo su una corda che farà da melodia, mentre le altre corde faranno da nota continua che determina la tonalità e le note suonate sulla corda melodica e che ovviamente saranno appartenenti alla scala maggiore della tonalità dello strumento.

Ancora una volta vediamo che, in base alla struttura costruttiva dello strumen-

to e alla geometria melodica che presenta (fig. 14), se ne determina anche culturalmente il ruolo: il dulcimer è infatti molto diffuso nella canzone popolare folcloristica in quanto è estremamente semplice da utilizzare non presentando note dissonanti e, essendo fondato sulla tonalità maggiore, emette un suono allegro e si adatta alle occasioni di festa.

Caratteristica comune in tutti gli strumenti che presentano un manico è che, analizzando quest'ultimo dalla punta, dove solitamente sono collocate le chiavi dell'accordatura, fino alla base, l'andamento delle note è crescente.

La percezione dell'altezza di una nota è quindi comunemente tradotta visivamente in maniera orizzontale e il crescere dell'altezza della nota segue la direzione da sinistra verso destra.

1.3.3 Caso studio 2: gli strumenti a tastiera

La tastiera è già di per sé un'interfaccia. Per la sua semplice logica di approccio è la sua conformazione, è stata adottata più volte come interfaccia ideale per gli strumenti digitali. Lo strumento più famoso che presenta questo tipo di interfaccia è ovviamente il pianoforte (fig. 15). Possiamo riconoscere nella tastiera una suddivisione in tasti bianchi e tasti neri. Questa suddivisione introduce già la tonalità di do: se suoniamo tutti i tasti bianchi, infatti, avremmo la sua scala maggiore. Suonare in una tonalità diversa richiede ovviamente la conoscenza della teoria musicale. Ci basterà però sapere solamente quali siano le note alterate delle scale delle varie tonalità per trovarle visivamente sulla tastiera, dal momento che compariranno tra i tasti neri. I tasti neri non si distinguono solo visivamente, ma anche in maniera tattile: il tasto nero è infatti in rilievo rispetto al tasto bianco. Non solo: essendo basato sulla scala maggiore e colmando i semitoni mancanti tra le note distanti un tono di questa scala, i tasti neri non hanno un modulo lineare bensì composto, dato che si presenterà alternativamente in gruppi di due e di tre tasti. Questo fattore non è da sottovalutare, soprattutto se pensiamo come alcuni dei brani più celebri del cantante Stevie Wonder, non vedente, siano stati sviluppati attorno alle note proprie dei tasti neri, evidentemente per agevolare l'handicap dell'esecutore.

Un elemento melodico importante del pianoforte è la sua estensione che è di sette ottave e descrive in totale il range della soglia udibile dell'orecchio umano. Per questo motivo e per il fatto che è uno strumento polifonico che può suonare potenzialmente qualsiasi numero di note sincrone, culturalmente il suo ruolo è totalmente trasversale. L'uso delle due mani sulla tastiera è variabile a seconda del brano che si sta suonando: possiamo avere la mano sinistra che suona il basso e la mano destra la melodia; la mano sinistra che suona degli accordi e



Fig. 15 - Pianoforte

la mano destra la melodia; la mano sinistra che suona il basso e la mano destra degli accordi; entrambe le mani che suonano accordi o la mano sinistra che suona una melodia e la mano destra la sua armonizzazione.

Questo strumento non permette effetti di glissato come strumenti che abbiamo visto in precedenza in quanto ogni tasto corrisponde ad una nota; è conservata però la dinamica basata sulla forza del tocco. Più forte premiamo il tasto di una nota, infatti, e più la dinamica cambierà; ciò che non ci è possibile fare è controllare il suono della nota dopo averla emessa, a meno di non stopparla tramite gli appositi pedali.



Fig. 16 - Sensitive Touch Organ

Nei primi strumenti elettrici a tastiera, come l'organo, non c'è neanche questo tipo di possibilità. La tastiera infatti non è dinamica. Per ovviare a questo problema, nel 1954, è stato proposto da Hugh La Caine il Touch Sensitive Organ (fig. 16), che fu tra l'altro anche uno dei primi esperimenti di un'interfaccia touch. Questa tecnologia non riscosse molto successo, anche se permise di controllare la dinamica di ogni nota controllandola con dei sensori annessi ad ogni tasto, eliminando oltretutto un effetto caratteristico dell'organo, alcune volte forse un po' fastidioso, ovvero il suono della percussione del tasto. Non è tutto: questo speciale organo permetteva di realizzare sia il vibrato, sia una specie di



Fig. 17 - Fisarmonica cromatica

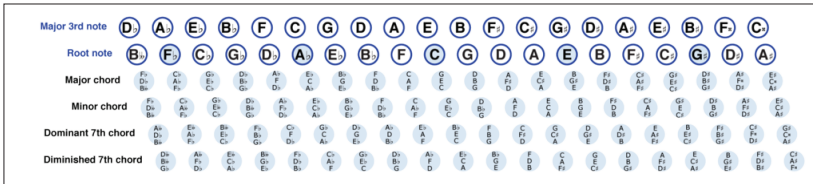


Fig. 18 - Schema bottoniera fisarmonica

glissato che funzionava come un vero e proprio mixaggio da dj, ovvero diminuendo il volume della prima nota e alzando quello della seconda.

Anche nella tastiera, le note sono disposte in base all'altezza crescente da sinistra verso destra.

Un particolare strumento a tastiera è la fisarmonica (fig. 17). La fisarmonica cromatica, infatti, adotta, almeno per la mano destra, la tastiera come interfaccia per suonare la melodia principale. Sulla parte sinistra invece troviamo una bottoniera di accompagnamento che fornisce i bassi della melodia. Questa bottoniera è certamente degna di nota per il suo carattere didascalico (fig. 18):



Fig. 19 - Organetto

è sviluppata normalmente con un insieme di bottoni disposti in sei file e ogni fila ha il suo preciso compito. Le prime due file sono occupate da una sequenza di note disposte in maniera crescente; le altre quattro file invece contengono le tipologie di accordi corrispondenti alla nota della stessa colonna.

Anche l'organetto (fig. 19) presenta questa stessa struttura, che si basa esattamente sulla medesima disposizione delle note rispetto alle mani ma, diversamente dalla fisarmonica cromatica, ha una struttura diatonica. Negli esemplari più piccoli, infatti, non compare nemmeno una tastiera analoga a quella del pianoforte, ma semplicemente una serie di bottoni disposti spesso su due file, che corrispondono ad una nota diversa in base alla direzione del mantice, se aspirante o soffiante. Ne consegue ovviamente che ogni organetto avrà un numero limitato di tonalità, invece di avere tutte le possibili tonalità come la fisarmonica cromatica.

Questo strumento è molto diffuso nella cultura popolare folkloristica, anche e soprattutto italiana, per la sua semplicità d'uso in quanto, ogni nota ed ogni accordo corrispondono ad un tasto specifico e non sono necessarie particolari spiegazioni per interagire con lo strumento.

1.4 Traduzione della percezione sonora in gesti



Fig. 20 - Bobby McFerrin, TED Talks 2009

Nell'ambito della comunicazione verbale, l'individuo è spesso portato ad integrare il proprio discorso tramite l'utilizzo di gesti che completano e chiariscono il significato dell'enunciato. La gesticolazione si basa su movimenti delle mani rispetto al contesto e all'argomento descritto della voce della persona e non è quindi afferente ad un linguaggio convenzionale. In alcuni casi possono essere veri e propri gesti rappresentativi come quando, per esempio, vengono in aiuto nella descrizione verbale di forme geometriche, attuando una simulazione delle forma descritte verbalmente attraverso l'uso delle mani.

Ciò che avviene non è altro che una traduzione gestuale di quello che abbiamo precedentemente percepito visivamente. Il fenomeno, in realtà, può avvenire anche rispetto a qualcosa che abbiamo percepito uditiveamente.

La percezione dell'altezza, per esempio, viene tradotta spesso tramite l'oscillazione della mano o del corpo in maniera verticale o orizzontale. Un video del 2009 di una TED Talks con protagonista Bobby McFerrin (fig. 20), testimonia come la percezione dell'altezza crescente e decrescente in base allo spazio esista nella mente umana già come una struttura preesistente.

In questa presentazione, nello specifico, Bobby McFerrin invita il pubblico a



Fig. 21 - Air guitar player

seguirlo in alcuni movimenti, ponendosi come un indicatore di altezza di una nota. Inizia suggerendo una nota da far ripetere agli astanti ogni qual volta lui saltella in quella posizione. Poi ne suggerisce un'altra saltellando poco più a destra rispetto al pubblico. Le note che suggerisce sono rispettivamente una *III* dell'altra, quindi appartenenti alla triade maggiore. Sorprendentemente, quando lui saltella di un altro passo più a destra, senza aver suggerito alcuna nota, il pubblico autonomamente canta all'unisono l'esatta nota appartenente alla triade, ovvero la *V*.

Tutto questo dimostra innanzitutto l'esistenza di una struttura mentale innata nell'uomo che accomuna la percezione all'altezza ad una percezione spaziale. Inoltre emerge la percezione dell'altezza che permette all'uomo di distinguere la distanza fra due note, anche se non riesce a quantificarla. Citando Marco de Natale, "il sistema di altezze è monodimensionale e discretizzabile". Se le note sono abbastanza distanti e hanno una particolare consonanza, come quelle suggerite nella presentazione, la mente riesce a capire la logica nascosta dietro la struttura e a continuare la sequenza. La mente umana, quindi, riesce a capire fra due note qual è la più alta anche se non riesci a capire di quanto.



Fig. 22 - Riccardo Muti

esempio quelle assunte percettivamente, o anche solo uditivamente, tramite un accostamento tra vista e udito.

Negli ultimi anni, per esempio, si è diffusa capillarmente la pratica dell'air guitar (fig. 21). Tale fenomeno deriva dalla dall'istinto di emulare ciò che avviene ascoltando la musica, riproponendola gestualmente. Quanti di noi non hanno mai provato a simulare una frase di piano, un riff di batteria o, appunto, un assolo di chitarra sulla base di un brano musicale? Se osserviamo i veri e propri cultori di questa pratica, inoltre, notiamo che, aiutati da una consolidata esperienza visiva maturata dall'attenta osservazione di alcuni musicisti, manifestano lo stesso tipo di percezione spaziale rispetto alla percezione dell'altezza: man mano che l'altezza della nota cresce tendono a spostarsi verso destra.

È interessante notare anche come alcuni effetti propri della tecnica esecutiva dello strumento, in questo caso della chitarra, siano pedissequamente riprodotti durante performance di air guitar. Questo avviene, per esempio, nel caso del vibrato. Durante un'esibizione di un air guitar player, infatti, vedremo che in corrispondenza delle note vibrato nel brano musicale, l'esecutore farà vibrare il dito proprio come farebbe il chitarrista originale.

La percezione della vibrazione non è soltanto una percezione uditiva ma, al di là

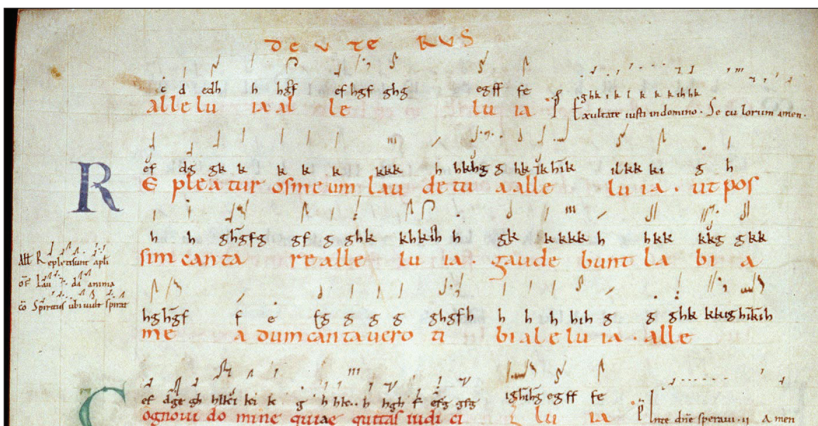


Fig. 23 - Neumi

della musica, è anche una percezione tattile e per questo lo scuotimento può essere assunto, in generale, come la traduzione della percezione della vibrazione. Possiamo inoltre avere la percezione della dinamica dell'ascolto musicale. Proprio come per l'air guitar, noi tutti abbiamo visivamente impressi i tipici movimenti dei direttori d'orchestra (fig. 22) intenti a dirigere il proprio corpo musicale nell'esecuzione del brano. Anche se gli attori in gioco, ovvero il direttore e i musicisti, hanno una conoscenza pregressa diversa da un uditore non esperto in quanto hanno studiato musica e teoria musicale, non va dimenticato che la musica e la sua evoluzione è totalmente basata sulla percezione e sullo studio empirico, quindi l'espressione gestuale per mimare la dinamica di un brano musicale è comunque una struttura mentale esistente.

Per dinamica si intende, per l'esattezza, la modalità in cui si suona una melodia nella sua mutevole intensità e la sua violenza o morbidezza nell'esecuzione.

Non a caso notiamo una certa enfasi e energia nei gesti del direttore d'orchestra in occasione di suoni più violenti che, analizzandoli secondo il loro inviluppo, corrisponderanno a suoni con un attacco più forte. Al contrario, un movimento lento e rilassato delle braccia sarà accostato ai suoni morbidi dell'esecuzione. Il direttore d'orchestra, inoltre, alzando o abbassando la mano, suggerisce ai propri musicisti di diminuire o alzare l'intensità dell'esecuzione. Analogamente, nella nostra quotidianità, ripetiamo questo gesto ogni volta in cui invitiamo un nostro interlocutore ad alzare o abbassare la voce.

Nell'VIII secolo, nella direzione dei canti gregoriani, venne invece utilizzato un

linguaggio di direzione del coro ben preciso basato sulla chironomia. Questo sistema di direzione d'orchestra prevedeva che il gesto della mano, oltre a dare indicazione del tempo, mostrava anche l'andamento ascendente o discendente della musica.

I neumi (fig. 23), ovvero i gesti del direttore, secondo la scuola di Solesmes, prendono origine dalla necessità di dettatura agli amanuensi degli accenti e dei segni di punteggiatura. Questo linguaggio gestuale anche nella musica trovò una sua traduzione scritta che veniva usata come spartito a servizio della direzione del coro.

2 Le gesture

2.1 Introduzione: la nuova era dell'interaction design



Fig. 24 - Minority Report, 2002

L'ultimo decennio ha coinciso con lo sviluppo e l'affermazione di una disciplina ormai imprescindibile: l'interaction design. L'esordio sul mercato di prodotti come iPhone e Nintendo Wii, ha cambiato per sempre il nostro modo di interagire con la tecnologia. Solo nel 2002 Tom Cruise, nel film *Minority Report* (fig. 24), usava quella che sembrava un'interfaccia futuristica tramite cui, anziché usare i più comuni dispositivi come parola, tastiera e mouse, utilizzava il movimento delle braccia e delle mani per gestire schermi che contenevano filmati o fotografie e con questi interagiva manipolandoli, spostandoli o modificandoli tramite dei gesti che interessavano esclusivamente le mani. Quelle immagini che sembravano solo pochi anni fa frutto di elucubrazioni fantascientifiche, sono in realtà diventate parte della nostra quotidianità. Siamo effettivamente entrati nell'era delle gesture interattive.

Una *gesture* si definisce come qualsiasi movimento fisico che un sistema digitale può percepire e a cui può rispondere senza l'aiuto di un tradizionale dispositivo di puntamento come un mouse o una stylus. Lo scuotimento di una mano, un cenno della testa, un battito di ciglio possono tutti essere considerati una *gesture*. Più precisamente, secondo la definizione di Kurtenbach e Hulteen del 1990, una *gesture* è un movimento del corpo che contiene informazioni. Salutare con la mano è una *gesture*. Premere un pulsante, invece, non lo è perché il movimento del dito nel premere un tasto non è significativo.

L'interfaccia più famosa e utilizzata, che accoglie questo tipo di interazione è senza dubbio il *touchscreen*. Eliminando il vincolo della tastiera che controlla lo schermo, impostazione tipica nella maggior parte dei dispositivi mobili e dei computer, e impiegando l'uso di gesti interattivi, ha permesso di sviluppare varie forme di dispositivi. La maggior parte dei *touchscreen* appaiono proprio come semplici schermi oppure, nel caso dell'iPhone, come una lastra di vetro nero, dove l'interfaccia è spesso invisibile.

I computer scientist e i difensori della Human Computer Interaction (HCI) hanno disquisito a lungo in merito al tipo di interazione nascosta (*embodied interaction*) negli ultimi vent'anni. Paul Dourish nel suo libro "*Where the action is*" inquadra bene questa visione:

"A proposito delle interazioni nascoste, non intendo solo la realtà fisica, ma piuttosto il modo in cui i fenomeni fisici e sociali si inseriscono in tempo e spazio reale come parte del mondo dove ci troviamo, al fianco e intorno a noi... Interagendo col mondo, partecipando in esso e agendo attraverso esso, in modo inconscio e assorbito come una normale esperienza"

La realtà ha iniziato a tenere il passo con un mondo in cui sensori e microprocessori sono diventati velocemente sempre più economici e piccoli.

Negli ultimi 40 anni sono stati utilizzati gli stessi paradigmi di HCI progettati tra il 60 e il 70 da Doug Engelbart, Alan Kay, Tim Mott, Larry Tesler e altri della Xerox PARC: taglia e incolla, salva, finestre, la metafora della scrivania, e altri elementi consolidati a cui noi ormai non pensiamo più mentre lavoriamo con i nostri dispositivi digitali. Anche se tutto questo non è del tutto scomparso, nuove convenzioni basate in gran parte sulle potenzialità dell'intero corpo umano, stanno prendendo piede e soppiantando i sistemi più vecchi, basandosi su sensori e nuovi dispositivi di input sempre più potenti. Questo nuovo tipo di interfaccia può svilupparsi esattamente come *touchscreen* e quindi richiedere che l'utente tocchi direttamente l'interfaccia, oppure non implicare la necessità che l'utente entri in contatto con l'interfaccia, utilizzando solo il movimento del corpo, talvolta aiutato da altri dispositivi come guanti speciali, i *free-form*. La tecnologia si fa sempre più complicata e gli utenti, anche quelli più restii

ad aprirsi al progresso tecnologico, sembrano accettare l'invasione di questo tipo di interfacce trovandole sempre più semplici da utilizzare rispetto ai vecchi modelli di interazione.

L'uomo è una creatura fisica, prova piacere nell'interazione diretta con gli oggetti. Siamo semplicemente fatti così. I gesti interattivi ci permettono di interagire naturalmente con gli oggetti digitali in maniera fisica, come facciamo con gli oggetti fisici della nostra quotidianità.

Ben Shneiderman, professore all'Università del Maryland, in un saggio del 1983 introdusse il concetto di "*manipolazione diretta*": questa è la caratteristica principale di un touchscreen che lo rende molto usabile.

La manipolazione diretta è l'abilità di manipolare oggetti digitali su uno schermo senza l'uso di una command-line. Quando Shneiderman scriveva di questo, si riferiva ai dispositivi di puntamento come mouse, joystick e altri dispositivi tipici dell'innovazione dell'epoca così come la metafora della scrivania. I touchscreen e le interfacce gestuali portano la manipolazione diretta su un altro livello. Ora le persone possono semplicemente toccare l'elemento che vogliono manipolare direttamente dallo stesso schermo.

Quest'uso del corpo può essere visto come il più naturale stato di un'interfaccia utente. Da un certo punto di vista, si potrebbe dire infatti che tastiere e mouse vanno contro migliaia di anni di biologia.

Le gesture, avendo un significato, possiedono anche una loro cultura, una storia, una loro categorizzazione, e degli attributi a cui non possono rinunciare.

2.2 Storia delle interfacce gestuali

Le interfacce gestuali non sono assolutamente una novità. In un certo senso, ogni cosa che noi facciamo con un dispositivo digitale richiede una sorta di azione fisica per creare una reazione digitale. La differenza tra un'interfaccia gestuale e un'interfaccia tradizionale è semplicemente questa: l'interfaccia gestuale ha un più grande range di azioni per poter manipolare il sistema. Inoltre, le interfacce gestuali hanno il vantaggio di sfruttare l'intero corpo per provocare qualsiasi comportamento del sistema a differenza dei sistemi desktop che prevedono la capacità di scrivere, puntare, cliccare e compiere tutte le altre azioni standard previste.

Ripercorriamo le tappe del percorso che ha condotto alla definizione e all'utilizzo delle interfacce gestuali. Nel 1971 Samuel Hurts realizza il suo primo dispositivo touch: l'Elograph (fig. 25). Lo strumento nacque dalla necessità del Dr. Hurts, insegnando per un biennio all'università del Kentucky, di digitalizzare un'enorme quantità di grafici contenenti dati. Per completare il lavoro avrebbe impiegato circa due mesi contando sull'aiuto di due studenti laureati. Cominciando a riflettere su quale fosse il modo migliore per leggere questi grafici, maturò l'idea dell'Elograph (electronic graphics): un sistema di misurazione delle coordinate.

Successivamente, nel 1977, la Elographics incontrò la Siemens Corporation e insieme a questa sviluppò un sensore di vetro curvato sensibile al tocco, quello che successivamente venne chiamato touchscreen. Questo prodotto, l'AccuTouch (fig. 26), consiste nell'assemblamento di un sottostrato di vetro, una griglia isolante di puntini, e una copertura esterna di una membrana flessibile: ogni volta che il dito preme sulla membrana flessibile, la griglia di punti determina la posizione del dito. Anche se la tecnologia utilizzata con il passare dei decenni fu migliorata, questo può essere considerato a tutti gli effetti l'antenato del nostro touchscreen.

Fu però Myron Krueger, con il suo VideoPlace (fig. 27), a dare inizio ad un tipo di interazione definibile come gestuale, verso la fine degli anni '70. Si trattava del primo dispositivo di manipolazione in diretta. Consisteva in un assemblaggio di proiettore, videocamera e altri hardware che permettevano all'utente di interagire usando una ricca varietà di gesti, senza l'uso di guanti, mouse o altri dispositivi. Attraverso questo sistema, un utente poteva interagire con un altro utente in un'altra stanza o con degli oggetti digitali. La videocamera registrava



Fig. 25 - Elograph

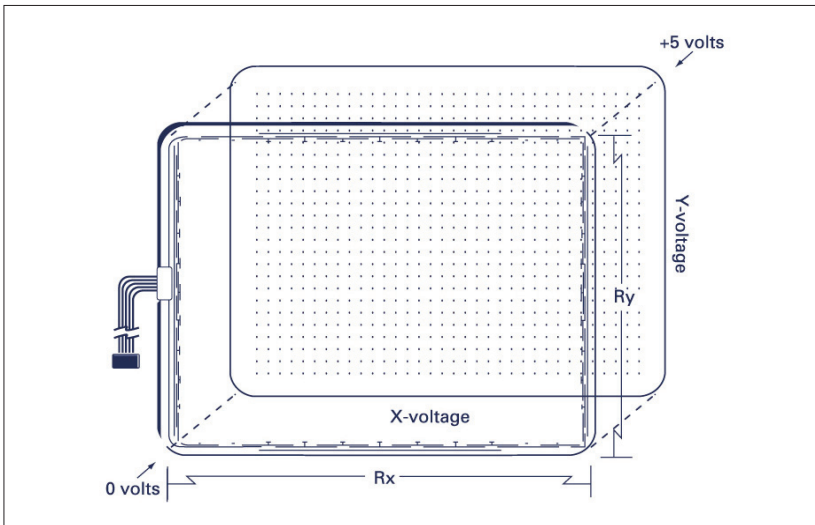


Fig. 26 - Accutouch

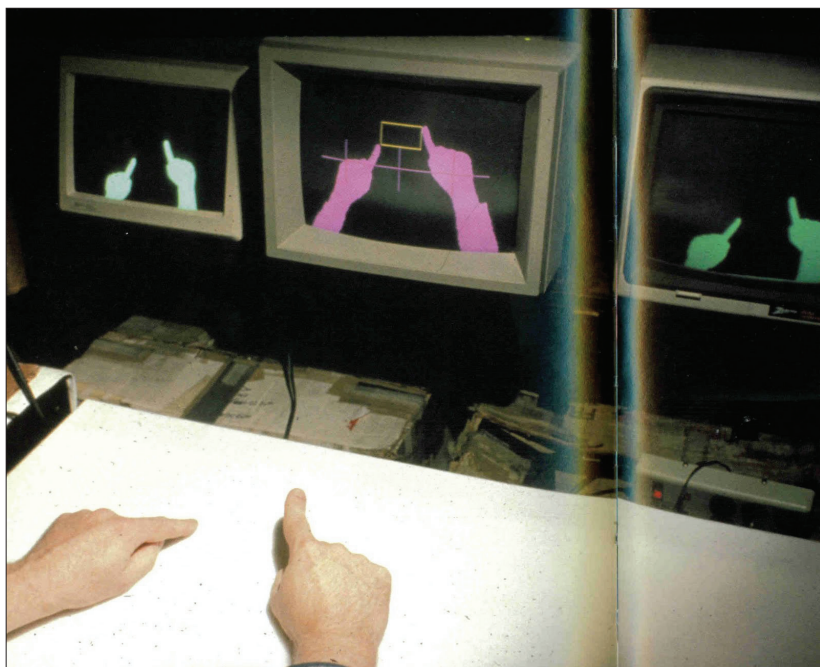


Fig. 27 - VideoPlace

i movimenti dell'utente, li analizzava e li trasformava in una silhouette proiettata sul muro o su uno schermo. La chiave del successo fu il riconoscere il ruolo delle gestue dinamiche: finalmente l'utente non aveva bisogno di alcuna istruzione. L'utente poteva scrivere indicando con il dito le lettere che si trovavano sullo schermo, poteva disegnare a mano libera e realizzare forme geometriche generandole con l'imposizione degli indici e dei pollici delle tue mani ad "L". In quest'ultimo caso, dal momento che entrambe le mani erano occupate, emerse il problema di come dare l'invio o la conferma della forma geometrica voluta. Anche questo problema venne risolto dall'artista includendo la variabile temporale nel sistema gestuale. In questo modo, per confermare la forma, bastava rimanere per qualche secondo fermi mostrando le mani nella conformazione che permetteva di rappresentare la forma voluta, come se occorresse fissare quella figura al muro con della colla.

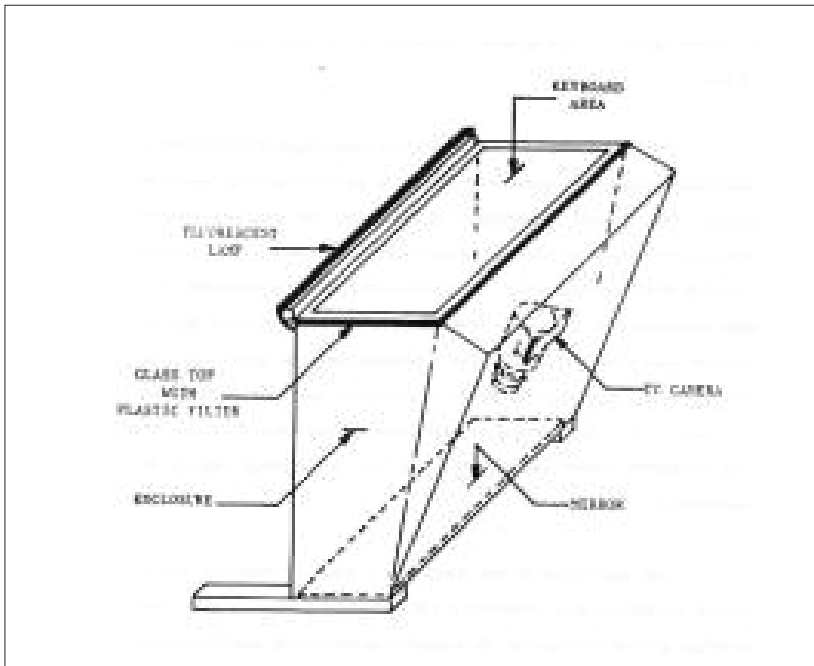


Fig. 28 - Flexible Machine Interface

Un'altra pietra miliare di questo percorso fu sicuramente la "Flexible Machine Interface" (fig. 28) di Nimish Metha, sviluppata presso l'Università di Toronto nel 1982. Nimish Metha, allora studente, realizzò il primo dispositivo *multi-touch* nell'ambito della propria tesi di master. Consisteva in un pannello di vetro smerigliato le cui proprietà ottiche erano tali che se un dito veniva poggiato sopra la lastra di vetro, nel retro questo creava un'ombra grande tanto quanto la superficie del dito che premeva sull'altra, ed una telecamera rilevava questa impronta dando anche una variabile di pressione in base alla grandezza del punto che si creava. Questo permetteva agli utenti di toccare più di un punto sullo schermo alla volta o di utilizzare entrambe le mani per manipolare gli oggetti sullo schermo e realizzare, attraverso la pressione del dito e un processo di elaborazione di immagini, disegni semplici e altre manipolazioni grafiche. Negli anni 80 cominciarono ad essere presentati al grande pubblico i primi



Fig. 29 - Hawlett Packard 150

dispositivi touch, come i sistemi di pagamento POS nei ristoranti, nei bar e nei negozi, un sistema attualmente presente nel 90% dei punti ristoro statunitensi. Cominciarono progressivamente a prendere piede anche i dispositivi touch per uso personale, come il primo personal computer che incorporava questa tecnologia, ovvero la Hawlett-Packard 150 (fig. 29). L'utente poteva toccare lo schermo per posizionare il cursore o selezionare tasti sullo schermo, ma la tecnologia era alquanto primitiva e permetteva solo un posizionamento approssimativo. In effetti questo dispositivo, del 1983, non era dotato di un vero e proprio touch-screen, ma aveva semplicemente il monitor circondato da una serie di raggi infrarossi che incrociati creavano una griglia invisibile davanti lo schermo: se l'utente toccava lo schermo, interrompeva una linea della griglia e il sistema riconosceva la posizione del dito e quindi il cursore veniva posizionato sullo schermo nel punto desiderato.

Nel 1986 Tod Machover, inventore e compositore, fece un esperimento di interfaccia gestuale applicata ad uno strumento musicale: in collaborazione con il



Fig. 30 - Tod Machover con l'Hypercello

violoncellista Yo-Yo Ma, inserì dei sensori sul suo violoncello e il suo archetto in modo da registrare tutti i movimenti che venivano fatti. Ogni movimento poi veniva usato per gestire effetti sonori oppure per controllare strumenti digitali per arricchire la melodia suonata. Questo Hypercello e il suo Hyperbow (fig. 30) fu solo il primo esperimento di Machover tra i suoi Hyperinstruments. Nei primi anni 90, avendo a disposizione una tecnologia sempre più avanzata, si cominciarono a sviluppare linguaggi di interazione e, quindi, di interazione con i gesti.

Il DigitalDesk (fig. 31) di Pierre Wellner per Rank EuroPAR fu il primo caso. Il Digital Desk usava una video camera e un video proiettore per proiettare una superficie digitale su un tavolo reale, che gli utenti potevano manipolare con le loro mani. Questo sistema, anche se tecnologicamente simile ai precedenti, fu il primo che usò i pattern emergenti dell'interazione con le gesture, come il *pinch to shrink* (pizzico per restringere).

Un decennio prima che Apple presentò l'iPhone, la IBM a la Bell South lanci-

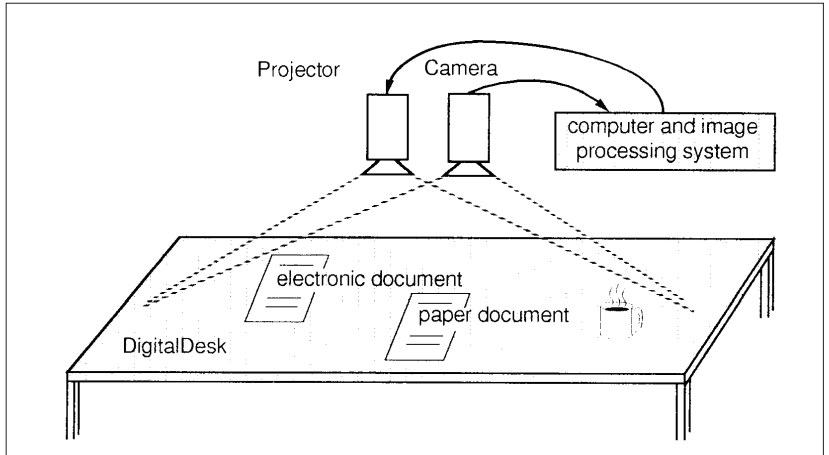


Fig. 31 - DigitalDesk



Fig. 32 - Simon



Fig. 33 - Black & White



Fig. 34 - Guanti 3D



Fig. 35 - Jeff Han, Ted Talks, 2006

arono Simon (fig. 32), un telefono touchscreen. L'iniziativa, troppo precoce per i tempi, non ebbe riscontro in termini di vendite, ma dimostrò che un telefono touchscreen poteva essere prodotto e proposto al pubblico.

Già alla fine degli annin '90 e nei primi del 2000, il touchscreen inizia a spopolare negli aeroporti, nei chioschi informativi e nei Bancomat.

Questo tipo di interfaccia venne sfruttata molto nei videogiochi, infatti la Lionhead Studios rilasciò nel 2001 "Black & White" (fig. 33), il primo gioco che aveva un'interfaccia gestuale.

Il giocatore, tramite un guanto speciale che registrava ogni movimento della mano, muoveva una mano "avatar" sullo schermo che serviva a manipolare e a gestire le variabili del gioco.

L'evoluzione del linguaggio gestuale è passato quindi per molte tecnologie diverse: da i primi dispositivi desktop, mouse e stylus, che offrivano un tipo di interazione alternativa alla manipolazione diretta, ai sensori indossabili che rispondevano ai movimenti di mani e gambe e a tutti i loro gesti; dai guanti speciali (fig. 34) che permettevano con sensibilità di riconoscere ogni gesto della mano e delle dita, molto utilizzati nella manipolazione di oggetti virtuali 3D, fino a dispositivi di tracking, come le videocamere o i più evoluti sistemi infra-rosso, per rilevare presenza e comportamento delle persone in ambienti smart.

Senza dubbio l'evento epocale che segnò inequivocabilmente il punto di inizio della nuova era fu la presentazione di Jeff Han, nell'ambito della TED Talks del 2006, e del suo Jumbo touchscreen (fig. 35). Questo sistema era un compiuto



Fig. 36 - iPhone 2G

modello tecnologico di un touchscreen multitouch che permetteva una completa gestione di ogni risorsa producibile attraverso il movimento delle mani e l'elaborazione di gesti particolari che potevano essere fatti da più dita e più mani contemporaneamente. Si registrò, quindi, l'introduzione di molti pattern gestuali, dal semplice tocco, all'allargamento di immagini e di video, il trascinamento di oggetti e tante altre gestualità che ora vengono utilizzate quotidianamente. A distanza di pochi anni l'iPhone (fig. 36) arrivò sul mercato spopolando come dispositivo per uso personale seguito dalla Nintendo Wii (fig. 37).

Questi due prodotti attirarono molto l'attenzione dei media e, grazie a spot pubblicitari estremamente immediati ed esplicativi, fu possibile dimostrare le loro modalità di utilizzo e la loro estrema semplicità di fruizione.

Una volta assunti i concetti principali delle tecnologie da utilizzare, e quindi la volontà di progettare delle interfacce gestuali, quello che mancava era, appunto, realizzare delle interfacce che avessero potenzialità di accogliere i linguaggi gestuali multitouch e calibrare tutte queste possibilità in un prodotto che fosse, seguendo le parole di Lix Sanderds, "useful, usable and desirable" ovvero utile, usabile e desiderabile.



Fig. 37 - Nintendo Wii

2.3 Tassonomia delle gesture

I gesti comunemente utilizzati variano ovviamente molto a seconda dei contesti e delle culture di riferimento, ma sono sempre intimamente legati alla comunicazione. La gestualità nella comunicazione vuole essere per prima cosa un'integrazione alla comunicazione verbale. L'uomo ha sempre cercato di rendere la comunicazione uomo-macchina il più possibile simile a quella uomo-uomo.

Basandosi sulla comunicazione uomo-macchina, nel 1991, Rime e Schiaratura hanno studiato una tassonomia dei gesti che suddivide le gesture in base alla loro funzione e al loro scopo comunicativo:

- *Gesture simboliche*: si tratta di quell'insieme di gesti che, all'interno della propria cultura di riferimento, hanno assunto un significato specifico ed univoco. In semiotica, infatti, si definisce simbolo il segno la cui significazione è stata stabilita per convenzione, in cui la relazione tra l'espressione e il contenuto è stata fissata culturalmente come universale, sistemica e sempre replicabile. L'"OK" è l'esempio più immediato di gesture simbolica.
- *Gesture deittiche*: il termine deittico che si usa in linguistica quando l'enunciato contiene elementi che lo contestualizzano rispetto all'ambiente in cui esso viene espresso: per esempio l'espressione "prendi quello". Nei sistemi gestuali di norma si dice "prendi quello" con un gesto di puntamento e, in questo caso, il gesto non solo esprime il concetto, ma indica anche l'oggetto.
- *Gesture Iconiche*: sono i gesti fondati sul significato di icona. Semioticamente definiamo iconico ogni segno che significa per via di somiglianza: quando fra espressione e contenuto c'è una relazione di similarità o simulazione, di analogia o di omologia, ma anche d'identità e congruenza. Nell'HCI sono le gesture usate per comunicare informazioni riguardo la grandezza, la forma e l'orientamento di oggetti.
- *Gesture di pantomimica*: si tratta delle gesticolazioni che accompagnano il parlato con lo scopo di chiarire il discorso. McNeill nel 1992 le suddivide in *ritmiche* e *coesive* in base alla pertinenza con il discorso: le ritmiche sono quelle che accompagnano il discorso come se andassero a ritmo, le coesive invece sono usate per legare insieme por-

zioni del discorso separate ma matematicamente relazionate.

Solo le gesture iconiche possono essere interpretate senza bisogno di un contesto di riferimento, le altre hanno bisogno di essere associate alla parola o comunque ad un discorso e quindi ad un contesto per essere comprese.

Secondo la relazione che c'è tra gesture e parola si possono avere 3 categorie:

- Gesture che evocano il discorso di riferimento: simboliche e deittiche;
- Gesture che raffigurano il discorso di riferimento: iconiche e pantomimiche;
- Gesture che si riferiscono al discorso in atto: ritmiche e coesive.

Kendon, nel 1988, ordina le gesture in base alla loro dipendenza dal linguaggio parlato.

<i>Gesticolazioni ></i>	<i>Simili alla Lingua ></i>	<i>Pantomimiche ></i>	<i>Emblemi ></i>	<i>Linguaggio dei segni</i>
<i>(Ritmiche, coesive)</i>	<i>(iconiche)</i>	<i>(pantomimiche)</i>	<i>(deittiche)</i>	<i>(simboliche)</i>

I gesti che si trovano nella parte destra di questo grafico sono i più adatti ad una interfaccia gestuale e quindi sono i più adatti a funzioni basilari. Più si procede verso sinistra e più si riscontrano gesti dipendenti dal contesto e quindi che necessitano di essere spiegati all'utente in cui c'è una conoscenza pregressa del linguaggio di significazione utilizzato. È opportuno utilizzare questo tipo di gesti per funzioni più complesse.

Rispetto alla funzione proprie dei gesti, possiamo avere, come abbiamo visto, gesture deittiche che hanno la funzione di indicare e puntare e gesture manipolative.

Una gestura è manipolativa quando il suo scopo è controllare alcune entità applicando una stretta relazione tra il reale movimento e l'entità manipolata. Queste possono essere utilizzate nei sistemi che prevedono un'interazione bidimensionale o tridimensionale.

Le entità solitamente sono manipolate in un'interfaccia bidimensionale sono cursori, finestre o altri oggetti dello schermo. Se abbiamo un'interfaccia bidimensionale che ci permette però di gestire una terza variabile, come la pressione, possiamo gestire informazioni addizionali come lo spessore di un pennello virtuale. Potremmo anche incontrare gesti di manipolazione non diretta e quindi con il coinvolgimento di oggetti reali che funzioneranno da modello di manipolazione del relativo modello virtuale. In questo caso avremo un coinvolgimento dell'interazione su due livelli della gestura manipolativa: l'uso dell'oggetto reale per interagire con il suo modello virtuale e la trasformazione del modello virtuale così ottenuta.

74 È possibile riscontrare la possibilità di interagire attraverso i gesti manipolativi

su oggetti reali che fanno svolgere funzioni all'oggetto stesso e quindi non ad un modello, come avviene per esempio con oggetti multimediali o robot.

Potremmo aggiungere che questi due tipi di gesti, ovvero quelli che fanno parte delle gesture deittiche e quelli che fanno parte delle gesture di manipolazione, hanno un rapporto indicale con l'interfaccia. In semiotica, infatti, si definiscono indicali i segni in cui la significazione avviene attraverso una connessione sia di tipo topologico, come la direzione, la posizione o l'orientamento, sia di tipo logico, con i rapporti di causa-effetto.

2.4 Gli attributi delle gesture

Oltre ad avere uno specifico valore comunicativo, le gesture possiedono alcune variabili che risultano determinanti nell'interazione. Questi attributi riguardano sostanzialmente i gradi di libertà che l'interfaccia permette.

La prima variabile da considerare è sicuramente la *presenza*. Qualcosa deve essere presente per realizzare un gesto che determini un'azione. Per alcuni sistemi, specialmente negli ambienti smart, l'uomo è semplicemente presente e questo basta per provocare una reazione del sistema. Nel caso specifico di un ambiente Smart, per esempio, la sola presenza di un essere umano all'interno dell'area di rilevamento potrebbe far alzare la temperatura dell'ambiente. Più semplicemente, nel caso di un touchscreen, la presenza della punta del dito sullo schermo cambia lo stato dello stesso.

Oltre alla presenza, la durata è un'altra variabile fondamentale nel determinare la reazione da provocare. Se semplicemente unita alla presenza, può dare una modulazione all'azione provocata: per tornare all'esempio precedente dell'ambiente smart, la presenza prolungata potrebbe continuare ad interagire con la temperatura cambiandola gradualmente in funzione del passare del tempo. Ma non solo, tutte le gestualità sono basate sul tempo in quanto possono essere realizzate velocemente o lentamente. Fa differenza, infatti, premere un bottone o tenerlo premuto per un lungo periodo. Per alcune interfacce, specialmente quelle più semplici, la durata è meno importante. Le interfacce che usano sensori di prossimità, non si preoccupano molto della durata ma solo della presenza dell'utente nell'area di interesse. Per altri tipi di interfacce, come per i giochi, la possibilità di determinare la durata è cruciale. Questo dimostra come la funzione ultima del sistema sia la sensibilità la quale darà valore anche alla presenza o meno dei attributi della gesture.

Se la sola presenza è di per sé una variabile importante, il movimento nondimeno costituisce un fattore cruciale. Anche senza cambiare posizione, si può registrare un movimento della parte del corpo che porta poi alla reazione del sistema. Questo, in relazione alla variabile tempo, potrebbe essere veloce o lento. Anche la posizione da cui viene fatto il gesto è molto importante. Dal punto di vista dello sviluppo, la posizione è determinata dalla locazione rispetto agli assi X e Y e calcolata in ogni cambiamento. È sempre molto importante considerare il target d'utenza finale: basta pensare a come, progettando un sistema che prevede di fare arrivare le mani ad una certa altezza, risulti determinante

considerare che per alcuni fruitori, come i bambini, potrebbe essere problematico compiere l'azione designata a causa della propria altezza.

Se consideriamo anche un terzo asse, non solo riguardante la tridimensionalità dell'ambiente, ma su un'interfaccia bidimensionale come un touchscreen, è possibile aggiungere il parametro della pressione.

In base alla sensibilità del sistema, è possibile ottenere un raggio di rilevamento che può essere sfruttato come discriminante per capire se un gesto è volontario o involontario. La pressione, infatti, potrebbe essere falsata dalla durata dal momento che un lungo movimento potrebbe far determinare un incremento di pressione. La pressione potrebbe anche essere falsata dal tentativo di determinarla attraverso l'ampiezza dell'area di contatto del dito: appena noi premiamo, l'area di contatto del nostro dito si allarga contro la superficie.

Attraverso il rilevamento dell'altezza e della larghezza dell'area toccata della superficie, possiamo determinare anche che tipo di strumento è stato utilizzato per il tocco, se un dito oppure una stylus, e calibrare poi l'azione in base a questo parametro.

L'interazione con il sistema, inoltre, potrebbe essere modificata sulla base dell'orientamento che ha l'utente verso il sistema o viceversa. Questo attributo può essere particolarmente importante per applicazioni come giochi o per ambienti smart.

Alcune interfacce gestuali permettono che l'utente utilizzi oggetti fisici insieme al proprio corpo per meglio interagire con il sistema. Semplicemente il sistema considererà questo oggetto come un'estensione del corpo umano e molto sofisticatamente riconoscerà l'oggetto e permetterà all'utente di impiegarlo nel contesto. Un sistema non particolarmente avanzato potrebbe vedere un foglio di carta tenuto in mano da un utente come una parte di esso, mentre sistemi più raffinati, come il Digital Desk, potrebbe rilevare il foglio di carta e, addirittura, proiettare sopra ad esso delle immagini.

Un attributo che influisce nella modalità di fruizione di un dispositivo gestuale come il touchscreen, è la possibilità del sistema di percepire la presenza di più tutti???, quindi di essere Multi-Touch. Questo, a livello fisico, permette all'utente di utilizzare più dita e di quindi utilizzare entrambe le mani. Potrebbe anche permettere di realizzare combinazioni di gesti per qualche funzione più complessa: un esempio comune è utilizzare due mani per ingrandire un'immagine tirandola dai due angoli opposti. È proprio questo attributo che offre la possibilità di creare un linguaggio gestuale nonostante la complessità e la grande varietà di azioni rese possibili, cosa che con la tecnologia single-touch era ovviamente molto limitata.

Questo permette non solo che il singolo utente utilizzi entrambe le mani, ma anche di rilevare più utenti, come il sistema Surface di Microsoft che, ricono-

scendo la presenza di più utenti, dà vita ad una piattaforma che ha funzione sociale, per attività come gioco o lavoro collaborativo.

Utilizzare questi attributi non basta per avere un'interfaccia gestuale ben progettata. Comunque siano le gesture interattive, naturali, interessanti, divertenti, nuove o innovative, rischiano di essere un fallimento se non rispondono ai bisogni dell'utente. Come dice Bill Buxton "Quando ci occorre fare scelte tecnologia tutto può essere adatto a qualche funzione e non adatto per qualche altra. Le gesture non fanno eccezione". La scelta della tipologia di tecnologia può essere fatta a priori in base alle possibilità del progetto o anche a posteriori in base all'analisi primaria dei bisogni degli utenti finali. Come abbiamo visto, esistono tecnologie diverse per le interfacce gestuali e ognuna di queste presenta dei livelli di sensibilità e un approccio culturale diverso. L'interfaccia deve essere calibrata rispetto al tipo di funzioni che ci si aspetta come risposta dal sistema.

2.5 Caratteristiche di un'interfaccia gestuale

L'impiego di una interfaccia gestuale, sebbene sia in grado di sostituire anche le interfacce più standard, non sempre rappresenta la soluzione migliore. La tastiera dei dispositivi touch, quella con cui oggi gran parte degli utenti invia e-mail e messaggi di testo, ne è un esempio. Anche se alcuni utenti hanno sviluppato dimestichezza e velocità nel digitare con questo tipo di tastiere, la tastiera fisica rimane comunque un dispositivo più ergonomico e adatto alla sua funzione. Un dispositivo touchscreen, per esempio, utilizza molti feedback visivi per indicare che un'azione è stata eseguita. Fare totalmente affidamento su un display che non ha feedback tattili, potrebbe rappresentare un problema per utenti che possiedono problemi visivi, oltre al fatto che viene a mancare l'interazione fisica che ritroviamo nella pressione sul classico bottone.

Può anche succedere, al contrario, di riscontrare un eccesso di fisicità nei casi di interfacce se gestuali dove dei gesti programmati richiedono uno sforzo, come per esempio tirare un calcio per azionare un certo tipo di funzione. Questo, nello specifico, porterebbe a rappresentare una limitazione per le categorie di utenti con difficoltà e problemi motori dati dalla età o da infermità, o semplicemente da condizioni ambientali e di contesto: indossare i guanti da neve e non poter toccare un touchscreen. Anche i piccoli movimenti possono risultare problematici, come la stessa tastiera di un iPhone che risulta essere troppo piccola per chi ha dita grandi.

L'ambiente e il contesto nei quali vengono utilizzate questo tipo di interfacce potrebbero a loro volta generare problemi, banalmente, di privacy o anche di imbarazzo nell'uso da parte di alcuni utenti in caso di gestualità appariscenti.

Allo stesso tempo ci sono molte ragioni per cui un'interfaccia gestuale risulta essere un'ottima soluzione. Tutto ciò che non è gesto interattivo, come comunicare, manipolare oggetti, usare strumenti o fare musica, può essere riutilizzato come gesto interattivo.

Un'interfaccia gestuale, per il tipo di contatto diretto che ha con l'oggetto del sistema, risulta essere un'interfaccia più naturale di quelle create con l'innovazione del personal computer. Inoltre l'assenza dei tipici hardware, tastiera e mouse, permette di utilizzare le interfacce gestuali in ogni luogo, soprattutto in pubblico, nei negozi, nei musei o per strada.

Mancando poi un hardware in cui ogni bottone corrisponde ad una funzione, il touchscreen non solo può sostituire questo sistema, ma può anche mutarlo

in base alla funzione che si sta svolgendo. Per esempio, su uno schermo piccolo possiamo far apparire o nascondere alcune funzioni dinamicamente, evitando il problema di un possibile e fastidioso sovrappollamento del monitor. Sicuramente questo può portare anche ad alcuni problemi di usabilità, ma la possibilità di avere molti controlli in poco spazio può essere un'opportunità ampiamente sfruttabile dai designer.

La possibilità poi di avere dispositivi di input e sensori sempre più evoluti e piccoli permette non solo di nascondere totalmente la tecnologia, ma anche di azionare funzioni con il minimo segno e movimento del corpo, con anche il più piccolo battito di ciglio.

Inoltre uno dei plus imprescindibili di questo tipo di interfacce è che esse sono molto più divertenti da usare. I sistemi gestuali incoraggiano l'uso e l'esplorazione fornendo un'esperienza più partecipativa.

Le caratteristiche di una buona interfaccia gestuale, quindi, non differiscono molto dalle caratteristiche di qualsiasi altro sistema interattivo ben progettato. Questo significa che un'interfaccia testuale dovrebbe essere innanzitutto esplorabile. Questa caratteristica riguarda l'affordance. Prima di poter interagire con un sistema gestuale, infatti, dobbiamo sapere di che tipo è ed indicare all'utente come iniziare ad interagire con esso. L'affordance si manifesterà durante l'interazione.

Un utente deve poi sentirsi a suo agio con l'interfaccia e pretende che l'interfaccia sia assolutamente affidabile, soprattutto se si pensa ai casi in cui l'interfaccia sia un bancomat, o all'utilizzo potenzialmente errato che un dispositivo potrebbe fare dei dati personali a cui ha accesso. Un'interfaccia gestuale deve apparire competente e sana e deve funzionare nel rispetto della privacy degli utenti.

Come detto precedentemente, l'attributo che determina la variabile temporale ha la sua importanza. Risultando del tutto mancante una risposta fisica da parte dell'interfaccia, perché manca effettivamente una parte fisica quale poteva essere ad esempio un bottone, il sistema deve simulare una risposta digitalmente e quindi dare un feedback visivo, uditivo o di altro tipo, per far capire all'utente che il suo comando è stato inoltrato. Questo deve avvenire con i giusti tempi. Un feedback mandato in ritardo potrebbe portare ad una reintroduzione del comando da parte dell'utente e quindi ad una sovrapposizione di richieste. Per esempio, se la funzione servisse ad accendere o spegnere la luce, una doppia immissione del comando porterebbe al ripresentarsi della condizione di partenza. Nel caso l'elaborazione del comando stesso richiedesse del tempo, e quindi la risposta funzionale non potesse essere emanata con i giusti tempi, un feedback visivo come una barra di caricamento sarebbe la soluzione ideale per far comprendere all'utente che la sua azione è stata registrata correttamente.

All'opposto, una reazione troppo veloce potrebbe essere anche più fastidiosa di

una reazione leggermente in ritardo.

Per andare incontro alla naturalità dei gesti, un'interfaccia ben progettata anticipa i bisogni dell'utente. Un modo intelligente è usare gesti interattivi che incontrano al meglio le azioni che gli utenti stanno provando a realizzare.

La dimensione ludica che genera questo tipo di interfacce crea negli utenti la rilassatezza di cui hanno bisogno. Sulla base di questo criterio, è necessario rendere i possibili errori che l'utente può commettere, meno gravi non sottolineandoli con messaggi allarmanti, ma dando la possibilità di correggerli, incoraggiando così l'uso.

Un utente che usa un'interfaccia si affida sostanzialmente al lavoro di un designer o di uno sviluppatore: per questi professionisti, progettare una buona interfaccia è anche eticamente e moralmente giusto.

3 Stato dell'arte

3.1 Strutture melodiche

Case History HookTheory

Keywords: Pop occidentale, progressioni di accordi, analisi statistica

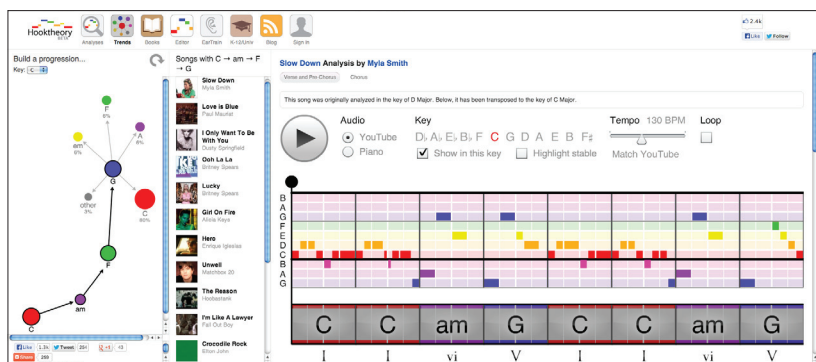


Fig. 38 - Hooktheory

La HookTheory (fig. 38) consiste in un'analisi statistica basata su un database di 1300 canzoni pop con l'obiettivo di trovare le progressioni armoniche utilizzate e realizzare poi un tool che guidi nella composizione di nuovi brani.

Tramite questa ricerca è emerso per esempio che la tonalità più frequentemente utilizzata è il *do maggiore* e il suo relativo minore, ovvero il *la minore* (fig. 39). Gli accordi più utilizzati sono quelli costruiti sul I, IV e V grado, seguiti poi dal VI grado (fig. 40).

Infatti questa sequenza è una delle più utilizzate nella musica pop, tanto da essere usata come pretesto in uno sketch degli "Axis of awesome".

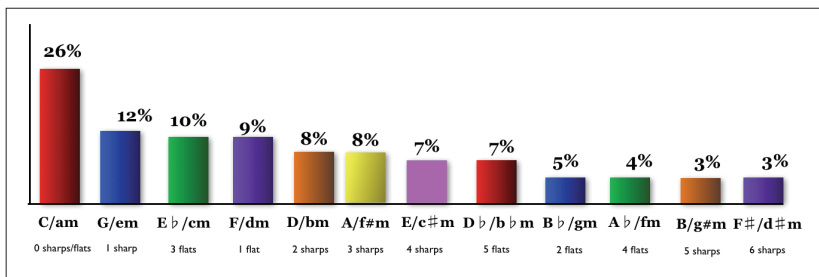


Fig. 39 - Tonalità più usate

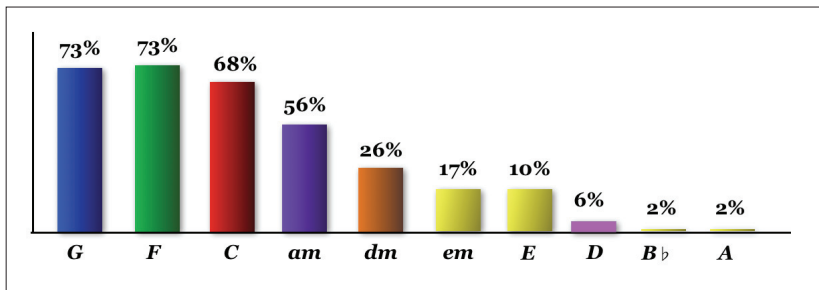


Fig. 40 - Accordi più usati

3.2 Astrazione vs. Simulazione

Case History Garageband

Keywords: Simulazione, geometrie melodiche, conoscenza musicale



Fig. 41 - Garageband per iPad

Garageband (fig. 41), per iPhone o iPad, è un applicazione per registrare e comporre musica e dispone di una serie di strumenti musicali simulati nella forma, nella struttura geometrica e nell'interazione. Questo permette di produrre facilmente brani musicali, ma necessita inevitabilmente una conoscenza musicale progressa.

Case History Musyc

Keywords: astrazione, casualità, gioco



Fig. 42 - Musyc per iPad

Musyc (fig. 42) è un'applicazione che ha una dinamica molto facile da comprendere e quindi un'interazione molto intuitiva: ogni oggetto sullo schermo provoca un suono diverso e ogni volta che collide con un altro oggetto suona. Questa dinamica più ludica di esecuzione determina che il prodotto musicale è abbastanza e casuale.

Case History Gestrument

Keywords: astrazione, struttura safe, gesture



Fig. 43 - Gestrument per iPad

Gestrument (fig. 43) è un tentativo di applicazione per comporre musica tramite le gesture. Proovando ad utilizzarla, si può capire che l'unico gesto effettivamente realizzabile è il tocco e il trascinarsi. Inoltre il ruolo dell'utente è ridotto al minimo e tutta la parte compositiva è lasciata alla programmazione.

Case History Ocarina

Keywords: stilizzazione, strumento musicale, espressività



Fig. 44 - Ge Wang e Ocarina per iPhone

Ocarina (fig. 44) è un applicazione realizzata appositamente per iPhone da Ge Wang per Smule. Tramite il microfono dell'iPhone si può soffiare allo stesso modo di come si farebbe con una ocarina reale e l'intensità del soffio determina anche l'intensità del suono. La struttura melodica poi è stata stilizzata riducendo l'interfaccia a quattro tasti la cui combinazione genera una gamma di 16 note. Con questo strumento è molto semplice eseguire delle melodie seguendo degli spartiti fatti ad hoc che richiamano la disposizione dei tasti.

3.2 Interfacce tridimensionali

Case History Musical Gloves

Keywords: Gesture, interfaccia 3D, tecnologia invisibile



Fig. 45 - Imogen Heap e i Musical Gloves

La cantante Imogen Heap (fig. 45), con l'obiettivo di potersi muovere liberamente sul palco nascondendo tutta la strumentazione, ha realizzato un sistema basato su sensori indossabili, come microfoni e guanti, e sensori ambientali, come il Kinect di Xbox.

Tramite questo sistema la cantante è riuscita a performare una canzone attivando, tramite gesti delle mani e delle braccia, degli accompagnamenti musicali e delle armonizzazioni alla sua voce, e tramite la sua posizione rispetto al palco, degli effetti sonori.

4 EXPressive Music

4.1 Introduzione: la scelta della tecnologia

Dall'intuizione iniziale di far incontrare il linguaggio delle gesture delle interfacce gestuali e i gesti derivati dalle traduzioni istintive delle percezioni uditive, la scelta di un'interfaccia touchscreen multitouch è stata tutt'altro che scontata. L'analisi della fisionomia degli strumenti musicali esistenti, indica come l'interfaccia classica sia quella in cui esiste un rapporto fisico tra chi suona e lo strumento. Il musicista tocca con il proprio corpo, o attraverso dei mezzi, lo strumento musicale usando la propria energia per provocare il suono.

Tra le varie interfacce gestuali possibili, sarebbe stato possibile sceglierne una tridimensionale, ma sarebbe venuto a mancare il contatto tra l'utente e lo strumento.

Questa caratteristica non riguarda solo il tipo di approccio, ma anche la sensibilità del gesto.

Un gesto realizzato in aria, non avendo un vincolo fisico che lo ostacoli, può essere controllato solamente da una forza frenante che non può essere altro che una forza contraria azionata dalla stessa parte del corpo che sta compiendo il gesto. Il risultato sarà quindi un gesto non preciso ma con un certo margine di errore.

Con un'interfaccia gestuale come un touchscreen, che presuppone una precisa zona di destinazione del gesto, questo problema viene superato: il gesto, infatti, si fermerà precisamente sullo schermo non potendo andare oltre. Questo è quello che accade anche negli strumenti musicali. Il tasto di un pianoforte, la corda di una chitarra o la pelle di una batteria, interrompono il gesto e la forza dell'impatto determina la velocità dell'attacco e l'intensità del suono emesso; senza questo impatto, è difficile determinare queste variabili.

Come abbiamo visto nelle geometrie melodiche degli strumenti musicali analizzati, c'è sempre un rapporto stretto tra la nota e il dito, tanto da aver portato alla realizzazione di notazioni musicali basate sulle diteggiature anziché sull'altezza della nota, o a consigliare le posizioni migliori per realizzare certi accordi o melodie.

Nell'esperimento di Imogen Heap, è stato realizzato un progetto di interfaccia musicale tridimensionale, che oltre a presentare la necessità del coinvolgimento di molti sensori e quindi una certa complessità del sistema, manca di un'interfaccia visiva. Questo determina che il gesto, oltre a non avere un luogo d'impatto, non ha neanche una locazione precisa dove avvenire, e ne consegue

che la posizione in cui far avvenire i gesti deve essere molto ampia per non portare ad errori. Adottando un'interfaccia visiva, invece, abbiamo la precisa cognizione di dove posizionar la mano o il dito.

Per queste ragioni, quindi, la scelta è caduta su un'interfaccia multitouch touchscreen, che per la somiglianza di approccio che ha con gli strumenti musicali, permette di realizzare una serie di gesture che prendono spunto dal campo musicale in maniera globale, dall'emissione del suono alla ricezione, dallo strumento musicale all'ambiente di diffusione e dalla percezione sonora alla teoria musicale.

4.2 La struttura melodica

Come abbiamo già visto, la musica è il risultato della continua influenza tra le tre variabili intensità, timbro e altezza e della reazione di queste con una quarta variabile, il tempo. Il timbro e l'intensità determinano l'espressione, mentre l'altezza influisce sul valore sonoro della nota musicale.

Citando Vittorio Marchetta, possiamo asserire che *“La nota appare un'unità sul piano percettivo e questo non perché lo sia in quanto accadimento fisico, ma perché questo carattere di unità le è assicurato da un'operazione mentale, dal fatto che in noi la percepiamo come una forma unitaria, una Gestalt dotata di coerenza interna”*.

Affronteremo perciò separatamente la progettazione della struttura melodica e la progettazione dell'interazione gestuale che servirà poi alla produzione dell'espressività.

L'obiettivo è quello di elaborare una struttura melodica che faciliti la fruizione e che quindi non necessiti di una conoscenza teorica musicale pregressa.

Uno strumento musicale possiede, come attributi, un ruolo specifico e una propria condizione rispetto alla variabile tempo.

Il ruolo determina anche la struttura melodica: uno strumento capace di produrre note basse, infatti, avrà il compito di realizzare delle melodie di accompagnamento che riempiano una fascia di frequenza bassa colmando l'intera fascia di frequenza, in maniera complementare rispetto a quella in cui viene sviluppata la melodia principale. La melodia principale sarà eseguita da uno strumento che avrà ruolo di protagonista. Un altro ruolo possibile è quello di accompagnatore, ovvero lo strumento che fornisce la progressione armonica del brano realizzando un tappeto di accordi su cui viene sviluppata la melodia. In aggiunta, ovviamente, potrà essere impiegato uno strumento ritmico con il ruolo di scandire il ritmo del brano che gli altri strumenti seguiranno.

Qualunque sia il ruolo ricoperto, lo strumento musicale ha un rapporto con la variabile tempo 1:1, cioè interagisce in tempo reale: ogni nota suonata in un dato momento emette il suono di quella nota nello stesso istante. Esistono anche dei programmi per fare musica, che quindi non possono essere propriamente chiamati strumenti musicali, che servono per realizzare loop e che quindi hanno come obiettivo quello di realizzare un modulo da far ripetere in ciclo. La programmazione di questi loop, è appunto una programmazione, pertanto implica che dalla decisione dell'esecutore di far suonare una certa nota,

fino all'emissione di quella nota, passa del tempo sacrificando la dimensione dell'immediatezza tipica degli strumenti musicali tradizionali.

Lo strumento musicale digitale qui proposto, consiste appunto in uno strumento musicale finalizzato alla produzione di musica in tempo reale e capace di emettere tanto armonia quanto melodia; il suo ruolo, quindi, può essere di solista, nel caso in cui suoni senza la necessità di essere coadiuvato da altri, oppure con la presenza di altri strumenti, può sia investire il ruolo di accompagnatore, quanto di solista, come potrebbe accadere con una chitarra o un pianoforte in una band.

Dal momento che si tratta di un dispositivo touchscreen, c'è la possibilità di mutare la struttura visiva in base a eventuali specifiche esigenze. Questa caratteristica asseconda la necessità di avere una struttura melodica le cui regole armoniche non sono richieste all'utente ma sono gestite dal processore in maniera tale da permettere all'esecutore inesperto di non incappare in problemi durante la fruizione.

Le regole armoniche sono quelle appartenenti alla musica occidentale e più precisamente alla musica pop.

Questa è stata una scelta quasi obbligata dal momento che si tratta del genere musicale che, per sua stessa definizione, è maggiormente ascoltato. Proprio la facilità di ascolto, oltretutto, è la caratteristica ideale per lo strumento qui proposto che è destinato anche ai non musicisti.

La struttura dei brani pop presentano di norma una struttura sviluppata su diversi piani di complessità:

il brano è formato da moduli che vengono ripetuti secondo la volontà del compositore e questi sono quasi sempre rappresentati da strofe, ritornelli e altri moduli che fungono da collegamento tra strofe e ritornelli; ogni modulo è poi costituito da progressioni di accordi; ogni progressione è ovviamente formata da una serie di accordi che a loro volta creano la base per la melodia.

Questa gerarchia sarà rispettata anche nell'organizzazione dell'interfaccia: partendo da sinistra, avremo la sezione che aiuterà a percorrere e ripercorrere la progressione armonica; procedendo verso destra si svilupperà la sezione pensata per la costruzione della progressione armonica, dove quindi sarà possibile suonare degli accordi; a destra, infine, ci sarà la sezione dedicata alla composizione della melodia.

Questa struttura ricalca quella tipica della fisarmonica. Come abbiamo visto dall'analisi di questo strumento musicale, esso è capace di ricoprire trasversalmente più ruoli, dal solista all'accompagnatore, esattamente come lo strumento qui progettato e, oltretutto, presenta un'interfaccia didascalica.

È proprio quest'ultima caratteristica a facilitare la comprensione del funzionamento.

La parte sinistra dell'interfaccia sarà dedicata, come detto, all'armonia e sarà basata sulla Hooktheory. Secondo questa teoria, è possibile consigliare in tutti i casi da uno a massimo quattro accordi da poter utilizzare in successione a ciò che si sta suonando in un dato momento. In questo modo è possibile creare una progressione di accordi sempre esatta e orecchiabile e, anche se si appropia in maniera casuale, il risultato sarà sempre armonico. Certamente verranno esclusi tutti gli accordi più ricercati e complessi, ma questo vincolo è già insito nella scelta del genere musicale. Sono stati inclusi, infatti, solo gli accordi più frequenti, e quindi funzionanti, nella musica pop occidentale.

La parte destra dell'interfaccia, come è stato anticipato, sarà invece dedicata alla produzione della melodia. Le note di una melodia devono rispondere alle regole armoniche dettate dalla tonalità e dall'armonia e questo vuol dire che saranno una conseguenza di quello che accade nella parte sinistra.

Le strutture percettive studiate hanno portato alla conclusione che la percezione dell'altezza segue spazialmente un andamento orizzontale, più precisamente crescente da sinistra verso destra.

L'ordine delle note sull'interfaccia, pertanto, si svilupperà in maniera crescente da sinistra verso destra.

Per realizzare una struttura "safe", ovvero una struttura che non permette di fare errori e quindi di non produrre suoni dissonanti, occorre realizzare una struttura dinamica che cambi in continuazione sulla base di ciò che viene proposto dell'armonia.

La prima regola da rispettare è quella appartenente alla tonalità: se per esempio lo strumento si troverà in tonalità di *do maggiore*, le note che si avranno a disposizione saranno appartenenti alla *scala maggiore di do*.

<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>

Abbiamo visto nello studio delle regole dell'armonia che la nota appartenente alla scala che risulta più dissonante rispetto ad un accordo è quella che rappresenta il *IV* grado.

Questa nota verrà infatti esclusa, in modo da eliminare a priori una possibile causa di errore melodico. Per ogni accordo, quindi, si avranno a disposizione sei note, anziché sette.

Accordo	I	II	III	V	VI	VII
<i>do</i>	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
<i>re</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
<i>mi</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>si</i>	<i>do</i>	<i>re</i>
<i>fa</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>
<i>sol</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>
<i>la</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>
<i>si</i>	<i>si</i>	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>

Questa scelta ha portato anche ad ottenere una virtualizzazione della scala: dal momento che per il senso comune le scale sono formate da sette note e la struttura ne riporta solo sei, l'utente non si aspetterà di trovare tutte le note della scala, ma una sua riduzione. Questa virtualizzazione serve quindi a creare un'aspettativa diversa nell'utente, preparandolo a una struttura che non risponderà alla regola da lui conosciuta ma ad un'altra, che verrà appresa solo interagendo con lo strumento. In questo modo l'utente non sarà spaventato da ciò che potrebbe trovare.

Durante lo studio di questa struttura dinamica poi, l'eliminazione di una nota ha consentito anche di raggiungere un risultato che, al contrario, sarebbe stato impossibile ottenere con sette note per i limiti dettati dalle regole di costruzione di una scala diatonica.

Una volta eliminato il *IV* grado da ogni scala, si è creata la necessità di organizzare spazialmente sull'interfaccia le note rimanenti e il bisogno di individuare una regola che permettesse questa organizzazione.

Il modulo base di un'ottava è diviso in sei porzioni.

Affidandoci ai concetti emersi dalla ricerca sulla percezione dell'altezza, secondo cui l'uomo riesce a ordinare i suoni di altezza diversa ma non riesce a quantificarne la distanza, la regola fissata è stata quella di distribuire su ognuna delle sei porzioni la possibilità di emettere suoni che distassero tra loro al massimo un tono e mezzo.

Seguendo questa regola, ad ogni porzione risulteranno assegnate queste note:

1°	2°	3°	4°	5°	6°
<i>do - re</i>	<i>re - mi - fa</i>	<i>mi - fa - sol</i>	<i>sol - la</i>	<i>la - si</i>	<i>si - do</i>

quindi questa prima struttura:

	1°	2°	3°	4°	5°	6°
<i>do</i>	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
<i>re</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
<i>mi</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
<i>fa</i>	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
<i>sol</i>	<i>re</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
<i>la</i>	<i>do</i>	<i>mi</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
<i>si</i>	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>

In base a questa struttura quindi, la nota appartenente alla porzione cambierà in base all'accordo. Questa tabella fa un'eccezione alla regola dell'eliminazione del *IV* grado rispetto all'accordo di *fa*: si può vedere infatti che sulle note disponibili manca il *VII* grado sostituito appunto dal *IV* grado. Questa eccezione armonicamente accettabile fa sì che la regola organizzativa, più importante, sia rispettata.

A questo punto, però, risulta opportuno l'inserimento di un'ulteriore norma che tenga conto anche della consonanza sul tempo forte. Analizzando le strutture dinamiche nella musica, abbiamo visto che sul tempo forte, ovvero nel momento in cui si inizia una battuta con un nuovo accordo, le note accettate sono solo quelle appartenenti all'accordo, quindi non tutte e sei le note che sono state fin qui estratte, ma solo tre di esse.

Questo però avviene solo all'inizio di ogni battuta. La procedura da usare, quindi, dovrà sempre rispettare l'organizzazione, permettere di suonare al primo tocco di una porzione una nota dell'accordo, quindi una tra la *fondamentale*, la *III* o la *V*, e di traslare le note prescelte secondo la prima stesura della struttura. Di seguito una schematizzazione del risultato di questa struttura dinamica: per ogni accordo è evidenziata la nota che corrisponde alla porzione suonata per prima, e di conseguenza sono schematizzate le note che ne risultano. Come nel caso precedente, si è reso necessario non rispettare la prima regola.

- Accordo di *do*:

Porzione iniziale	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1°	do	re	mi	sol	la	si
2°	re	mi	sol	la	si	do
3°	do	re	mi	sol	la	si
4°	do	re	mi	sol	la	si
5°	re	mi	sol	la	si	do
6°	re	mi	sol	la	si	do

- Accordo di *re*:

Porzione iniziale	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1°	re	mi	fa	la	si	do
2°	do	re	mi	fa	la	si
3°	re	mi	fa	la	si	do
4°	re	mi	fa	la	si	do
5°	do	re	mi	fa	la	si
6°	re	mi	fa	la	si	do

- Accordo di *mi*:

Porzione iniziale	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1°	re	mi	fa	sol	si	do
2°	re	mi	fa	sol	si	do
3°	do	re	mi	sol	la	si
4°	re	mi	fa	sol	si	do
5°	re	mi	fa	sol	si	do
6°	do	re	mi	sol	la	si

- Accordo di *fa*:

Porzione iniziale	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1°	do	re	fa	sol	la	si
2°	re	mi	fa	sol	la	do
3°	re	mi	fa	sol	la	do
4°	re	mi	fa	la	si	do
5°	re	mi	fa	sol	la	do
6°	re	mi	fa	sol	la	do

- Accordo di *sol*:

Porzione iniziale	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1°	re	mi	fa	sol	la	si
2°	do	re	mi	fa	sol	si
3°	re	mi	fa	sol	la	si
4°	re	mi	fa	sol	la	si
5°	do	re	mi	fa	sol	si
6°	do	mi	fa	sol	la	si

- Accordo di *la*:

Porzione iniziale	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1°	do	mi	fa	sol	la	si
2°	do	mi	fa	sol	la	si
3°	do	re	mi	sol	la	si
4°	do	mi	fa	sol	la	si
5°	do	mi	fa	sol	la	si
6°	re	mi	fa	sol	la	do

- Accordo di *si*:

<i>Porzione iniziale</i>	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1°	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
2°	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
3°	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>
4°	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
5°	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>	<i>do</i>
6°	<i>do</i>	<i>re</i>	<i>fa</i>	<i>sol</i>	<i>la</i>	<i>si</i>

La struttura in realtà, non prevederà solo sei tasti, ma ne avrà undici: dal terzo tasto partirà l'ottava divisa per le sei porzioni; i primi due tasti coincideranno con la quinta e sesta porzione ma abbassate di un'ottava; il nono, decimo e undicesimo tasto coincideranno con la prima, seconda e terza porzione alzati di un'ottava.

Questa struttura è basata sull'interazione di un tocco alla volta. Come detto in precedenza, però, lo strumento sarà polifonico, quindi non deve escludere la possibilità di premere più porzioni simultaneamente.

Per fare questo si farà una distinzione tra l'uso di due dita e l'uso di tre o più dita.

In caso vengano usate solo due dita, in base alla distanza tra esse, si genererà un'armonizzazione della nota suonata dal dito più a sinistra seguendo questo schema:

	1 tasto	2 tasti	3 tasti	4 tasti	5 tasti	6 tasti	6 tasti	8 tasti	9 tasti	10 tasti
<i>Tonica</i>	III	III	V	V	VIII	VIII	III ²	III ²	V ²	V ²

L'intervallo, quindi, sarà relativo alla nota suonata e la nota che ne risulterà dovrà rispondere armonicamente solo alla tonalità.

Se invece verranno utilizzate tre o più dita, si utilizzerà questa griglia che è fondata su intervalli assoluti: ogni intervallo è posizionato precisamente su un tasto. La differenziazione verrà ottenuta solo se il primo dito a sinistra è posizionato su un tasto pari o dispari.

<i>pari</i>	<i>Tonica</i>	III	III	V	V	VIII	VIII	III ²	III ²	V ²	V ²
<i>dispari</i>	-	<i>Tonica</i>	IV	IV	VI	VI	VIII	IV ²	IV ²	VI ²	VI ²

Lo schema è poi da ripartire in base alla posizione della fondamentale di ogni accordo.

In questo caso vengono introdotti il *IV* e il *VI* grado che, se suonati insieme al *I* grado, e distanti un'ottava dall'accordo di base, non risultano dissonanti, ma al contrario creano una cadenza ottimale per ricadere sulle note principali dell'accordo senza cambiare l'accordo di base.

Questa struttura melodica rispetta il principio della scala diatonica per cui ogni grado è associato ad un solo nome di nota e le alterazioni funzionano da attributo del nome. Allo stesso modo, nella struttura progettata, ogni tasto è associato ad un gruppo di note e le eventuali alterazioni non fanno cambiare la struttura in quanto diventano solo attributo della nota appartenente al tasto.

Avere una struttura melodica dinamica che permette di agire sempre senza il

rischio di errori, apre ad una certa libertà di fruizione che rende l'interazione più naturale. La variabile ludica non è particolarmente contemplata in questa interfaccia, proprio perché il progetto è destinato alla produzione di melodie e armonie che hanno una valenza al di là della dimensione amatoriale.

Essendo uno strumento di una certa utilità e funzionalità, la durata d'uso previsto è sul lungo periodo. Le applicazioni musicali più ludiche invece prevedono durate di utilizzo molto più brevi e infatti, alla lunga dopo il divertimento iniziale, provocano spesso un effetto di noia.

La ludicità di questa interfaccia sta sicuramente nella possibilità di usare una serie di gestualità che permettono di creare non solo melodie, ma anche delle modulazioni delle note che eccitano l'udito. Il divertimento consiste anche nella soddisfazione insita nel creare un brano musicale di buon livello grazie all'ausilio dello strumento. Un aiuto che, però, non sacrifica l'intenzione dell'utilizzatore: l'utente, al contrario, diventa proprio il regista dell'interazione.

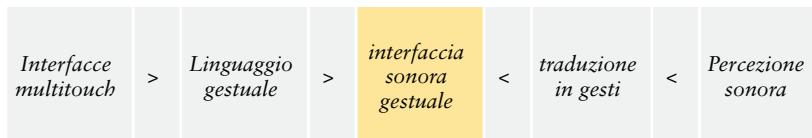
4.3 Incontro tra percezione sonora e gesture

La tecnologia *multi-touch* nella sua evoluzione ha portato alla creazione di un linguaggio gestuale fornendo una serie di gesti, alcuni ormai entrati nella quotidianità, che permettono di interagire con l'interfaccia e quindi di realizzare funzioni diverse in base all'evenienza.

Alcuni dei gesti forniti sono stati estrapolati dai gesti quotidiani e trascinati nel contesto digitale riutilizzandoli per funzioni nuove o analoghe al mondo reale.

Tra i gesti di uso quotidiano troviamo anche tutti quelli che vengono usati come traduzione di percezioni sonore.

Qui è stato fatto un lavoro di sintesi facendo incontrare quei gesti che derivano dalla percezione dei fenomeni sonori e il linguaggio gestuale della Human Computer Interaction.



In questo modo è possibile tradurre i gesti in gesture dando loro un significato e un contenuto di informazioni da trasmettere all'interfaccia che le trasformerà a sua volta in reazioni specifiche.

La sezione dell'interfaccia dedicata alla produzione della melodia, oltre a produrre la nota, servirà anche per accogliere le gesture che daranno l'espressione a quella nota.

Le funzioni da azionare tramite le gesture presentano diversi livelli di complessità: ci sono funzioni più basiche e funzioni più complesse.

Seguendo il principio secondo cui un'interfaccia gestuale deve essere esplorabile suggerendo all'utente solamente come iniziare ad interagire, occorre fornire un gesto basico che sia d'approccio all'interfaccia.

La prima gesture sarà quindi una gesture deittica, ovvero quella che tramite il solo attributo di presenza fa attivare la funzione principale che è quella di far emettere suono.

La posizione del tocco rispetto allo schermo determinerà in base all'asse X l'altezza della nota, e in base all'asse Y la sua intensità.

Sul livello di complessità successivo includeremo una serie di gesture che per-

mettono di dare espressione e dinamicità alla nota suonata.

In questo modo potremo sfruttare appieno tutte le potenzialità dell'interfaccia in relazione con il più ampio range di sfumature che si possono dare ad un suono e, nondimeno, sarà possibile prevenire i bisogni e le aspettative dell'utente rispetto all'interfaccia multitouch che si trova ad usare.

Da questo momento in poi quindi l'utente può cominciare ad esplorare l'interfaccia e capire quali sono le altre gestualità che essa è capace di percepire. Per una migliore affordance questo livello di gesture sarà caratterizzato da gesture simboliche, che fanno quindi riferimento ad un linguaggio già assunto.

Alzando di un altro livello la complessità delle funzioni disponibili, sarà necessario disporre anche di un livello linguistico più specifico.

Risulta essere più specifico in quanto richiede un rimando al contesto di applicazione. Stiamo parlando di gesture iconiche, che quindi descrivono la funzione attraverso la somiglianza tra questa e il gesto e che prendono come punto di riferimento il campo di applicazione, in questo caso quello musicale.

Un primo gruppo di gesture introdotte si basa sempre sulla modalità di esecuzione di una nota e quindi sulla forma che questa nota assumerà.

Un secondo gruppo di gesture servirà alla manipolazione del suono una volta che è stato emesso.

Il fatto di poter manipolare direttamente la nota rende l'interfaccia più naturale essendo questo tipo di interazione più adatta all'uomo.

Il terzo gruppo di gesture progettate per questo sistema, riguarda due effetti acustici che si verificano in base all'ambiente dove il suono viene emesso.

Questo insieme di gesture iconiche, essendo appartenente a funzioni più complesse, imporranno necessariamente una spiegazione.

TAP to play note

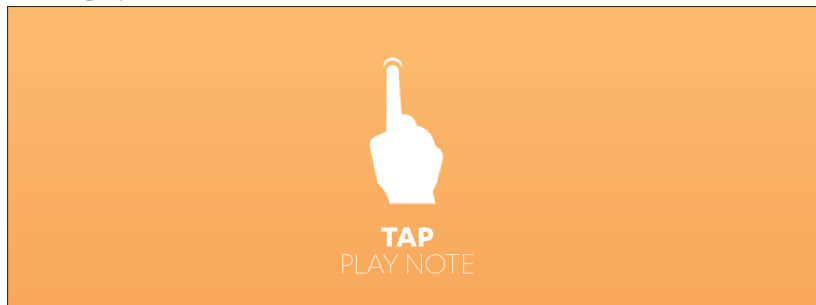


Fig. 46 - TAP to play note

Il semplice tocco sulla zona sensibile provocherà l'emissione della nota (fig. 46). Come detto, la posizione in cui verrà fatto il tocco determinerà l'altezza e l'intensità.

TOUCH & HOLD to hold note

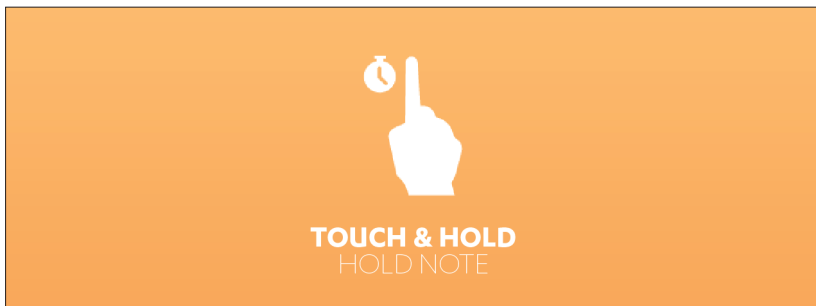


Fig. 47 - TOUCH & HOLD to hold note

Tenendo premuto il dito sulla zona sensibile si manterrà anche la nota (fig. 47). Quindi si potrà interagire, oltre che con la posizione, anche con la durata. Rispetto all'influenza sul timbro, la durata di una nota agisce sulla parte dell'involuppo dell'onda sonora che è quella della tenuta e del rilascio: fintanto che il dito rimarrà premuto sullo schermo avremo la fase di tenuta attiva, appena il dito lascerà lo schermo l'onda sonora entrerà nella fase di rilascio, portando il suono alla sua naturale estinzione.

SCROLL to manage intensity

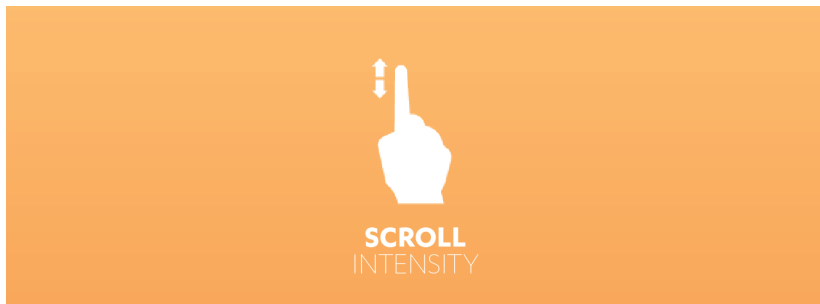


Fig. 48 - SCROLL to manage intensity

Se la posizione del tocco in base all'asse Y darà l'intensità della nota, il trascinarsi del dito in verticale permetterà di manipolare l'intensità della nota mentre sta suonando: trascinandolo verso l'alto l'intensità crescerà, trascinandolo verso il basso decrescerà (fig. 48).

Questa gestura simbolica fa riferimento alla struttura mentale incontrata durante l'osservazione dei comportamenti del direttore d'orchestra o anche nel Touch Sensitive Organ di Hugh La Caine.

SLIDE to gliding



Fig. 49 - SLIDE to gliding

Se la posizione del tocco in base all'asse X determinerà l'altezza della nota, lo scorrimento del dito in orizzontale permetterà di legare due note (fig. 49).

Questa gestura simbolica fa riferimento alla struttura mentale incontrata durante l'analisi degli strumenti musicali infatti il glissato è una tecnica usata negli strumenti con interfaccia a corde.

STRONG TAP for fast attack

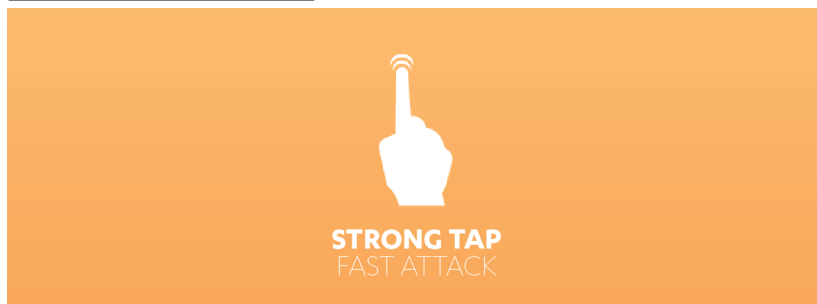


Fig. 50 - STRONG TAP for fast attack

Oltre la posizione, anche la variabile pressione può influire sull'espressione della nota (fig. 50).

Toccare lo schermo con più forza, infatti, modulerà il suono attribuendogli un attacco più veloce.

Anche questa gestura simbolica fa riferimento alla struttura mentale incontrata durante l'osservazione dei comportamenti del direttore d'orchestra che associa alla violenza dei suoi gesti la violenza di esecuzione dei musicisti.

NUDGE for slow attack

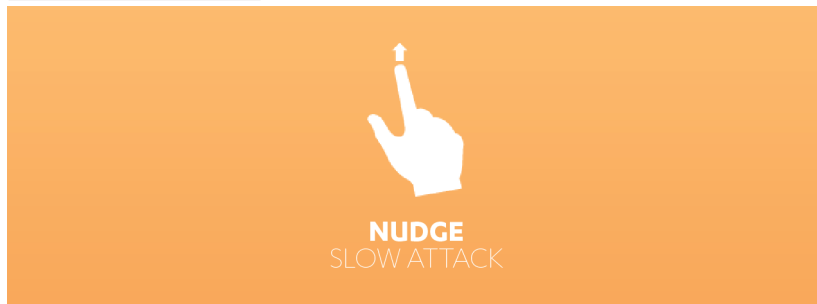


Fig. 51 - NUDGE for slow attack

Per ottenere un attacco lento invece basta accarezzare dal basso verso l'alto lo schermo nella posizione della nota desiderata (fig. 51).

Questa gestura iconica fa riferimento al contesto musicale, più precisamente alla gesto dell'uso dell'archetto negli strumenti ad arco che se usato con dolcezza emette appunto un nota dall'attacco lento.

SHAKE FINGER to vibrate

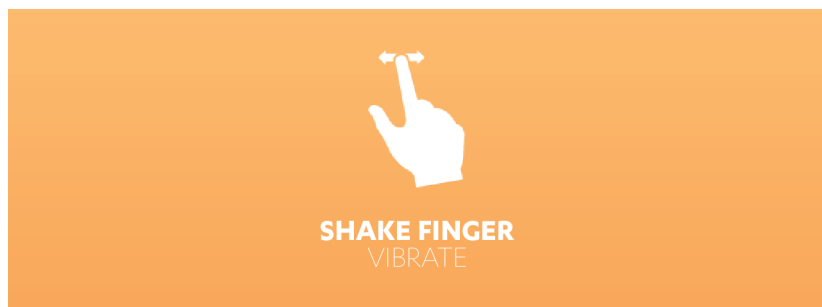


Fig. 52 - SHAKE FINGER to vibrate

Per ottenere il vibrato basta scuotere il dito nella posizione della nota (fig. 52). Questa gestura iconica fa riferimento al contesto musicale ed è stata osservata anche nel caso dell'air guitar dove per produrre quest'effetto l'esecutore mimava esattamente questo gesto.

SWIPE to generate echo



112 *Fig. 53 - SWIPE to generate echo*

Per ottenere l'effetto eco bisogna lanciare la nota, verso il basso o verso l'alto, dopo averla toccata sullo schermo (fig. 53).

Questa gesture iconica è basata sulla metafora del rimbalzo del suono che sta alla base dell'eco: lo spazio a disposizione diventa l'ambiente dove rimbalzerà il suono della nota.

La forza del lancio determinerà inoltre la durata della presenza dell'effetto: più si lancia forte, più rimbalzi farà la nota e quindi più durerà l'effetto.

ROTATE to generate reverb

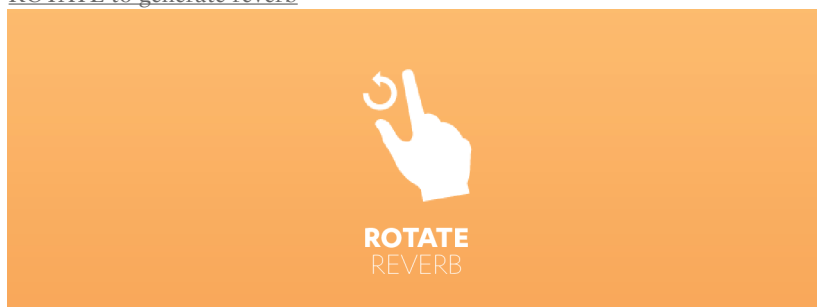


Fig. 54 - ROTATE to generate reverb

Per ottenere l'effetto riverbero bisogna roteare il dito intorno alla nota suonata (fig. 54).

Questa gesture iconica è basata sull'evocazione della sensazione uditiva del riverbero: quando percepiamo dei suoni in un ambiente con molto riverbero, come per esempio una chiesa, abbiamo la sensazione che il suono ci circonda. Questa sensazione di essere circondati viene perciò rievocata attraverso la rotazione.

4.4 Prototyping

Per verificare che le strutture e le gesture progettate raccolgano effettivamente le intenzioni dell'utente, è stato realizzato un prototipo parziale dell'interfaccia.

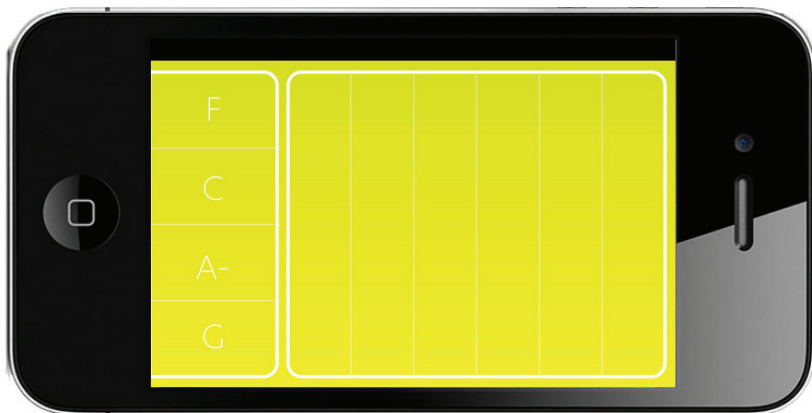


Fig. 55 - MockUp #1

Questo mockup (fig. 55) consiste in una web-view che presenta una selezione fissa di quattro accordi sulla sinistra e sei tasti sulla destra che emettono note rispettando la struttura melodica progettata. Nel mockup non vi sono tutte le dinamiche espressive come le gesture, la possibilità di usare il multitouch e controllare l'intensità: l'unico gesto consentito è il tap.

Sono stati poi analizzati una serie di profili utente (fig. 56-59) che coprissero tutti gli eventuali utilizzatori dello strumento.

I quattro profili sono stati poi ricercati in alcuni utenti a cui è stato sottoposto il mockup.

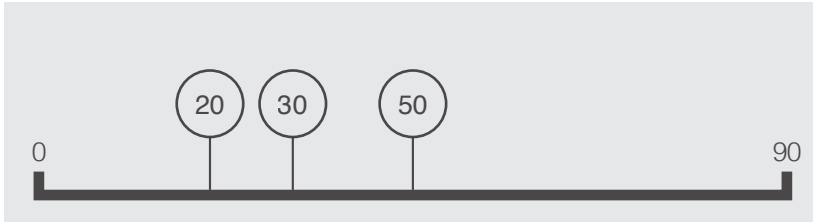


Fig. 56 - Età

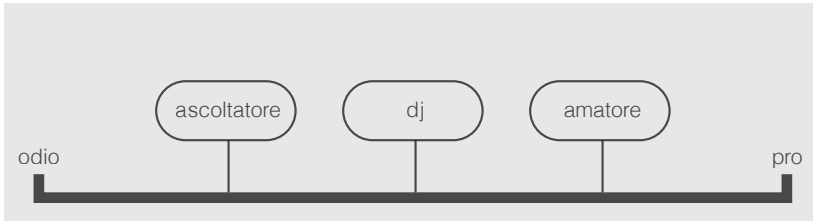


Fig. 57 - Attitudine musicale

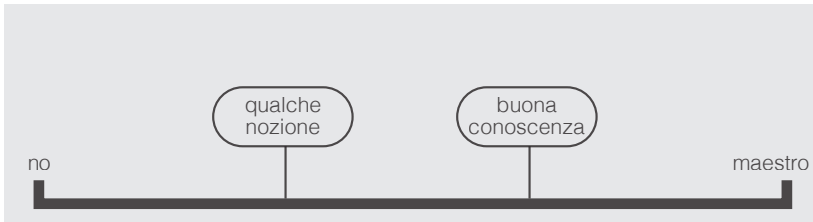


Fig. 58 - Conoscenza musicale

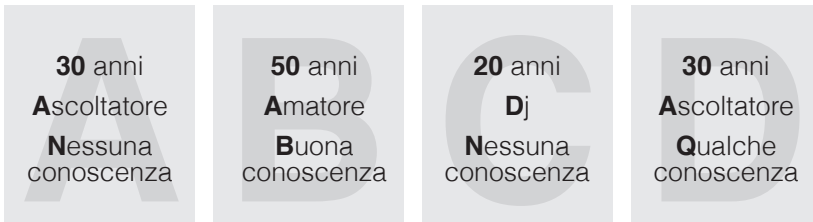


Fig. 59 - Elaborazione 4 profili

Le conclusioni emerse rispetto al wireframe proposto sono state:

- l'utente privo di attitudini compositive ha avuto difficoltà ad avvicinare all'interfaccia;
- l'assenza di conoscenze musicali non ha ostacolato la produzione di melodie orecchiabili;
- l'assenza di conoscenze musicali rende incomprensibile il valore delle lettere poste nell'interfaccia.

Si è poi notato durante i test che gli utenti cercavano delle interazioni non presenti ma che si aspettavano, tra cui:

- trascinare il dito in orizzontale e verticale;
- premere con più forza;
- premere in diverse zone rispetto all'asse verticale;
- usare più dita;
- tenere il dito premuto.

Questo primo test quindi ha portato alla realizzazione di un secondo mockup (fig. 60), con l'aggiunta di un colore per ogni accordo.



Fig. 60 - MockUp #2

Tutti gli utenti hanno accolto questa variabile aggiunta comprendendo il perché la struttura melodica dinamica cambiasse attribuendo la motivazione a ciò che accadeva nella parte sinistra.

In base a tutti i feedback emersi si è quindi modificata l'interfaccia e si è realizzato il wireframe definitivo.

4.5 Wireframe

La ricerca fatta e le conclusioni a cui si è giunti attraverso la prototipazione, hanno finalmente condotto alla realizzazione del wireframe.

Per la realizzazione, il wireframe è stato pensato sulla base delle dimensioni di un iPad, un dispositivo compatibile con la tecnologia su cui ci si è basati nella progettazione.

Come già anticipato, lo schermo sarà diviso in tre zone (fig. 61), ognuna corrispondente ad un livello di complessità diversa:

- Più a destra troviamo la parte che verrà suonata con la mano destra e che servirà a formulare le melodie;
- Più a sinistra ci sarà la parte che si suonerà con la mano sinistra, dove verranno forniti gli accordi rispettando la Hooktheory e dove quindi si realizzerà l'armonia;
- All'estrema sinistra poi si avrà un tracciato che registrerà gli accordi suonati nella creazione della progressione, in modo da permetterne una replica.

La parte sinistra sarà costituita da un'area in cui l'utente si può muovere liberamente. L'unico indizio dato sarà una fila di puntini equidistanti che funzioneranno come quelli che si possono trovare nelle chitarre: ogni puntino corrisponde ad un'area che suonerà una nota rispettando la struttura melodica, e i puntini più grandi indicheranno dove iniziano le ottave e quindi dove si trova la tonica. Questa fila è posizionata verticalmente a metà schermo in quanto indica anche la linea dove si avrà l'intensità della nota normale. Suonando al di sopra della linea si otterranno delle note ad un'intensità maggiore e viceversa al di sotto della linea suoneranno note con intensità inferiore.

Oltre ad avere un peso organizzativo nell'interfaccia, quell'insieme di pallini funge anche da suggerimento per l'utente sull'azione successiva da compiere, quindi permette di iniziare a suonare e ad esplorare l'interfaccia per capirne appieno tutte le funzionalità.

Nella parte dedicata all'armonia si partirà con una selezione di sei accordi, quelli che secondo la HookTheory sono i più usati per iniziare una progressione armonica.

Questi accordi sono disposti in cerchio e sono organizzati secondo il modo, quindi gli accordi maggiori sono in alto e quelli minori in basso:

al centro ci sarà in alto l'accordo di tonica, in questo caso il *do* e al vertice

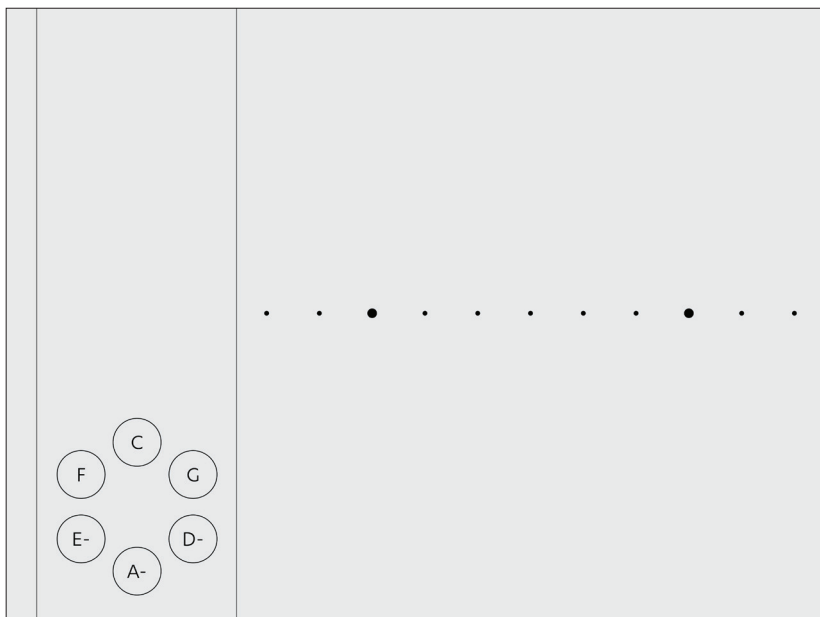


Fig. 61 - Wireframe #1

opposto il suo accordo relativo minore, il *la minore*; alla sinistra dell'accordo di tonica ci sarà l'accordo basato sul IV grado, e a destra quello basato sul V grado, quindi il *fa* e il *sol*; ai vertici opposti di questi ultimi due si troveranno poi i loro relativi minori, ovvero il *re minore* e il *mi minore*.

Una volta che si decide da quale di questi accordi iniziare a suonare, partiranno dall'accordo selezionato dei suggerimenti su cosa suonare successivamente, e così via fino ad arrivare al massimo ad una progressione di quattro accordi (fig. 62-65).

Ogni volta che vengono suggeriti gli accordi successivi viene proposto, qualora rispettasse le regole armoniche, anche l'accordo di partenza in modo da poter riiniziare la progressione armonica senza dover arrivare a selezionare il quarto accordo.

Se si volesse invece riiniziare proprio da un altro accordo, basterà premere sul tasto che presenta il disegno della configurazione iniziale e si potrà ripartire da zero (fig. 66).

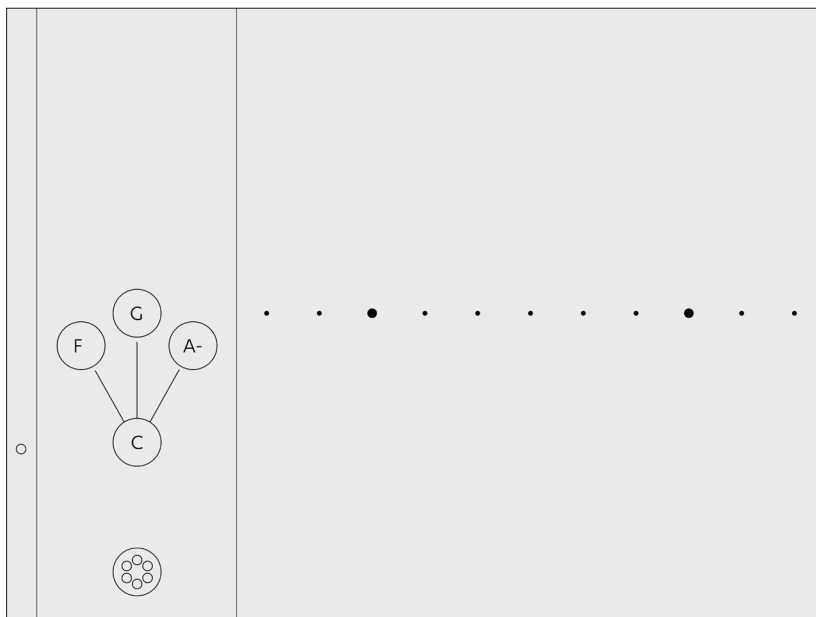


Fig. 62 - Wireframe #2

Se si prosegue fino alla realizzazione di una progressione armonica completa, sulle fasce all'estrema sinistra viene segnato tutto il tragitto armonico che si compie e, quando si arriva a risuonare l'accordo iniziale, viene suggerito che la progressione è completa e che la si può ripercorrere visualizzando i riferimenti per colore e posizione degli accordi precedentemente suonati.

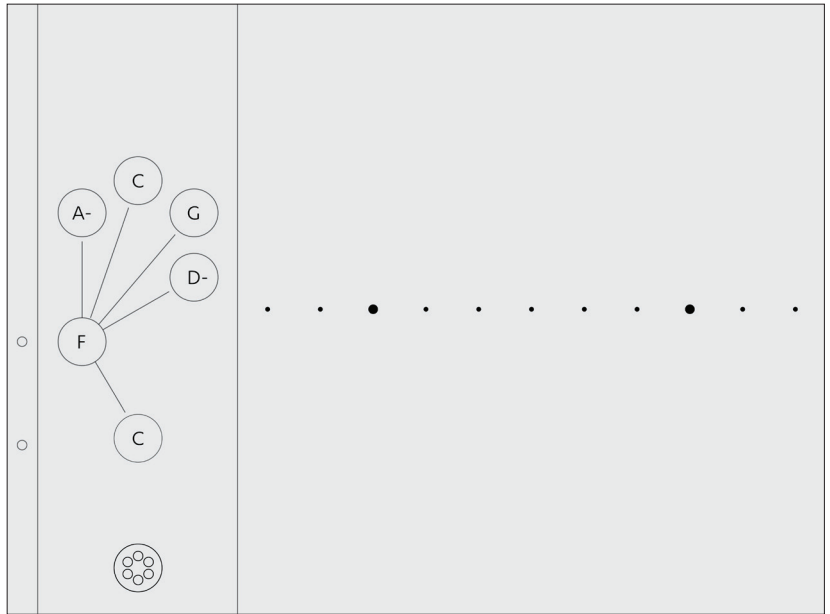


Fig. 63 - Wireframe #3

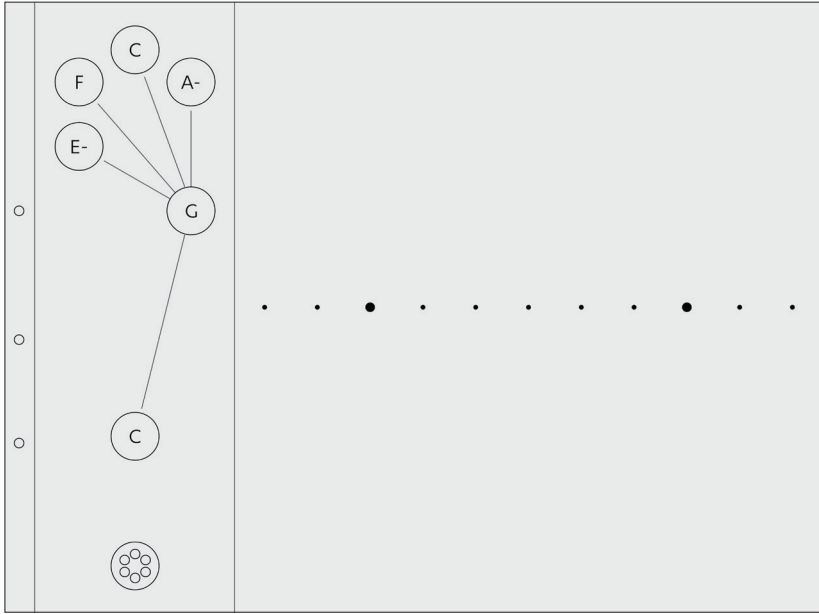


Fig. 64 - Wireframe #4

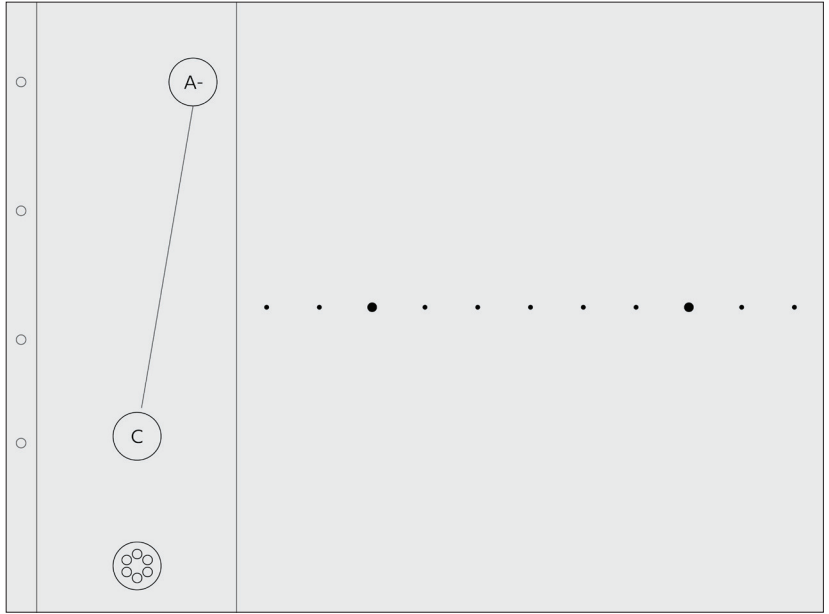


Fig. 65 - Wireframe #5

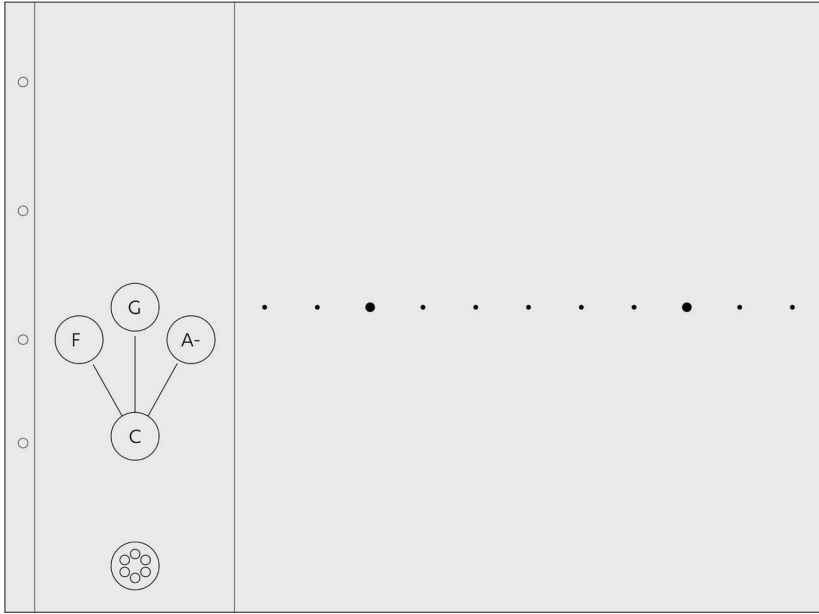


Fig. 66 - Wireframe #6

4.6 Visual

Si è scelto di utilizzare una veste grafica minimale e astratta per agire sull'evocazione delle sensazioni sonore anziché realizzare una simulazione di qualche altra interfaccia musicale esistente (fig. 67-72).

Questa scelta è risultata ovvia fin dalle premesse in quanto da subito il progetto è stato pensato per un'utenza non esperta nel campo musicale e, pertanto, nella maggior parte dei casi, qualsiasi riferimento al linguaggio usato nella musica è stato eliminato.

Gli accordi della sezione dedicata all'armonia sono infatti indicati con la nomenclatura anglosassone, ma sono anche rappresentati da oggetti colorati. Più precisamente questi oggetti sono dei cerchi colorati che presentano un gradiente utile a conferire una sorta di spessore all'oggetto tanto da farlo percepire come qualcosa di più complesso rispetto alla singola nota.

Inoltre, i toni di colore usati, sono stati scelti in base alla temperatura in relazione con il modo dell'accordo: i gradi minori che provocano una sensazione di tristezza sono stati associati per analogia con i toni freddi; i gradi maggiori che invece provocano una sensazione di allegria, sono stati associati ai toni caldi.

La disposizione della rosa iniziale degli accordi precedentemente descritta, è stata fatta secondo delle regole armoniche. L'assegnazione dei colori ai singoli accordi ha seguito una regola simile: una volta scelti i toni associati agli accordi maggiori, è stato assegnato a ciascun relativo accordo minore il colore complementare del colore associato all'accordo maggiore.

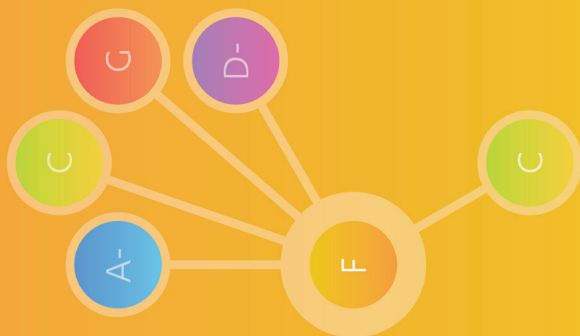
L'associazione colore-suono ha anche una funzione mnemonica: dal momento che, infatti, è più difficile ricordare un suono, l'accostamento ad un colore aiuta a ricordare i suoni eseguiti, come avveniva nel famoso gioco Simon degli anni '80.

Questa dinamica aiuta inoltre ad allenare l'orecchio ad apprezzare i suoni consonanti.

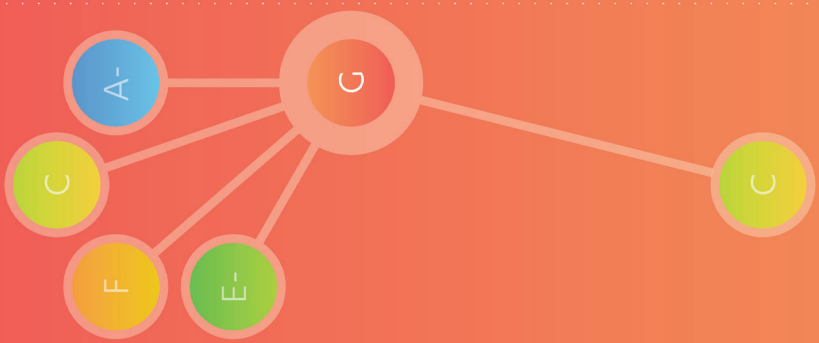
La parte visuale, oltre a comunicare il valore degli oggetti presenti sull'interfaccia, ha anche il compito di dare dei feedback rispetto alle funzioni eseguite dall'utente. Le gesture infatti avranno un feedback che farà capire che il gesto è stato recepito dal sistema. Ogni gesture avrà inoltre un suo feedback per indicare anche l'effetto della gesture realizzata.

Questi feedback visivi sono stati realizzati simulando i cerchi nell'acqua che sono a tutti gli effetti un segno visivo della propagazione di un'onda sonora.

.....



.....



4.7 Possibili sviluppi

4.7.1 Coniugazione in altri generi musicali

Dominanti, sottodominanti e cadenze perfette sono tre concetti comuni e molto utili nella teoria musicale, soprattutto nella musica popolare occidentale. Ma non avviene lo stesso per altri generi come il rock, il blues, il gospel, il soul o il flamenco. Alcuni generi non contemplano dominanti, sottodominanti e cadenze perfette ma hanno altre regole armoniche che funzionano altrettanto bene. Questi concetti sono stati esaminati a fondo da Philip Tagg, e potrebbero essere applicati a EXPressive Music seguendo lo stesso procedimento di ricerca e progetto.

4.7.2 JAM On-line

La realizzazione di EXPressive Music è stata fin dall'inizio indirizzata verso un utilizzo analogo a qualsiasi strumento musicale.

È stata presa in considerazione, come abbiamo visto, la possibilità di suonare con altre persone: sull'interfaccia compaiono segni che appartengono al linguaggio musicale e che servono, appunto, a comunicare con persone che suonano strumenti musicale convenzionali e che quindi comprendono il valore di quei segni, seguendo così tutti insieme una linea comune.

Se invece si suonasse insieme a persone che utilizzano a loro volta EXPressive Music, non occorrerebbe utilizzare i segni del linguaggio musicale, ma basterebbe usufruire del linguaggio cromatico.

Un possibile ulteriore sviluppo potrebbe essere la Jam On-line, ovvero fornire una modalità che permette dall'interno dell'applicazione di connettersi in rete con altri utenti che stanno utilizzando la stessa funzione, e suonare insieme (fig. 73).

Questo ovviamente richiede che un utente crei la sua band virtuale e che poi un numero finito di persone ricoprano un ruolo preciso all'interno di questa band virtuale.

Il creatore della band sarà colui che disporrà anche della parte armonica, tutti gli altri invece avranno solo la parte melodica. Ciascun utente, in base al ruolo

scelto (fig. 74), suonerà su un'ottava diversa in modo che il complesso totale copra tutta la gamma di suoni: basso, tenore, contralto e soprano. Questa suddivisione in estensioni diverse permette di non creare sovrapposizioni dissonanti di note in quanto note appartenenti a gradi vicini, se suonate a distanza di un'ottava, non creano l'effetto della banda critica.

Durante la JAM On-line ogni strumento sarà identificato da una feedback visivo di forma diversa (fig. 75).

Per l'associazione tra forma e suono ci si è basati sulle teorie di Kandinsky.

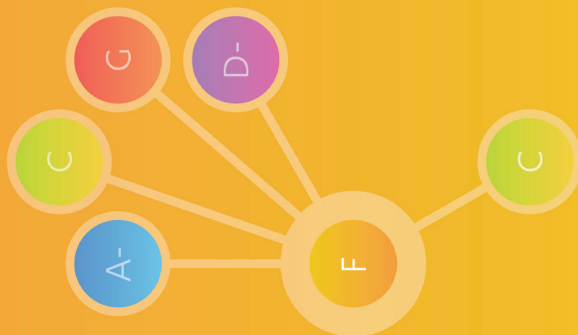
Sullo schermo appariranno quindi sia i feedback visivi dello strumento che l'utente sta suonando, sia i feedback degli altri musicisti in maniera più sottile. Questo crea un effetto "avatar", durante il quale ogni esecutore si immedesima in quello che suona amplificando la percezione di presenza degli utenti connessi, oltre che fornire una restituzione visiva di ciò che gli altri suonano.

PLAY

JAM

Select Instrument





Bibliografia

Alton Everest F., Manuale di acustica, Editore Ulrico Hoepli, 1994

Alvey, R.G., Dulcimer Maker: The Craft of Homer Ledford, University Press of Kentucky, 2003

Anderson C., Carlton D., Miyakawa R., Hooktheory I, 2011

Basevi A., Studi sull'armonia, Gio. Gualberto Guidi, 1865

Basso, A. (a cura di), Dizionario Enciclopedico Universale della Musica e dei Musicisti, UTET, 1984

Buxton B., Gesture Based Interaction, 2011

Cohn R., Russell J., Tod Machover, Book on Demand, 2012

deNatale M., Strutture e forme della musica come precessi simbolici, 1978

Drioli C., Orio N., Elementi di Acustica e Psicoacustica, 2004

Dourish P., Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction, Bradford Books, 2004

Frova, A., La scienza di tutti i giorni, Rizzoli, 2010

Henderson H., Hendrix - passione e morte di un voodoo rocker, Arcana Editrice 1983

Hornbostel E., Sachs C., "Systematik der Musikinstrumente: ein Versuch", Zeitschrift für Ethnologie, XLVI, 1914

Isaacson W., Steve Jobs, Mondadori, 2011

Itten J., Arte del colore, il Saggiatore, 1961

- Karam M., Schraefel M. C., A Taxonomy of Gestures in Human Computer Interaction, University of Southampton, 2005
- Kartomi M. J., On Concepts and Classifications of Musical Instruments, University of Chicago Press, 1990
- Kandinsky W., Punto linea superficie, Biblioteca Adelphi 16, 1968
- Kvifte T., Instruments and the Electronic Age, Taragot Sounds, 2007
- Le Caine, H., Touch-Sensitive Organ Based on an Electrostatic Coupling Device, in Journal of the Acoustical Society of America, XXVII, 4, July 1955
- Lysloff R. T. A., Matson J., Ethnomusicology Vol. 29, 1985
- Mahillon, V.C., Catalogue descriptif & analytique du Musée Instrumental du Conservatoire Royal de Musique de Bruxelles, A. Hoste, 1900
- Maiocchi M., Pillan M., Design e comunicazione, Alinea, 2009
- Marchetta V., Passaggi di Suond Design, FrancoAngeli, 2010
- McLuhan M., Gli strumenti del comunicare, Il Saggiatore, 1967
- McNeill D., Hand and Mind: What gestures reveal about thought, University of Chicago press, 1992
- Mehta N., A Flexible Machine Interface, University of Toronto, 1982
- Miani A., Regole per giocare con la musica, 2011
- Nuti, G., Manuale di storia della chitarra – volume 2°: La chitarra nel ventesimo secolo, Bèrben, 2009
- Plaisant C., Sears H., Shneiderman B., A new era for touchscreen applications: High precision, dragging icons, and refined feedback, 1990
- Porta, E., Il violino nella storia: maestri, tecniche, scuole, EDT, 2000

- Ramey M., *A Classification of Musical Instruments for Comparative Study*, Los Angeles, University of California, PhD dissertation, 1971
- Rattalino, P., *Manuale tecnico del pianista concertista*, Zecchini Editore, 2007
- Reinhard K., “Beitrag zu einer neuen Systematik der Musikinstrumente”, *Die Musikforschung*, XIII, 1960
- Riccò D., *Sinestesia per il design. Le interazioni sensoriali nell’epoca dei multi-media*, Etas, 1999
- Rima and Schiaratura, 1991
- Saffer D., *Designing gestural interface*, Sebastapool, CA: O’Reilly, 2009
- Sakurai T., “An Outline of a New Systematic Classification of Musical Instruments”, *Journal of the Japanese Musicological Society*, XXV n.1, 1980
- Schaeffner A., “D’une nouvelle classification méthodique des instruments de musique”, *Revue Musicale*, 1932
- Shneiderman B., *Direct Manipulation: A Step Beyond Programming Languages*, IEEE Computer, 1983
- Staro, P., *Le vie armoniche. Scritti sulla fisarmonica, l’organetto e la danza in onore di Primo Panzacchi e dei fisarmonicisti di Monghidoro*, Nota, 2009
- Tagg P., *La tonalità di tutti i giorni*, Saggiatore, 2011
- Tintori, G., *Gli strumenti musicali*, tomo II, UTET, 1971
- Wang. G, *Designing Smule’s iPhone Ocarina*, Stanford University, 2009
- Wellner P., *The DigitalDesk calculator: tangible manipulation on a Desk Top Display*, University of Cambridge Computer Laboratory, 1991
- Zingale S., *Sussidiario di semiotica*, ATi editore, 2007