

Errata Corrige

- p. 82, Figura 20, al posto di “sesnori” inserire “sensori”.
- p. 107, Figura 26, seconda riga, eliminare il punto dopo la scritta “Elsevier Brazil” e al posto di “Brasil” inserire “Brazil”.
- p. 251, decima riga, sostituire “MA” con “AM” .



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE LA EXPRESIÓN MUSICAL,
PLÁSTICA Y CORPORAL**

TESIS DOCTORAL:

**L'INTERAZIONE NELLE TECNOLOGIE MUSICALI
DI REALTÀ MISTA: IL PROTOTIPO
E-MOCOMU COME ESEMPIO MULTIMODALE
CON PROPOSITI TERAPEUTICI**

Presentada por Elena Partesotti para optar al grado
de doctora por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

Dra. Alicia Peñalba Acitores

Dr. Jônatas Manzolli

ABSTRACT

The main goal of this thesis is to study the interaction between the subject and the object within MIR (Mixed Interactive Reality) technologies from a therapeutic perspective. To see how this interaction works, I first consider the general structures of DMI (Digital Musical Interface) technologies, then look at the recently-developed motion capture system (MOCAP), and end by proposing six technologies of relevance to this context. These interactive technologies are significant in the HCI (Human Computer Interface) scenario, from both a historical and an applicative point of view.

The first and second parts of this paper serve to introduce the theoretical aspects of the interaction. All the technologies described are grounded in the interaction between the action and the subject's perception of it. In the third part of the thesis, I describe proprioception, shaped by receptors that are fundamental both to movement and to self-awareness. I thus investigate the perceptive dimension of the interaction, referring to some fundamental theories on the philosophy of the body. This is useful for the purpose of taking a holistic perspective, based on the consideration of the human being as the subject, and the technological environment as the object. I then first discuss Presence, a concept acquired by other authors that I revisit within the interactive environment, which becomes a second "presence" interacting with the user. Then I introduce Gibson's theory of visual perception, lingering on the concept of Affordance, which refers to the characteristics of the environment offered to the subject. I continue with the notion of IS (Image Schemata) and Johnson's metaphor, which is functional to the comprehension of the MIR environment. The Sensorimotor Contingency Theory (SCT) advanced by O'Regan and Nöe is also helpful for elucidating how sensorimotor contingencies are involved in the perceptive process, within an interactive system. Finally, the Philosophy of Empowerment, interwoven with the aforementioned concepts, includes the experience and the perception that occurs with full control over our actions during the interaction. Bearing this theoretical basis in mind, we can understand the cross-modal interaction that takes place in a holistic view of the interaction between subject and object, in more than one sensory modality at a time. So it seems that images and sounds take part in this sensory integration that the user can experience within a MIR.

To understand how this sensory integration happens, we should go back to basics: how we perceive colors, and the link that can exist between color and sound. This correlation already exists in nature under the name of chromesthesia (a form of synesthesia), which is produced by an interaction of two sensory modalities in the brain.

In the fourth part of this paper, I offer a few conceptual contributions based on theoretical notions, adapted to the field of HCI, following a therapeutic trajectory. This research conceives music therapy as one of the appropriate fields for the application of this technology, which already existed in prehistoric times and has been reconsidered since the 20th century. Today, its efficacy is being studied by the scientific community. Several studies have shown that mixed and virtual technology can be a useful tool for supporting therapeutic interventions, to improve motor abilities, emotional and expressive capacities, and communication, for instance. My contribution concerns the interaction between the subject and the Presence (in the sense of the interactive environment), thus considering the action of the subject as mediated by perception, as suggested by Embodied Cognition.

Within this holistic approach, Multiple Affordances (MA) which are the possible paths made available to the subject by the Presence and determined by the subject's exploration of the environment. This experience stems from a mapping done *a priori*. Enclosed by the MA, we find the Sensorimotor Maps (SM) that derive from the exploratory and perceptual process. These maps involve the creation of sensorimotor paths linked to changes produced by the information arriving from the environment with the performer's movements. The concept of Creative Empowerment (CE) therefore relies on the MS, as happens when the subject gains full control over the technology, and is therefore capable of creative expression, self-control and awareness.

To better elucidate the salient features of a MIR technology for the music therapy setting, I developed a prototype and conducted an experiment during a period of research in Brazil (Unicamp). A crucial section of this thesis focuses on this research effort, which involved studying the correspondence between the sounds and colors to be used in the audiovisual design of the e-mocomu prototype, by implementing the aforementioned contributions and concepts. E-mocomu stands for *e-motion*, *color* and *music*, and is an interdisciplinary technology developed

with the primary aim of enabling users to control sounds and colors by means of their movements in space. The conceptual contributions take shape in the experimental work conducted, which underscores the potential of a music-therapy-oriented MIR technology. The experiment examined how participants interacted with their bodily performance by administering questionnaires on valence and arousal before and after the trial, and observing differences in the participants' CE. The relationship between perception and action emerges, based on the cross-modal interaction, through MA, SM, and CE. This relationship is made possible by the mapping, a crucial step in any MIR technology, and by the concept of Presence as an "agent" that interacts with the subject.

Though still a limited prototype, e-mocomu is a good tool for identifying possible therapeutic applications of RMI technologies, and for observing the link existing between technology and creativity. In the last part of the thesis I thus propose some potential applications of a MIR technology in the therapeutic setting.

With this research, I hope to have offered a different, HCI-driven slant on the field of music therapy, as well as some helpful insight on the therapeutic process, both for the therapist and for the client.

ABSTRACT

El objetivo principal de esta tesis radica en el estudio de la interacción que ocurre entre el sujeto y el objeto en el campo de las tecnologías RMI (Realidad Mixta Interactiva), desde una perspectiva terapéutica. Por lo que, con el objetivo de observar cómo funciona dicha interacción, he considerado en primer lugar las estructuras generales de las tecnologías IDM (Interfaz Digital Musical), y en segundo, los recientes sistemas de captura de movimiento (MOCAP), proponiendo unas pocas tecnologías consideradas relevantes en este contexto. Las seis tecnologías escogidas son ejemplos significantes en el escenario IHC (Interfaz Humana Computarizada), desde un punto de vista histórico y como aplicación. La primera y segunda parte da pie a introducir la sección teórica en la interacción.

Todas las tecnologías descritas están basadas en la interacción, consideradas como acción del sujeto y percepción. En la tercera parte de la tesis, he considerado necesario describir la propiocepción, formada por receptores básicos responsables del movimiento del proceso de conciencia. Como resultado, me he enfrentado a la dimensión perceptiva de la interacción, refiriéndome a algunas de las más importantes teorías de la filosofía del cuerpo. Esta es útil a la hora de proponer una perspectiva holística, basada en la consideración del ser humano como sujeto y del entorno tecnológico como objeto. En esta tercera parte hablo también de la Presencia, un concepto adquirido de otros autores que considero desde una trayectoria de ambiente interactivo, que se concibe como una segunda “presencia” que interactúa con el usuario. Más tarde introduzco la teoría de la Percepción Visual de Gibson, insistiendo en el concepto de Affordance, que se refiere a las propiedades del ambiente ofrecido al sujeto. Continuo con la noción de IS (Image Schemata) y la metáfora de Johnson, que se vuelve funcional por la comprensión del entorno RMI. La teoría de las contingencias sensoriomotoras de O'Regan y Nöe es, asimismo, útil para entender cómo las contingencias sensoriomotoras están relacionadas con el proceso receptivo dentro de un sistema interactivo. Finalmente, la Filosofía del Empoderamiento, entrelazada con los conceptos mencionados previamente, incluida la experiencia y la percepción que sucede con un control absoluto sobre nuestras acciones durante la interacción. Teniendo presente estas bases teóricas, es posible entender la interacción modal cruzada que toma lugar desde una perspectiva holística en la interacción sujeto-objeto, esto es,

más de una modalidad sensorial simultáneamente. Por lo cual, parece que las imágenes y sonidos toman lugar en la integración sensorial que el usuario puede experimentar en una RMI.

Para entender cómo sucede esta integración sensorial, tendríamos que empezar desde lo básico: cómo percibimos los colores, y que enlace existiría entre color y sonido. Esa correlación está ya presente en la naturaleza, conocida como chromesthesia (una forma de synaesthesia), que se produce por la interacción de dos modalidades sensoriales en el cerebro.

En la cuarta parte, propongo algunas contribuciones conceptuales basadas en las nociones teóricas, adaptadas al campo de la IHC, con una trayectoria terapéutica. Esta investigación, de hecho, concibe la musicoterapia como uno de los campos de aplicación tecnológica, el cual ya existía en la era prehistórica y ha sido reconsiderado desde el siglo XX. Hoy en día, es estudiado por la comunidad científica que evalúa su eficacia. Varios estudios revelan cómo la tecnología podría ser un instrumento útil para apoyar las intervenciones terapéuticas, así como también para mejorar habilidades motoras, emocionales y capacidades expresivas y de comunicación. Las contribuciones que propongo, toman lugar en la interacción entre el sujeto y la Presencia, considerando, por tanto, la acción del sujeto, la cual es mediada por la percepción, como la teoría de la Embodied Cognition sugiere.

Desde esta aproximación holística emerge la teoría de las Múltiples Affordances (MA), que son las vías posibles ofrecidas al sujeto por la Presencia y determinadas por su exploración del entorno. Esta experiencia deriva del mapping determinado a priori. Adjunto a las MA, encontramos los mapas sensoriomotores (MS), que derivan de la exploración y del proceso perceptivo. Incluyen la creación de vías sensoriomotoras, conectadas a los cambios producidos por la información del entorno con los del cuerpo del performer. El concepto de Empoderamiento Creativo (CE) depende de las MS, tal y como sucede cuando el sujeto adquiere el control máximo sobre la tecnología, que se materializa por la adquisición de la expresión creativa, el auto control y la consciencia.

Para entender adecuadamente las características más importantes de una tecnología RMI, dentro del contexto de la musicoterapia, he desarrollado un prototipo y he realizado un

experimento durante un periodo de la investigación en Brasil (Unicamp). Aquí se enraíza una parte crucial del trabajo, los resultados del cual, a partir del estudio de la correspondencia entre sonido y color usados en el diseño audiovisual del prototipo e-mocomu, implementan las contribuciones y conceptos mencionados con anterioridad. E-mocomu es el acrónimo de e-moción, color y música, y es una tecnología interdisciplinar desarrollada con la intención de permitir al usuario controlar sonidos y colores a través de sus movimientos en el espacio. Las contribuciones conceptuales, toman forma durante el experimento subrayando cuál es la potencialidad que una tecnología MIR orientada en la Musicoterapia debería ofrecer. El experimento evidencia la interacción de los participantes a través de la performance de sus cuerpos, en respuesta a las cuestiones de valencia y arousal, antes y después del test, y observando las diferencias en el EC de diversos sujetos. Así pues, la relación entre percepción emerge, basada en la interacción cross-modal y la acción, a través de MA, MS y EC. Esta relación se hace posible con el mapping, un paso crucial en cualquier tecnología RMI, y por el concepto de Presencia como “agente” que interacciona con el sujeto.

E-mocomu, aunque sea un prototipo limitado, es sin duda una buena herramienta para observar las posibles aplicaciones terapéuticas, y el nexo que podría existir entre tecnología y creatividad. Así pues, en la última parte propongo algunas características que una tecnología RMI podría ofrecer en el campo de la terapia.

Con esta investigación espero haber ofrecido una orientación al campo de la Musicoterapia, conducida por IHC, así como una perspectiva útil para el proceso terapéutico, tanto hacia el terapeuta como hacia el paciente.

I hereby declare that this submission is my own work and it does not contain any material previously published or written by another person, except where explicitly acknowledged. In particular, this thesis contains entirely or parts of the following papers, essays and work of mine:

- **Partesotti E.**, “A multidisciplinary technology for therapeutic and pedagogical purposes” Proceedings of V international Congress on Visual and Artistic Education, March 2015
- Peñalba A., Valles M.J., **Partesotti E.**, Castañón R., Sevillano M.A. “Types of interaction in the use of MotionComposer, a device that turns movement into sound” Proceedings of ICMEM, Sheffield, 2015
- Peñalba A., Valles M.J., **Partesotti E.**, Castañón R., Sevillano M.A. (2015) “Gesturality and technology: restricting or expanding?” *METABODY* Journal of Metacultural Critique nº1, pp.52-53.
- **Partesotti E.**, Tiago Fernandes, “Color and Emotion caused by auditory stimuli”, Proceedings of ICMC –CMC, September 2014, pp. 900-904.
- **Partesotti E.** “What is Music Therapy?” in *Cultura da Vivere al Museo Storico del Bottone*, September 2014.

Manuscripts in preparation:

- **Partesotti E.**, Peñalba A., Manzolli J. “Interactive Technology in the assessment and treatment of the client in Music Therapy.”
- **Partesotti E.** “Luigi Nono and the Pink Floyd in Venice”

Indice

I PARTE _____	25
INTRODUZIONE _____	25
1. Introduzione _____	27
1.1. Motivazioni e giustificazione _____	28
1.2. Metodologia _____	32
1.2.1. Ricerca documentale _____	33
1.2.2. Tecnica qualitativa strutturale e interpretativa _____	34
1.2.3. Tecnica qualitativa di base fenomenologica _____	34
1.2.4. Prodotto sperimentale _____	35
1.3 Prospettive _____	35
1.4. Obiettivi _____	38
1.5. Ipotesi _____	38
1.6. Organizzazione della tesi _____	39
II PARTE STATO DELL'ARTE _____	43
2. Tecnologie interattive _____	45
2.1 Era Digitale _____	45
2.2. Un nuovo concetto di strumento musicale _____	46
2.2.1. NIME: New Interface for Musical Expression _____	47
2.2.2. DMIs: Digital Musical Interfaces _____	48
2.2.2.1. <i>Controller Gestuali: tipologia e descrizione</i> _____	52
2.2.3. Metodologie per l'acquisizione e analisi del gesto _____	56
2.2.3.1. <i>Acquisizione diretta del gesto</i> _____	58
2.2.4. Mapping _____	63
2.3. Panorama _____	65
2.3.1. Brain opera _____	66
2.3.2. ADA: intelligent space _____	71
2.3.3. ReactTable e Biophilia _____	76
2.3.4. SoundBeam _____	81
2.3.5. CARE HERE _____	83
2.3.6. Motion Composer _____	84
III PARTE PROSPETTIVE TEORETICHE _____	91
3. IUM: percezione e propriocezione _____	93
3.1 Percezione visuale _____	94
3.2 Propriocezione _____	100
3.2.1. Definizione _____	104
3.2.2. Tipi _____	106
3.2.3. Funzioni _____	108
3.2.4. Propriocezione e autoscienza _____	109
3.3 Una classificazione basata su propriocettori _____	111
3.3.1. Interazione basata sui propriocettori dell'equilibrio _____	112
3.3.2. Interazione basata sui propriocettori tattili _____	113
3.3.3. Interazione basata sui propriocettori motorii _____	113

3.4 Movimento	113
4. Realtà Mista Interattiva	117
4.1 Il corpo e la tecnologia	118
4.1.1 Presenza	119
4.1.2 Il corpo, l'ambiente e le affordances	122
4.1.3 Metafora, Image Schemata e movimento	129
4.1.4 Teoria delle Contingenze Sensomotorie	133
5. Integrazione incrociata modale e tecnologia	139
5.1. Colori	141
5.2. Suoni colori ed emozioni	144
5.3 Synaesthesia	148
5.4 Una teoria sulla corrispondenza tra suoni e colori	153
5.4.1. Panorama	155
5.4.2. La teoria di Luigi Veronesi	164
6. Filosofia dell'Empowerment	171
6.1. Empowerment Psicologico e musicoterapia	174
IV PARTE CONTRIBUTI	179
7 Musicoterapia	181
7.1 Il campo applicativo della musicoterapia e alcune implementazioni tecnologiche	189
7.2 Affordances Molteplici	200
7.3. Empowerment Creativo	208
7.4. Schema Concettuale	212
8. Proposta del modello RMI e-mocomu (e-motion, color and music)	217
8.1 Tecnologia	218
8.2 Mapping	220
8.3 Design audiovisuale	224
8.4 Propriocezione e movimento in e-mocomu	227
8.5 Esperimento	228
8.5.1 Introduzione	228
8.5.2 Motivazioni	229
8.5.3 Architettura dell'esperimento	231
8.5.4 Procedura	234
8.5.5 Analisi	237
8.5.6. Risultati	239
8.5.7. Discussione	244
V PARTE CONCLUSIONI FINALI E APPLICAZIONI	253
9. Conclusioni	255
9.1. Potenzialità terapeutiche del mezzo tecnologico	260
Bibliografia	269
Siti web	288
Indice delle abbreviazioni	289
Indice delle Figure	291

Appendice	293
------------------	------------

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare i professori e il personale del Dipartimento di Didattica della Espressione musicale, plastica e corporale, in particolare la Prof.ssa Alicia Peñalba per il supporto, il tempo dedicatomi e per gli scambi di opinione fruttuosi, grazie ai quali ho potuto osservare da diverse prospettive molti argomenti di questa tesi. Il Prof. Jônatas Manzolli per gli utili consigli e per i lunghi e piacevoli scambi di impressioni e di idee, per appoggiare il mio progetto tecnologico aiutandomi nel design dell'esperimento, del prototipo e molto altro ancora. Grazie ai suoi suggerimenti è nato concretamente e-mocomu. Grazie dunque ai miei relatori per la guida sapiente nella stesura di questo lavoro di ricerca. Prof.ssa Soterraña Aguirre per l'appoggio di questi anni e per avermi dato l'opportunità e la fiducia di sviluppare la mia investigazione. Nicola Orio per le opinioni costruttive e la grande disponibilità, Enrique Cámara per l'aiuto e Maria José Valles per l'inizio di questo lavoro. Andrea Schiavio per le interessanti prospettive e il prezioso aiuto. Lo staff del Laboratorio NICS per il supporto e la professionalità, anche oltre oceano, tra cui in particolare Edelson Costantino.

Un ringraziamento particolare va al mio compagno, alla mia famiglia, e ai miei nonni materni, al loro ricordo, alla loro costante fiducia e al supporto degli anni passati. Senza di loro non sarei diventata quella che sono. A mia nonna devo l'interesse e lo studio della musicoterapia, grazie.

Ringrazio anche gli amici e i colleghi che hanno condiviso con me alcune tappe di questo percorso, incoraggiandomi, in particolare Helena per la professionalità, per il design del logo di e-mocomu, per i poster di tutti i congressi, un grazie anche per la concezione del nome stesso di questa tecnologia, che per molto tempo è rimasta solo un progetto ideale nato da discussioni creative tra Helena, Pau e me. Grazie a Frances per l'aiuto nelle traduzioni di questi anni, a Cornedo per offrirmi la cornice ideale dove pensare e studiare.

Ed ancora, grazie Pau, per l'instancabile e positivo sostegno di questi anni, gracias por estar siempre presente.

In ricordo di mia nonna.

A Pau.

Alla mia famiglia.

“... because the essence of technology
is nothing technological..”

Heidegger, 1977

I PARTE

INTRODUZIONE

1. Introduzione

La tesi dottorale presentata, nasce dalla ricerca nel campo della tecnologia della musica per la progettazione Interfaccia Uomo-Macchina (IUM, Human Computer Interface) e di prototipi per la riabilitazione terapeutica, la filosofia cognitiva della musica e la musicoterapia. Tutte queste discipline, ad eccezione della musicoterapia che ha radici ben più antiche, dagli anni 1980-90 continuano ad avere un costante sviluppo ed una chiara traiettoria di studio anche negli anni a venire. La tecnologia della musica abbraccia diverse teorie. Come materia universitaria, nasce solo recentemente e riguarda lo studio della tecnologia applicata alla musica, sia riguardo la produzione musicale e composizione con computer, che come programmazione computazionale nella progettazione di tecnologia musicale. Di Scipio (2004), al riguardo, definisce la tecnologia della musica come "... nicchia di attività e pratiche creative che si articolano nel progettare e rendere operanti gli strumenti, le funzioni e rappresentazioni condivise o individuali, che costituiscono per esempio l'ambiente di lavoro di un compositore, la sua *téchne*" (p.94).

La ricerca alla base di questa tesi è stata effettuata nel Dipartimento di *Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal*, presso la Facoltà di Lettere e Filosofia, dell'Università di Valladolid.

La parte di sviluppo di un prototipo e l'aspetto sperimentale che questo ha comportato, invece, è stato portato a termine durante il soggiorno di ricerca in Brasile, presso il Nucleo Interdisciplinare di Comunicazione Sonora dell'università di Campinas. Infine, l'approfondimento in ambito terapeutico è stato possibile grazie alla formazione e al conoscenza nel campo della terapia musicale, con la completamento di Master in Musicoterapia Applicata frequentato presso l'Università Autonoma di Madrid.

I direttori di questo lavoro sono Alicia Peñalba Acitores, Professoressa dell'Università di Valladolid, e il Professor Jônatas Manzolli, Direttore e Professore presso il laboratorio di *Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora-NICS*, dell'Università Unicamp, Campinas, in Brasile.

1.1. Motivazioni e giustificazione

Questo lavoro di ricerca nasce da un primo interesse maturato già nell'adolescenza circa la relazione esistente nel campo musicale ed artistico tra musica e pittura. La personale curiosità sulla produzione artistico-musicale data dalla relazione amichevole tra Arnold Schoenberg e Wassily Kandinsky, mi portò a realizzare un primo studio su questa tematica. Grazie, poi, alla conoscenza di Nuria Schoenberg Nono e alla partecipazione di Master Classes di regia del suono sulle Opere di Luigi Nono, mi sono avvicinata alla musica elettronica. La mia personale passione per la IUM, inoltre, mi ha permesso di concludere il corso di Laurea presso il Conservatorio Cesare Pollini di Padova, studiando più da vicino anche la programmazione informatica e la tecnologia musicale oltre ad approfondire gli studi strumentali e la composizione. I miei studi musicali, condotti fin dall'infanzia, mi hanno guidato inoltre in tutti questi anni nell'approfondimento di diversi aspetti della musica, quali ad esempio l'etnomusicologia e la musicoterapia.

Questo lavoro è nato, inizialmente, per studiare il ruolo dell'interazione che avviene all'interno di una tecnologia interattiva musicale e proporre l'applicazione nell'ambito della musicoterapia, attraverso la progettazione e il design di un prototipo interattivo chiamato e-mocomu. Tutti i concetti descritti e proposti al lettore in questa tesi, si illustrano attraverso il prototipo e l'esperimento. Questa tesi, l'esperimento, la progettazione e lo sviluppo della tecnologia proposta sono stati concepiti inizialmente dall'esigenza di proporre una tecnologia terapeutica che mantenesse le caratteristiche peculiari del processo creativo e dell'espressività durante le sessioni di musicoterapia, senza perdere il vincolo tra terapeuta e paziente, tanto importante in questi tipi di investigazioni. Questi elementi, che potrei definire propri della sfera artistica e provenienti dall'ambito della performance, rappresentano una dimensione unica in cui lo spettatore diviene protagonista, creatore e fruitore unico dell'opera d'arte. In questa ottica, pertanto, non la tecnologia ma bensì il prodotto che la tecnologia RMI offre all'utilizzatore, diviene una creazione artistica aperta a tutti, sperimentabile anche da più di una persona alla volta, e soprattutto, che offre una metodologia per raggiungere un'autocoscienza attraverso l'autocontrollo dell'azione e la percezione dei sensi conivolti. Non mi riferisco, in quest'ottica, ad un autocontrollo basato su limitazioni (auto)imposte, ma piuttosto ad un livello di controllo in cui sentirsi comodi, e "piacevolmente protagonisti". Molto spesso, infatti, nella musicoterapia,

uno dei grandi problemi riguarda proprio l'espressione musicale: non tutti i clienti sanno o possono suonare uno strumento musicale o seguire il ritmo coordinando il movimento; al contrario, la maggioranza non ha le adeguate nozioni o capacità, che senza dubbio faciliterebbero la comunicazione nelle sessioni terapeutiche per ambo le parti. Questo, come il lettore potrà comprendere, presuppone un numero di sessioni indefinito, in cui sviluppare un rapporto basato sull'espressione certamente libera, ma pur sempre limitata dalle conoscenze e dalle possibilità soggettive del cliente. Vengono allora fatti molti sforzi, talvolta in grado di generare un grande stress nel cliente come nel terapeuta, e che comportano a volte l'impiego di molto tempo e l'utilizzo di pochi strumenti musicali.

Il primo passo di questo lavoro è stato pertanto segnato dall'interesse crescente tra musica e arte, che mi ha avvicinato alla sinestesia, una condizione che molti artisti del passato, tra cui il proprio Kandinsky, sperimentavano. Da qui l'interesse per una corrispondenza tra musica e pittura, così tanto cercata dallo stesso Kandinsky e da altri musicisti e studiosi prima e dopo di lui, che è risultata, però, una associazione impossibile da definire a livello generale per ovvie motivazioni culturali e biologiche. Nonostante l'impossibilità di stabilire un'unica relazione, ho indirizzato i miei studi verso una corrispondenza utile per la mia ricerca; e, una volta trovata, mi sono concentrata sullo sviluppo tecnologico. Questo è stato in gran parte possibile grazie al soggiorno in Brasile, presso il laboratorio NICS, dove è nato il primo prototipo di *e-mocomu* e dove mi è stato possibile pianificare e realizzare un esperimento, tenendo sempre a mente le possibilità terapeutiche, pedagogiche e creative della mia tecnologia. Il prototipo ha suscitato molto interesse nel campo scientifico ed *e-mocomu* ha vinto il premio Prometeo dell'Università di Valladolid, grazie al quale è stato possibile sviluppare il secondo prototipo.

Il nostro corpo ci permette l'interazione nel e con il mondo esterno attraverso il movimento, e oggi, nell'era digitale, in cui viviamo sempre più esperienze interattive (Burnett, 2005), questa interazione è per lo più avvantaggiata dalla tecnologia. Nello sviluppo di un prototipo interattivo, mi sono resa conto di come, tra tecnologia e corpo, ci sia una lacuna irrisolta. Ciò è dovuto all'esponentiale crescita della IUM, alle nuove ricerche su realtà aumentata e virtuale, allo sviluppo di nuove interfacce tecnologiche che prevedono la figura umana come presenza insostituibile per l'interazione nell'ambito terapeutico. Questo genera, chiaramente, nuove forme performative d'interazione, ma sfortunatamente non si è sufficientemente consci di quello che

questo binomio tecnologia-performance può produrre. Questa produzione riguarda la nascita di nuove mappe performative, nuovi livelli d'interazione e nuove capacità e metodologie volti all'applicazione e categorizzazione di tecnologie di realtà mista interattiva, quali ad esempio la riabilitazione, educazione, interazione sociale e intrattenimento. Addentrandomi nella filosofia cognitiva, ho trovato le risposte che cercavo, per elaborare una personale visione della questione.

Quando mi riferisco alla tecnologia sviluppata in questi anni di ricerche, parlo non soltanto di terapia e tecnologia, ma anche di arte e performance artistica. In particolare, di arte interattiva. Merleau-Ponty (1998) ci ha lasciato una grande eredità filosofica su cui riflettere, eredità che abbraccia l'arte performativa e la pittura visti nella prospettiva percettivo-fenomenologica. L'esperienza è la chiave interpretativa dell'uomo per comprendere domini astratti, e si poggia sul corpo e sulla percezione con l'esterno: "... art is not construction, artifice, meticulous relationship to a space and a world existing outside" (citato in Kozel, 2007, p.32). Nell'arte performativa, come nella tecnologia mista interattiva, il pubblico-utilizzatore è partecipe nella creazione della propria esperienza. E', dunque, un'esperienza interattiva, e non riguarda, ad esempio, la sola esperienza di osservazione di un evento. Come osserva Kozel (2007) "... the visual input and output are dominant in digital media, with sound coming second, and haptic a distant third" (p.45). Lungi dal giudicare quest'ordine, mi trovo d'accordo con l'importanza della dimensione visuale, fondamentale nella percorso percettivo delle azioni. Da qui, l'approccio di questo lavoro di ricerca a teorie che considerano la percezione visuale come fondamento nel processo percettivo, quali ad esempio la Teoria della Percezione Visuale di Gibson e la Teoria delle Contingenze Sensorimotorie, che svilupperò nel capitolo 4, che sono state di fondamentale importanza.

Se, come considerava Varela (2011), Merleau-Ponty elaborava la sua posizione in un momento storico in cui le scienze della mente erano allora frammentate, oggi, invece, si verifica il contrario. Neuroscienza, intelligenza artificiale, filosofia e psicologia, per citare le materie tradizionalmente coinvolte in quest'ambito, fanno parte di un discorso interdisciplinare delle scienze cognitive, necessarie per affrontare tematiche riguardanti l'essere, il corpo e la tecnologia di oggi. Per questo motivo, in questo lavoro, ho ritenuto necessario accennare, seppur brevemente, alla prospettiva della filosofia del corpo, i concetti di Schema di Immagine e Metafora, all'interno della dinamica musicale, giacchè con la metaforizzazione dell'esperienza

personale si sviluppano “scenari nuovi in cui avviene l’incontro del proprio mondo con il virtuale stimolato” (Repetto, 2004, in Faggioli, 2011, p.113). Come suggerisce Pennazio (2004, in Faggioli, 2011, p.327), la tecnologia viene considerata una *forma mentis* poichè interviene profondamente in diversi ambiti formativi come ad esempio nell’ambito cognitivo, influenzando il nostro modo di pensare, percepire, rappresentare e concettualizzare il mondo, nell’ambito inter e intrapersonale rappresentando l’insieme di strumenti con cui ci rapportiamo con esso, ed infine è un medium – estensione dell’uomo come sottolineato da McLuhan (1986) - e uno strumento che propone contenuti, nuove prospettive interattive, idee, cambiando, anzi, rivoluzionando gli schemi di apprendimento tradizionali, potenziandoli (Fasce, 2004, p.337). Così, la dimensione cognitiva e creativa, nelle tecnologie musicali interattive si intrecciano: queste due condizioni sono interdipendenti giacchè la comprensione soggiace nella sfera creativa che deriva e dipende da quella cognitiva.

Durante la permanenza presso l’Università di Campinas Unicamp (Brasile), ho avuto l’opportunità di effettuare un esperimento e sviluppare un prototipo per osservare la reazione di musicisti e non-musicisti, all’interno di un ambiente interattivo multisensoriale. Differenziandosi dalla realtà virtuale, nella quale si tende ad antropomorfizzare gli oggetti interattivi e a perdere articolazioni emozionali intrinseche ai suoni prodotti con i movimenti (Collins, 2011), ho scelto di utilizzare il termine di *realtà mista* che indica un ambiente che integra le diverse contingenze sensorimotorie: visuale, propriocettiva e uditiva. Come il lettore avrà modo di comprendere durante la lettura della tesi, con questo termine mi riferisco alla relazione esistente tra i movimenti del proprio corpo nell’ambiente e i cambi d’informazione percepiti nel movimento. Con il termine *realtà virtuale* ci si riferisce ad una simulazione della realtà effettiva attraverso l’uso, per esempio, di computer o altre tecnologie. Questa, viene anche definita come un ambiente nel quale “the participant - observer is totally immersed in, and able to interact with, a completely synthetic world.” (Milgram & Kishino, 1994, p.1321). Secondo Milgram & Kishino (1994), la *realtà mista* è un ambiente che contiene un continuum da reale a virtuale, ovvero nasce dalla mediazione in tempo reale di oggetti digitali e reali. In questa ricerca, molti degli esempi descritti rientrano a far parte di quella che chiamerò *realtà mista interattiva*. Con questo termine, mi riferisco ad una realtà basata sull’interazione propriocettiva dell’utente con lo spazio tecnologico, un ambiente che integra stimoli visuali, sonori e propriocettivi. In altre parole, la

realtà mista interattiva definisce le esperienze multisensoriali dell'utilizzatore e comprende il soggetto, il sistema interattivo e l'ambiente.

Durante la permanenza in Brasile, sotto tutela del Prof. Jônatas Manzolli, ho avuto modo di approfondire la parte di programmazione computazionale utile per il design del prototipo, comprendere l'aspetto interattivo della tecnologia nella performance, e presentare il prototipo presso *TEDx Woman*.

1.2. Metodologia

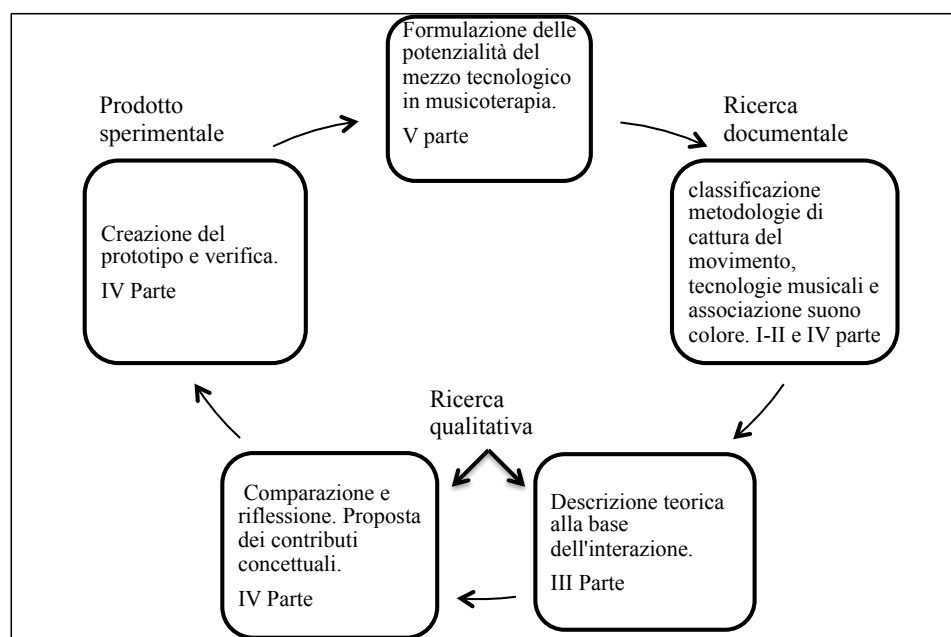
Questa tesi verte sulla ricerca artistica in musica che, come sottolineano López-Cano & Opazo (2014), si inserisce in un discorso tutt'oggi aperto circa la metodologia appropriata da impiegare, i metodi, i criteri di valutazione o le caratteristiche di validità "scientifica" della conoscenza offerta (2014, p.15). In questo lavoro confluiscono allora diverse strategie di ricerca che hanno permesso di sviluppare questa tesi a livello interdisciplinare. Dati gli argomenti trattati in questa ricerca, risulta difficile stabilire una sola metodologia impiegata, soprattutto alla luce delle diverse tipologie di investigazione proprie di alcune metodologie, come quella qualitativa.

Pertanto, questo lavoro è stato redattato seguendo diverse metodologie, un'esigenza, questa, data sia dagli argomenti trattati che dalle necessità emerse durante la ricerca. La metodologia impiegata in gran parte della tesi è di carattere qualitativo, come descriverò di seguito, l'analisi documentale emerge nella I parte della tesi e in alcuni punti dell'esperimento, che è basato sia su analisi qualitativa che quantitativa. Infine, queste metodologie di ricerca portano alla creazione di quello che López-Cano e Opazo (2014) definiscono come "prodotto sperimentale" all'interno della ricerca artistica: la progettazione e sviluppo di un prototipo musicale tecnologico (quarta parte).

Questi stessi autori (2014) descrivono schematicamente gli elementi metodologici che si integrano nell'attività musicale. Gli autori parlano di un circuito continuo, di interazione e retroalimentazione con la pratica creativa e la riflessione e la concettualizzazione di alcuni elementi della ricerca (p.168). D'accordo con la concezione di una metodologia di investigazione

artistica basata su questi concetti, di seguito propongo uno schema basato su questo lavoro di ricerca, sulla recopilazione, analisi dei dati e sullo sviluppo tecnologico (**Figura 0**).

Figura 0. Procedimento metodologico



Il diagramma mostra le fasi di ricerca collegate alle diverse parti della tesi: la I, II e parte della IV parte sono determinate da una ricerca documentale, la III e parte della IV dalla metodologia qualitativa, la creazione di un prodotto sperimentale avviene nella IV parte e la V parte riguarda la formulazione delle ipotesi di partenza.

1.2.1. Ricerca documentale

La prima e la seconda parte di questo lavoro si basano sulla ricerca documentale degli strumenti musicali digitali ed il loro funzionamento, effettuata attraverso:

- Libri specializzati, articoli di giornale e articoli scientifici.
- Siti web dei gruppi di ricerca o/e delle tecnologie trattate.
- Materiale audiovisuale riguarda il campo della tecnologia.

La funzione di questa prima parte è di offrire al lettore una panoramica sullo stato della questione della materia studiata.

1.2.2. Tecnica qualitativa strutturale e interpretativa

Tesch (1990, citato in Valles, 1999, p.389) divide l'analisi qualitativa in due principali rami: strutturale e interpretativo. Mentre la prima tecnica è di tipo analitico, la seconda riguarda l'identificazione degli elementi, l'esplorazione delle connessioni in esso presenti (1999, p.387). In questa ricerca la metodologia qualitativa applicata è posta in relazione con l'orientamento teorico della ricerca stessa, ed ha pertanto basi interdisciplinari provenienti dai diversi stili impiegati. Questi stili riguardano l'analisi strutturale e interpretativa delle basi teoretiche proposte nella terza e quarta parte della tesi. Attraverso questa analisi sono state identificate le diverse dinamiche che costituiscono la struttura dell'interazione nelle tecnologie RMI e della filosofia del corpo e la percezione. La filosofia del corpo, nonostante ciò, richiede un'analisi qualitativa che viene identificata come fenomenologica, a sé.

1.2.3. Tecnica qualitativa di base fenomenologica

La metodologia qualitativa assume, dalla fenomenologia, l'enfasi nell'interpretazione e nell'esperienza. Come però sottolineano Patton (1990, citato in Valles, 1999, p.64) e Valles (1999, p.65), questo tipo di analisi non è caratterizzabile in una unica prospettiva, al contrario deriva da più prospettive e stili di investigazione qualitativa. Questa metodologia considera che il fenomeno sociale studiato si produce in una situazione e attraverso un mezzo specifico, con caratteristiche uniche.

Questa tesi si basa nello studio e descrizione della filosofia del corpo, e nell'analisi ed nell'osservazione dell'interazione che avviene all'interno di una tecnologia RMI. Per comprendere tale interazione è necessario adottare un approccio fenomenologico che permetta di situarsi nella prospettiva interna del soggetto che la vive e sperimenta. Una parte importante riguarda quindi l'analisi dell'esperienza corporea del soggetto all'interno di una tecnologia musicale, che porta alla proposta di alcuni contributi concettuali personali, descritti nella quinta parte della tesi.

1.2.4. Prodotto sperimentale

Questa tecnologia emerge nell'ambito della musicoterapia, laddove il cliente possa divenire un performer nella creazione artistica del proprio materiale audiovisuale. Il prototipo disegnato permette di illustrare in che modo una tecnologia RMI multimodale può contribuire a sviluppare obiettivi terapeutici.

L'esperimento e lo sviluppo del prototipo e-mocomu si basano sulla metodologia sia qualitativa che quantitativa. Si osserva il comportamento del soggetto e l'interazione che avviene all'interno della tecnologia RMI, con il fine di comprendere le sue potenzialità e le applicazioni nella terapia musicale.

1.3 Prospettive

Nella storia dell'era digitale, la separazione tra tecnologia e corpo umano diviene sempre più sottile, fino al punto in cui l'uso di strumenti tecnologici da parte del soggetto, diventano *extended embodiment*¹; ovvero incarnazioni estese (Ihde, 2002). Ihde, propone il concetto di corpo tecnologico, che nasce come conseguenza dell'interazione tra corpo umano (culturale e materiale) e tecnologia. Lo stesso concetto, in termini leggermente diversi, è stato proposto in precedenza da Merleau-Ponty. Il corpo tecnologico, allora, rappresenta l'unione del concetto di corpo fenomenologico (Merleau-Ponty, 1945) e culturale (Foucault, 1982), questa condizione avviene all'interno di una realtà mista interattiva, nella quale l'utilizzatore si unifica con l'ambiente interattivo, e diviene allo stesso tempo l'utilizzatore e lo strumento, interagendo con la tecnologia (l'estensione incarnata). Pertanto, alla base della proposta di un prototipo tecnologico descritto in questa tesi, vi è l'approccio alla realtà mista interattiva, per comprendere l'interazione tra uomo *culturale* e estensione tecnologica. La percezione è tappa fondamentale per poter meglio comprendere la mappa cognitiva multimodale (Collins, 2011) attiva in questi ambienti interattivi. Per portare a termine questo studio, dunque, è necessario accennare a quattro teorie cognitive: la teoria ecologica della percezione visuale di Gibson (1979), la teoria della

¹ Termine proposto da Ihde (2002; 2012) con cui ci si riferisce al corpo tecnologico, in altre parole

Embodied Mind di Johnson (1987), la teoria enattiva di Varela (*Enaction*), e la teoria delle Contingenze Sensoriomotorie di O'Regan e Nöe (2000), accomunate dalla considerazione del movimento quale tappa determinante nel processo percettivo.

Con l'introduzione di nuove interfacce tecnologiche, nasce, infatti, anche una diversa rappresentazione e interazione dell'utilizzatore (soggetto) e dell'ambiente (oggetto), e dunque avviene una modificazione nella percezione e nell'affordance da parte del soggetto che le utilizza. L'aspetto visuale e interattivo costituiscono la percezione soggettiva che comporta un tipo di "invito" insito nella tecnologia. Per Gibson, il concetto di affordance è collegato all'ambiente e all'osservatore, e indica la proprietà potenziale di un oggetto riguardo al suo uso. L'informazione è spesso già presente nell'oggetto stesso e ad un alto grado di affordance corrisponde un'alta intuizione sull'utilizzo dell'oggetto in questione. Questo oggetto, in un contesto di realtà mista interattiva, diventa la tecnologia con cui il soggetto è libero di interagire, creando nuovi prototipi motori attraverso le affordances (Borghi, 2007) (terza parte della tesi). Secondo la Teoria della percezione visuale gibsoniana, ogni oggetto ha un'affordance percepita direttamente o riconosciuta. Queste, sono modulate anche dalla caratteristica sociale e culturale, per cui un oggetto viene utilizzato in un determinato modo anziché in un altro (Borghi et al., 2011).

Le teorie della Embodied Cognition sono importanti per stabilire il protagonismo dell'utilizzatore, all'interno del sistema interattivo musicale, generando una retro-alimentazione basata sulla sua propriocezione. La propriocezione, è legata al movimento del partecipante, e gli permette di raggiungere una condizione di consapevolezza sui propri movimenti, nell'ambiente interattivo. Un altro importante aspetto, quando parliamo di tecnologie interattive musicali, riguarda la nozione di Schemi Incarnati. Infatti, come suggerito dalla teoria ecologica, quando percepiamo determinati suoni evochiamo alcune azioni associate agli stessi, secondo la teoria della Embodied Cognition gli Schemi Incarnati ci aiutano a comprendere il dominio astratto attraverso la metaforizzazione. Pertanto, ad esempio in musica, potremo discernere suoni alti da suoni più bassi attraverso la metaforizzazione degli stessi, per esempio con lo schema della verticalità (nel capitolo 4.1.3. approfondirò questo concetto). Quindi anche nell'interazione con le tecnologie musicali interattive, si attiveranno gli schemi appropriati per la formazione di

Mappe Sensorimotorie, date dall'esplorazione, dall'esperienza incarnata e dal mapping; tutti concetti che chiarirò nella quarta parte della tesi.

La Teoria delle Contingenze Sensorimotorie, in questo lavoro, permette la comprensione della percezione multisensoriale attraverso l'interazione nell'ambiente interattivo. La percezione multisensoriale, si rifà al concetto di integrazione modale incrociata e sinestesia, secondo i quali sperimentiamo più di una modalità sensoriale allo stesso tempo, nella nostra vita quotidiana. La sinestesia, sebbene sperimentata da una bassa percentuale della popolazione, ne è un esempio. La tecnologia utilizzata nell'esperimento, in quest'ottica, stimola tre principali contingenze sensorimotorie: la propiocezione, la vista attraverso immagini e colori e l'udito attraverso i suoni.

Oltre a queste, anche la teoria dell'Empowerment, applicato alle tecnologie interattive con propositi terapeutici, ha suggerito il concetto di Empowerment Creativo, ovvero un processo presente nella dinamica di retroalimentazione tecnologica e che prevede l'espressione creativa e l'improvvisazione del soggetto (concetti approfonditi nella terza e quarta parte della tesi). In questa interazione, la percezione dell'utilizzatore, i suoi movimenti e la consapevolezza dello spazio, suggeriscono una riflessione sulle possibilità che una prospettiva olistica (ambiente e agente), offre. Ciò significa che in questo spazio performativo le teorie spiegate nella terza parte della tesi, aiuteranno il lettore a comprendere la formulazione di due prospettive: Affordances Molteplici e, per l'appunto, Empowerment Creativo, due concetti già presenti in gran parte delle tecnologie esistenti. Questi contributi uniti all'esperimento serviranno per delineare le conclusioni di questo lavoro.

Gli obiettivi e le ipotesi descritte in seguito, sono raggiungibili attraverso una riflessione sulle teorie della cognizione incorporata, la cui trasposizione, all'interno della tecnologia proposta, permetterà una personale riflessione di origine concettuale. Pertanto, sarà indispensabile l'analisi del panorama tecnologico, composto da sistemi interattivi che hanno stimolato l'avvicinamento dei campi tecnologico e musicale, e che hanno anche contribuito a modificare la forma di interazione tra strumento tecnologico e utilizzatore, aprendo nuove prospettive applicative nel campo scientifico.

1.4. Obiettivi

Gli obiettivi generali di questa tesi sono:

- Analizzare la dinamica dell'interazione che avviene tra utilizzatore e ambiente all'interno di una tecnologia musicale di realtà mista
- Sviluppare un prototipo tecnologico illustrativo dei processi interattivi speculati.

Gli obiettivi specifici sono:

- Analizzare alcuni principali tecnologie RMI che prevedono l'interazione del soggetto per la produzione artistico-musicale.
- Proporre e descrivere i meccanismi che avvengono all'interno di una tecnologia RMI e che permettono al soggetto di interagire con la stessa.
- Evidenziare il valore della multimodalità nella creazione ed espressione artistica.
- Contribuire all'introduzione e alla considerazione del mezzo tecnologico come strumento standard nelle sessioni di musicoterapia.

1.5. Ipotesi

La tecnologia musicale è in continuo sviluppo e cambia il modo in cui gli individui si avvicinano alla musica. Molte persone che non hanno conoscenze strumentali accademiche, infatti, possono comporre utilizzando appositi programmi e applicazioni che rendono facilitano questo processo. Dopo aver fatto pratica di musicoterapia nell'ospedale La Paz, a contatto con bambini e famiglie nell'Unità di Terapia Intensiva e in scuole con bambini a rischio di esclusione sociale con altre patologie (Down, asperger) , mi sono resa conto che la tecnologia musicale potrebbe sopperire le lacune del cliente rendendo le sessioni più equilibrate.

Secondo Ruud (1998) il terapeuta dovrebbe acquisire competenze che permettano al cliente di immergersi nelle attività musicali, perché è attraverso queste competenze che il cliente può involucrarsi e partecipare senza limitazioni. In un'ottica innovatrice, in cui cioè è la musicoterapia

si adatta ai bisogni ed alle necessità del cliente (Bruscia, 1986), allora, questo significherebbe restare al passo con gli sviluppi musicali e, pertanto tecnologici. Ciò implicherebbe il raggiungimento di competenze come il saper maneggiare appropriatamente i “nuovi” strumenti musicali tecnologici per un’adeguata autoespressione durante la fase improvvisa e per consolidare il vincolo con il terapeuta. La commistione delle discipline tecnologica e umanistica ha pertanto portato alla creazione di nuovi rami di ricerca ed al dialogo delle diverse discipline. Questo dialogo, viste quindi le nuove possibilità che offrirebbe uno strumento musicale interattivo nella terapia musicale, pressochè irraggiungibili con i consueti strumenti tradizionali, viene trasferito al campo della musicoterapia e della tecnologia.

Una volta descritto l’ambito di ricerca e le problematiche ad essa connesse e ipotesi formulate come punto di partenza sono:

- A. Una tecnologia musicale multimodale RMI offre potenzialità nuove nel campo della musicoterapia in relazione all’espressione creativa e in relazione al rapporto con il terapeuta.
- B. Una tecnologia musicale RMI offre al musicoterapeuta uno strumento adattato al cliente, sia nell’intervento pratico, come nella valutazione dei dati e nella documentazione.
- C. Nell’interazione, il soggetto raggiunge una dinamica di Empowerment Creativo attraverso la percezione delle contingenze sensorimotorie legate al suo movimento.

Ricordo inoltre che questa tesi rappresenta un contributo nell’ambito interdisciplinare, senza la pretesa di esaurire il campo di ricerca, né le possibili prospettive di applicazione in continuo sviluppo in questi anni.

1.6. Organizzazione della tesi

Questa ricerca presenta sistemi interattivi che convertono il movimento del corpo in suoni, luci, giochi interattivi etc., stimolando diverse modalità sensoriali del soggetto con un fine

terapeutico e artistico. Inoltre, viene proposto un prototipo di tecnologia basata sulla realtà mista interattiva, e-mocomu, che contiene alcuni aspetti delle tecnologie che descriverò anteriormente.

La tesi si suddivide in cinque parti. Nella prima parte s'introduce il lettore alla situazione attuale delle interfacce tecnologiche musicali legate al movimento dell'utilizzatore, descrivendone le caratteristiche, i sistemi di cattura del movimento e soffermandosi nella tipologia di acquisizione diretta del gesto. Poiché in questa tesi propongo e descrivo alcuni sistemi interattivi che presuppongono il movimento del soggetto affinché avvenga l'interazione, nella seconda parte è descritta una classificazione delle tecnologie presentate e scelta in base all'interazione propriocettiva con l'utilizzatore. Pertanto vengono accennate teorie fondamentali per la comprensione e il design tecnologico; e per permettere al lettore una migliore comprensione della proposta concettuale che emerge dallo studio dell'interazione dei modelli considerati. Nella terza parte introduco il lettore alla percezione visuale e alla propriocezione, alla Embodied Cognition, per concentrarmi poi sull'associazione suono-colore. Nella quarta parte introduco la terapia musicale e alcune tecnologie nate a scopo terapeutico. Descrivo inoltre i contributi concettuali che vorrei apportare al panorama tecnologico, con la descrizione dei concetti di Affordances Molteplici, Mappe Sensorimotorie e Empowerment Creativo, presento il prototipo di tecnologia di realtà mista interattiva chiamata e-mocomu e descrivo l'esperimento effettuato in Brasile con i risultati ottenuti. Nella quinta ed ultima parte, infine, propongo le conclusioni di questo lavoro.

In appendice, ho deciso di inserire del materiale riguardante la creazione e alcuni riconoscimenti ottenuti con il prototipo e-mocomu, come testimonianza del lavoro svolto in questi anni.

II PARTE

STATO DELL'ARTE

2. Tecnologie interattive

Le tecnologie qui descritte sono esempi di tecnologie interattive musicali nate nel periodo che va dal 1980 ad oggi. La particolarità che queste condividono, sta nel fatto che sono tecnologie di nuova concezione in cui il processo interpretativo cambia. Infatti, la tipologia d'interprete cui sono destinate è diversa: non si tratterà più di un interprete tradizionale, ma di una nuova forma d'interpretazione dovuta all'interazione con nuove interfacce computazionali, collegate anche a un nuovo tipo di affordance², come sarà spiegato nella quarta parte della tesi. Quelle che saranno descritte, dunque, sono interfacce tecnologiche per l'espressione musicale, disegnate e pensate per creare nuovi spazi creativi e sonori. Così facendo, queste rompono la tradizione con il passato e offrono nuove prospettive nell'interazione interdisciplinare di musica, scienze computazionali, arti performative, danza e movimento.

Per far meglio comprendere al lettore le opere e tecnologie considerate in questa ricerca, saranno dapprima introdotte brevemente le diverse tipologie di Interfacce Digitali Musicali, che in questa tesi nominerò anche come sistemi interattivi musicali o RMI, e le strategie per l'acquisizione del gesto più diffuse per quest'obiettivo. Saranno poi descritte tecnologie basate sulla realtà mista interattiva e considerate rappresentative per questa ricerca.

2.1 Era Digitale

Come suggerito da Camurri & Volpe (2004, in Faggioli, 2011), la tecnologia musicale e, in particolare, lo studio della relazione uomo-macchina sono nati grazie all'avvicinamento delle due discipline: tecnologia e scienze umanistiche, nell'era digitale (nel 1980). Tale dialogo è scaturito dalla necessità di sviluppare “metodologie per la progettazione di sistemi di uso più facile ed immediato” (p.27). In altre parole, il bisogno di allargare il campo tecnologico alle scienze umanistiche ha permesso anche ad utenti non specializzati di avvicinarsi a questa disciplina, per

² Il concetto di affordance è collegato all'ambiente e all'osservatore, e indica la proprietà potenziale di un oggetto riguardo il suo uso (vedi paragrafo 4.1.2.).

progettare e sviluppare tecnologie basiche. Come conseguenza, quest'avvicinamento antitetico ha stimolato l'interesse del collettivo scientifico verso l'interazione corporea e la consapevolezza dell'uomo in quanto utilizzatore, immerso in un ambiente tecnologico.

L'impiego di strumenti musicali richiede la conoscenza previa di nozioni gestuali, per poter utilizzare correttamente lo strumento. Tali gesti però, non sono sempre compatibili con le preferenze dell'interprete. L'introduzione di strumenti musicali digitali, dunque, nasce anche dalla riconsiderazione della relazione del musicista con il suo strumento. Come suggerito da Mulder (2000, p.26), *Control Intimacy* è la compatibilità tra varietà di suoni emessi in modo cosciente e le capacità fisiche e fisiologiche di un interprete con esperienza; *Control Intimacy* è, in altre parole, il pieno controllo cosciente dello strumento. Con le attuali tecnologie musicali (in particolare DMI basati, ad esempio, su controller alternativi) è possibile raggiungere una intimità di controllo anche senza avere previa conoscenza dello strumento.

2.2. Un nuovo concetto di strumento musicale

Con l'introduzione, nel panorama musicale, degli strumenti aumentati, nasce un concetto di strumento musicale legato alla tecnologia. Ciò ha modificato la prospettiva tradizionale del comporre e suonare musica, ampliandola sia dal punto di vista della produzione che da quello della performance. Anche questa nuova dinamica ha cambiato l'interazione tra soggetto e oggetto nel godimento e produzione della performance musicale.

Dato l'argomento principale della ricerca, non si è scelto di descrivere ed elencare la categoria degli strumenti acustici esistenti, né di riportare un elenco esaustivo di strumenti digitali poiché non si tratta di una tesi compilativa.

Descrivendo brevemente le categorie generali, apparirà chiaro al lettore come nell'attuale era digitale la realizzazione in proprio (DIY-do it yourself) di dispositivi musicali digitali, rappresenti una possibilità più accessibile rispetto al periodo anteriore agli anni Ottanta e come l'interesse scaturito per queste tecnologie si sia diffuso in molti laboratori internazionali di ricerca.

Alcuni di questi laboratori, ad esempio, sono noti per condurre ricerche interdisciplinari tra tecnologia informatica, musica e musicologia, movimento, psicologia e neuroscienza.

A continuazione elenco alcuni dei centri internazionali di ricerca rilevanti per l'argomento trattato in questa ricerca, che saranno citati nella ricerca in modo diretto o indiretto, con i nomi dei referenti:

- NICS, Campinas, Brasile, Jônatas Manzolli
- McGill University, Montreal, Canada, Marcelo Wanderley
- MIT Media Lab, Massachusetts, U.S.A., Tod Machover
- Laboratorio InfoMus, Genova, Italia, Antonio Camurri
- Universidad Pompeu Fabra, Barcellona, Spagna, Sergi Jordá
- INI, Zurigo, Svizzera, Delbrück Tobi

2.2.1. NIME: New Interface for Musical Expression

Con il termine *NIME*, (*New Interfaces for Musical Expression*), si descrivono tutte le tecnologie di nuova concezione volte all'espressione musicale ma non ristrette solamente al campo musicale. Infatti, come spiegato da Miranda & Wanderley (2006):

Moreover, apart from the obvious reproduction and extrapolation of the functionalities of acoustic musical instruments, DMIs may be designed for various other contexts: for non experts or for experts in other forms of art (such as dance, where a dancer can control the music being generated), for use by multiple performers, as distributed entities in local or distant facilities, and so on (p.1).

Queste applicazioni possono coinvolgere l'interprete da più prospettive, talvolta richiedendo una performance fisica o un'interazione più particolare con lo strumento, come da esempio basata sulle onde cerebrali del performer nel caso di The Brain Orchestra³ (Le Groux et al., 2010). Allo

³ Per maggiori informazioni si consulti il website: <http://specs.upf.edu/installation/2025>.

stesso tempo la sigla NIME è utilizzata nel campo della tecnologia musicale per denominare una serie d'incontri annuali itineranti, che hanno come obiettivo proprio la divulgazione, la ricerca e il design di nuove interfacce tecnologiche per l'espressione musicale.

Come osservato da Miranda & Wanderley (2006), nella storia della musica elettronica nello stesso momento in cui il computer si trasforma in strumento musicale per i compositori, emerge la necessità di progettare nuovi tipi di strumenti musicali, che offrano più possibilità all'interprete. Così facendo, nasce anche un nuovo vocabolario musicale. Come rilevato dallo stesso Wanderley (2006, p.1), gli strumenti musicali nuovi o modificati, hanno permesso un nuovo tipo di controllo e lo sviluppo di nuove abilità performative che gli strumenti tradizionali non offrono.

2.2.2. DMIs: Digital Musical Interfaces

Pertanto, come già spiegato in precedenza, all'interno dell'insieme rappresentato con il termine NIME si ritrovano diversi tipi di tecnologie e interfacce musicali, denominati DMIs (Digital Musical Instruments). I DMIs:

denote an instrument that contains a control surface (also referred to as a gestural or performance controller, an input device, or a hardware interface) and a sound generation unit. Both units are independent modules related to each other by Mapping strategies (Miranda & Wanderley, 2006, p.3).

Ciò significa che, a differenza degli strumenti acustici tradizionali in cui l'interfaccia gestuale e la produzione del suono avvengono nello stesso strumento musicale, nei DMIs queste due unità sono separate, permettendo nuove e differenti interazioni date dalla disconnessione tra il gesto per la produzione sonora e il suono risultante dall'azione. Grazie al fatto di essere costituito da un controller gestuale (gestural controller) o da una *superficie di controllo* (control surface), un DMI può assumere la forma di uno strumento tradizionale o una forma completamente diversa e inusuale, come, ad esempio, i *Music Toys* o controller alternativo (vedi paragrafo 2.3.1.). Con il termine *superficie di controllo*, ci si riferisce ad una superficie fisica o virtuale, composta da

sensori per la cattura del movimento umano che producono una rappresentazione aptica⁴ e visuale. Nel caso di una superficie virtuale, le forze sono applicate con parti del corpo e sono identificati tutti i movimenti cui lo strumento risponde. I sensori sono “sense organs of the machine” (Bongers, 2000, p.44), in altre parole sono l’elemento attraverso il quale l’utente può comunicare con lo spazio, e che può controllare. La comunicazione tra uomo e macchina avviene attraverso l’energia cinetica del movimento trasformata in elettricità dai sensori. I sensori non sono solamente elettrici: infatti, esiste una vasta tipologia di sensori classificati anche in base al tipo di grandezza che misurano.

Nel disegno di una tecnologia musicale digitale, sono di fondamentale importanza la scelta e l’acquisizione del gesto cui corrisponderà il parametro sonoro. I due autori segnalano due tipologie di feedback da considerare nel design di uno strumento musicale digitale - primario/secondario, passivo/attivo (2006) - di seguito riportate in **Tabella 1**, sempre seguendo la tassonomia di Delalande (citato in Miranda & Wanderley, 2006).

Tabella 1. Tipologia di feedback di un DMI

Tipologia di feedback			
Primario	Riguarda il feedback tattile-cinestetico, auditorio e visuale.	Secondario	Corrisponde al feedback dato dal suono dello strumento.
Attivo	Corrisponde alle azioni del performer, e prodotte dal sistema per risposta.	Passivo	Corrisponde al feedback dato dalle caratteristiche fisiche dello strumento.

⁴ Con *interfaccia aptica* si intende un dispositivo che permette di manipolare un oggetto virtuale o reale, conferendo come risposta la sensazione di un feedback tattile, come ad esempio la lettura braille per non vedenti o il joystick di playstation con force feedback. Sallnäs, Rasmus-Gröhn & Sjöström (2000) implementarono la retro-alimentazione aptica in un ambiente collaborativo virtuale di desktop.

Nella tabella proposta si osserva la tipologia di feedback che riceve l'utilizzatore: primario-secondario e attivo-passivo di un DMI. Dall'osservazione del gesto in musica si possono approfondire aspetti legati alla comunicazione di emozioni, alla percezione e alla performance, per fare alcuni esempi.

In un recente articolo, che recensisce un ampio numero di tecnologie, ed è basato sugli incontri internazionali NIME, si evidenziano gli strumenti DMIs. Come spiegato poc'anzi, questa tipologia di strumento si basa su interfacce che utilizzano sensori, i quali permettono un'efficace mappatura delle variabili dell'utilizzatore durante la sua interazione con la tecnologia. Memorizzando i movimenti e i parametri ad essi legati, sarà possibile un'analisi posteriore o in tempo reale degli stessi.

Medeiros & Wanderley (2014, p.13560), nel riportare i dati della loro ampia ricerca condotta analizzando le tipologie di sensori impiegate, definiscono le sotto-categorie non esaustive dalle quali emerge la tipologia di preferenza, da parte degli utenti, per l'utilizzo di queste, come ad esempio i dispositivi di elettronica di consumo portatile (*portable consumer electronic devices*). Uno dei grafici proposti nella ricerca, infatti, testimonia l'aumento dal 2010 ad oggi delle tecnologie basate su accelerometri, in particolare con l'utilizzo di sensori già presenti sul mercato, dimostrando così essere le più diffuse nel panorama artistico e tecnologico.

Nello sviluppo e applicazione dei NIME, dunque, sono presenti sotto-categorie che dipendono dal tipo di risorsa utilizzata per riunirli. Le tipologie sono descritte in **Tabella 2**.

Tabella 2. Sottocategorie di preferenza

Sensore analogico	Produce in output (in uscita) un segnale elettrico continuo.
Sensore digitale	produce come output un valore elettrico discreto.
Elettronica di consumo	Sistemi portatili di consumo quotidiano, commercializzati per scopi di intrattenimento e comunicazione.
Motion Capture	Sistemi composti da sensori e sistemi basati su videocamere.

Sottocategorie non esaustive sulle preferenze degli utilizzatori, riportate nell'esperimento di Medeiros & Wanderley (2014).

La categoria *Motion Capture* rappresenta sensori e sistemi *camera-based* presenti sul mercato, come ad esempio il sensore *Kinect* di Microsoft. Questa categoria è la più ampia e diffusa nel panorama attuale, e verrà analizzata più avanti nel paragrafo 2.2.3. e 2.2.3.1. È importante rilevare che gli accelerometri restano i più utilizzati nel settore tecnologico e artistico-performativo, e che per la maggioranza sono implementati ad altri sistemi. Infatti, un altro dato presentato da Medeiros & Wanderley (2014), riporta la scelta sempre più diffusa di implementare sensori ad altre tecniche di *motion analysis* (analisi del movimento) poiché considerati insufficienti, ma che sono utilizzati per il loro basso costo e facile utilizzo. La tecnologia basata su sensori comprende, inoltre, accelerometri, giroscopi e magnetometri, definiti anche sensori MARG (*Magnetic, Angular Rate and Gravity*) (2014), che descriverò in questo capitolo.

2.2.2.1. *Controller Gestuali: tipologia e descrizione*

I dispositivi musicali digitali (DMIs) sono dunque nuovi tipi di strumenti musicali considerati *controller gestuali*, ovvero che sono sollecitati dal movimento del corpo e dal gesto dell'utilizzatore. Alcuni di questi sono collegati a computer da cui sono controllati dal compositore, il quale può collegare anche diversi parametri del movimento dell'utilizzatore. Wanderley & Depalle (2004) classificano i controller gestuali in quattro tipologie: controller alternativi, strumenti aumentati o iperstrumenti, controller tipo strumenti e controller ispirati a strumenti acustici (Miranda & Wanderley, 2006).

- **Controller alternativi (*alternate controller*)**

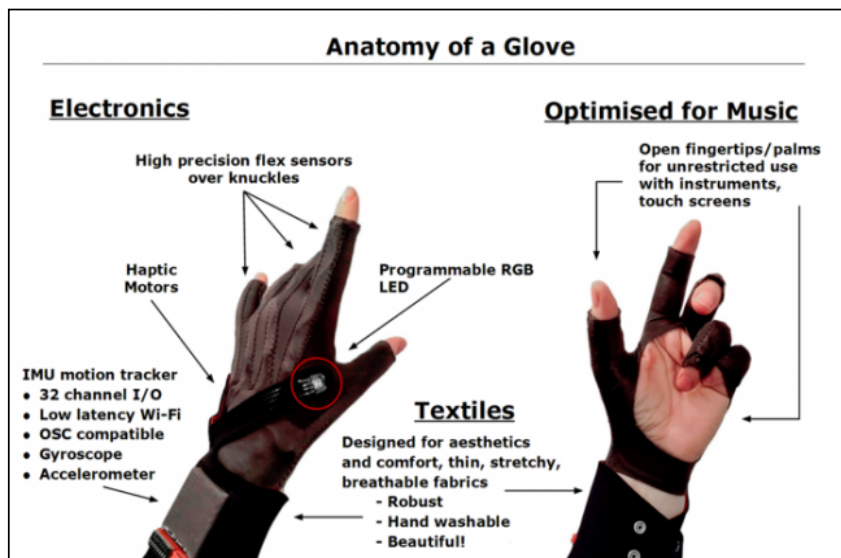
I controller alternativi non somigliano a strumenti tradizionali per forma, materiale, modo d'uso e costruzione. Alcuni esempi di questi strumenti sono il *Music Shaper* e *Beatbug* (MIT Media Lab), che saranno descritti nel paragrafo 2.3.1, o i *Music Gloves*, un progetto della compositrice inglese Imogean (**Figura 4**). Questa caratteristica conferisce grande varietà nel design di questi controller. Secondo la definizione di Mulder (2000), riportata anche da Miranda & Wanderley, i controller alternativi si possono classificare in: *touch controllers*, *expanded-range controllers* e *immersive controllers* (**Figura 3**).

Tabella 3. Tipologie di controllers

Touch controllers	Expanded-range controllers	Immersive controllers
La superficie di controllo deve essere toccata fisicamente e può essere mobile o fissa nello spazio. È prevista una rappresentazione aptica.	Non è necessario toccare la superficie di controllo, ma vi è una limitazione nel rango di gesti effettivi.	Fanno parte degli alternate controllers, vi sono poche o non vi sono restrizioni sulla performance dell'utente. Si suddividono in 3 gruppi.

Le tre tipologie di controllers proposte da Mulder (2000), pp.328-336.

Figura 4. Music Gloves



Music Gloves dell'artista Imogean controllati via wifi che permettono performance musicali in tempo reale. Adattato dal website dell'artista.

All'interno della categoria di controller immersivi, Mulder (2000) distingue tre sotto-gruppi: *internal controllers*, nei quali la visualizzazione della superficie di controllo è rappresentata dalla stessa figura del corpo umano; *external controllers* nei quali la superficie di controllo e la figura

del corpo umano sono visualizzate come due cose separate, sebbene talvolta non si possa visualizzare come figura del corpo. Infine, abbiamo i *symbolic controllers* nei quali è necessario introdurre un set di gesti riconosciuti affinché si possa visualizzare la superficie di controllo.

- **Strumenti aumentanti o iperstrumenti**

Come sarà spiegato più avanti, questi strumenti sono chiamati così poiché vengono aumentati tramite l'applicazione di sensori o altri dispositivi. In questo modo, è possibile da parte dello stesso esecutore controllare altri suoni o parametri legati ai movimenti delle articolazioni quali la testa e le braccia, o i movimenti ancillari (Miranda & Wanderley, 2006). Questi movimenti non producono articolazioni musicali durante la performance, tuttavia aiutano l'esecutore a trasmettere espressività, forniscono uno stimolo visuale ad altri esecutori o spettatori e fanno parte dei gesti musicali (Norton, 2008). Un esempio di strumento aumentato è il pianoforte *Disklavier* (**Figura 5**) Yamaha, usato anche dal compositore Jean-Claude Risset.

Figura 5. Disklavier Yamaha



- **Controller tipo-strumenti**

Questi controller sono disegnati il più fedelmente possibile ad uno strumento musicale acustico, di cui cercano di riprodurre le caratteristiche fisiche e sonore (Peñalba, 2010). A differenza però degli strumenti acustici, questa tipologia di strumento permette una più ampia gamma di sonorità con la stessa, o simile, tecnica strumentale che lo strumentista già possiede. Le caratteristiche sonore, inoltre, dipendono dal design della superficie di controllo, e allo stesso tempo si avranno le stesse limitazioni “fisiche” dello strumento originale (Miranda & Wanderley, 2006). Un tipico esempio di controller tipo strumenti è rappresentato dalle tastiere MIDI (**Figura 6**).

Figura 6. Moog



Sintetizzatore Moog del 1970.

- **Controller ispirati a strumenti acustici**

Questa tipologia di strumenti musicali non è una fedele riproduzione della superficie di controllo degli strumenti acustici. Sono, infatti, considerati “dispositivi ispirati a strumenti” (2006, p.28, mia traduzione), che però talvolta non riproducono, morfologicamente oltre che per superficie di controllo, strumenti acustici già esistenti. Il design finale, inoltre, può essere sostanzialmente diverso dal modello acustico di partenza (2006). Questa tipologia di strumenti potrebbe essere confusa con i controller alternativi (vedi la prima parte di questo paragrafo),

infatti, in alcuni casi, strumenti ispirati a strumenti acustici possono essere considerati tali (2006).

Grazie a questa differenza costitutiva, questi controller costituiscono la possibilità di superare le limitazioni offerte dalla superficie di controllo rappresentata dagli strumenti tradizionali acustici. Inoltre, per essere utilizzati esigono che l'utilizzatore abbia un previo conoscenza del vocabolario gestuale dello strumento acustico preso come modello. Un esempio di controller tipo-strumento è rappresentato in **Figura 7**.

Figura 7. Radio Baton



Un esempio di strumento ispirato ad uno strumento acustico, suonato dal suo creatore Max Mathews

2.2.3. Metodologie per l'acquisizione e analisi del gesto

Il primo esempio di cattura del movimento avviene alla fine del 1800 con Muybridge⁵ che utilizza cinquanta fotocamere per catturare le immagini riguardanti il movimento di un cavallo. Tuttavia, già nella Grecia Classica l'interpretazione del movimento umano suscita l'interesse d'importanti studiosi quali Platone, Socrate, Aristotele. Per esempio Aristotele nel suo trattato sulla fisica del IV secolo a.C., lascia un importante contributo nell'osservazione del

⁵ Muybridge è considerato il pioniere della fotografia del movimento. Grazie ai suoi studi ha contribuito inoltre allo sviluppo della biomeccanica e del cinematografo.

funzionamento del movimento degli animali. Dal periodo classico ad oggi le ricerche sul corpo umano riguardano il campo dell'attuale biomeccanica. La biomeccanica è lo studio della struttura e delle funzioni degli organismi biologici, come il corpo umano, e nasce nel XVII secolo quando la meccanica, oltre che a corpi inanimati, è applicata anche a strutture fisiologiche sottoposte a sollecitazioni statiche o dinamiche.

La tecnologia, specialmente in questo decennio, è presente quotidianamente nel settore scientifico, medico e artistico; e continua a diffondersi e ad essere impiegata come supporto a queste discipline. Sono dunque emerse diverse metodologie per l'acquisizione del gesto, alcune, come nel caso della *Laban Notation*, legate allo studio movimento (1999). In particolare, queste sono nate con l'obiettivo di studiare e analizzare il movimento biomeccanico all'interno di una realtà mista interattiva, evitando di istruire l'utilizzatore a utilizzare un preciso vocabolario di movimenti e permettendogli di muoversi liberamente nello spazio.

È necessario definire innanzitutto il concetto di gesto musicale, che è applicato ai dispositivi musicali digitali. Secondo la definizione di Norton: "A musical gesture can be defined as the grouping of articulations (sub-gestures) for expressive purposes. A musical gesture not only includes articulations but also includes expressive ancillary movements." (2008, p.iv). Il gesto musicale, dunque, comprende diverse tipologie di gesti secondari come le articolazioni, realizzate dall'utilizzatore nell'atto espressivo. Per capirne il funzionamento e permetterne l'analisi, appare necessario acquisire il gesto attraverso le DMI. Il tipo di acquisizione entra a far parte di un processo tanto fondamentale quanto delicato: la mappatura (o Mapping), che sarà discussa nel paragrafo 2.2.4. Secondo una definizione di Miranda & Wanderley (2006), le DMI sono composte da "a control surface or gestural controller, which drives the musical parameters of a sound synthesizer in real time." (p.20). Per l'acquisizione dei gesti in un ambiente di DMI, può avvenire in modo diretto, indiretto e attraverso segnali fisiologici (Miranda & Wanderley, 2006; Norton, 2008; Bongers, 2000):

- **Acquisizione diretta**

Avviene applicando diversi sensori per captare le azioni del performer, e permette la tracciatura di diversi movimenti dipendendo dal tipo di sensori e dalla combinazione di diverse

tecnologie di sistema utilizzate. In generale, le tipologie di movimento che queste tecnologie possono mappare sono: accelerazione, pressione, velocità e spostamento lineare o angolare. Se si preferisce analizzare un movimento diverso da quelli elencati, si dovrà impiegare un sensore apposito. Nel paragrafo 2.2.3.1., descriverò nel dettaglio l'acquisizione diretta del gesto, importante per la comprensione di questo lavoro di ricerca.

- **Acquisizione indiretta**

Al contrario, questa avviene attraverso l'evoluzione dei dati strutturali del suono provenienti dallo strumento e captati attraverso un microfono. Per distinguere il suono proveniente dall'utilizzatore da altri segnali intrusivi, si applicano diversi tipi di tecniche di elaborazione del suono. Ad esempio si possono utilizzare i quattro parametri enunciati da Wanderley & Depalle (2004) per l'estrazione in real-time: *short-time energy*, *fundamental frequency*, *spectral envelope* e *amplitude, frequency and phases of sound partials*.

- **Acquisizione attraverso segnali fisiologici**

Avviene tramite l'analisi dei segnali fisiologici dell'utilizzatore, attraverso elettromiografia (EMG) e/o altre strumentazioni disponibili.

2.2.3.1. *Acquisizione diretta del gesto*

All'interno di una realtà mista, rappresentata dall'interazione tra utilizzatore e tecnologia nei sistemi musicali interattivi trattati in questa tesi, il movimento è un parametro fondamentale.

Tale parametro, infatti, permette all'utilizzatore di sperimentare attraverso l'esperienza diretta l'ambiente interattivo e allo stesso tempo consente, attraverso un modello computazionale applicato alla tecnologia, la cattura di dati per l'analisi della performance stessa. Da questi dati sarà poi possibile comprendere la prospettiva cognitiva, fisica e creativa dell'utilizzatore. In questo paragrafo descriverò dunque solamente l'acquisizione diretta del gesto, utile al lettore per comprendere il percorso della tesi verso la proposta di una tecnologia basata sulla realtà mista interattiva.

I sistemi di Motion Capture (MOCAP) per l'acquisizione diretta del gesto, permettono la registrazione di dati del movimento nella performance del soggetto consentendone la visualizzazione in 2D o in 3D. Sono composti da un hardware che serve per misurare il movimento e un software che ne calibra il funzionamento e registra i dati.

- **MOCAP elettromagnetici**

Misurano un campo magnetico a bassa frequenza generato da un trasmettitore al ricevitore. Ogni coppia trasmettitore - ricevitore, ha tre spirali ortogonali per misurare il flusso elettromagnetico tra le stesse e calcolare la posizione di ogni sensore e l'orientamento in 3D. Possono essere con onda quadra o con/senza impulso d'onda. Ogni coppia trasmettitore-ricevitore che compone questa tipologia di sensore può registrare e catturare fino a sei gradi di libertà tra cui le coordinate x, y, z, l'inclinazione gli angoli di rotazione e l'imbardata⁶. Sono necessari pochi sensori, nessun marker particolare e poca illuminazione. I markers sono suscettibili a interferenze magnetiche e elettriche presenti nell'ambiente (come ad esempio ai computers). La risposta resta non lineare, in particolare ai confini dell'area del movimento, inoltre la caratteristica elettronica non permette di ricevere movimenti ampi. Il volume di cattura è più piccolo rispetto agli altri sistemi e in complesso è una tecnologia delicata da maneggiare.

- **MOCAP elettromeccanici**

Sono sistemi di cattura dell'esoscheletro del soggetto, in cui la struttura è fissata al performer, e applicata anche alle articolazioni per misurarne le angolature.

Con il loro utilizzo non è necessario l'uso di altri sensori o camere e non c'è il rischio di uscire dallo spazio predefinito per la performance. Inoltre, non c'è il problema di una possibile perdita di dati poiché i sensori sono applicati al soggetto. La loro struttura permette movimenti ampi ma comunque limitati: infatti, se si forza il movimento, si rischia di danneggiare la

⁶ Secondo l'Enciclopedia Treccani online, l'imbardata è : “Moto di rotazione di un aeromobile intorno a un asse baricentrico” ovvero l'oscillazione di un mezzo intorno al suo asse verticale. In inglese viene definito come YAW.

struttura. Sono sistemi costosi e possono essere ingombranti e poco adattabili e di difficile apprendimento per chi li utilizza.

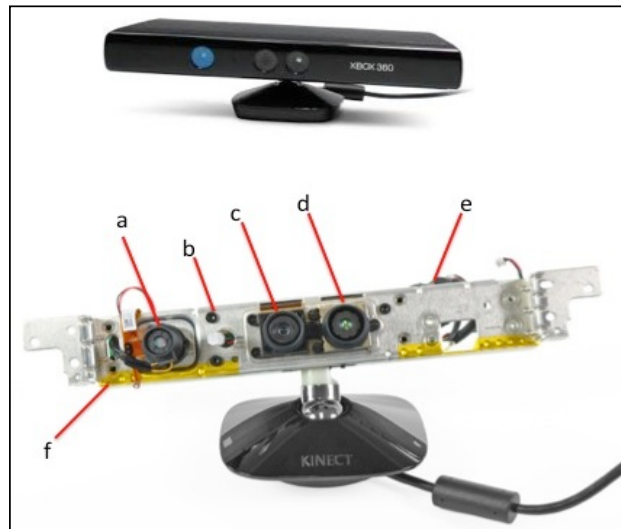
- **MOCAP ottici**

In questa categoria sono utilizzate camere e videocamere ad alta velocità per ottenere la posizione triangolare in 3D di ogni marker durante la performance del soggetto. Per ottenere proiezioni sovrapposte del soggetto, viene applicata più di una camera. È il sistema di MOCAP più diffuso dedicato alla cattura in real-time dinamica con tre gradi di libertà per la misurazione della posizione: ovvero le coordinate cartesiane x , y e z . Alcuni esempi di MOCAP ottici sono rappresentati dalla Wii di Microsoft, la Kinect e Vicon. Il volume di cattura di dati è più ampio rispetto ai precedenti sistemi. Inoltre con questi MOCAP si ha un alto tasso di campionatura di dati e un'alta sensibilità nonché tre gradi di libertà: x , y e z . A causa di un'alta sensibilità dei sensori, poi, si deve ricorrere ad una frequente calibrazione degli stessi. Vi è differenza nella risoluzione di campionatura: quanto più alta è la prima (posizione), più bassa sarà la seconda.

Come spiegato nel paragrafo 2.2.2., nel panorama attuale, Kinect di Microsoft rappresenta una delle soluzioni più diffuse nel design di tecnologie miste interattive. Tra i sistemi ottici di analisi strumentale per la cattura del movimento in 3D, Kinect di Microsoft è dunque una tipologia di MOCAP favorita nella computazione multimediale (Zhang, 2012), dovuto al suo basso costo e alla sua facile reperibilità. Nei MOCAP ottici, il computer deve inizialmente comprendere l'azione del soggetto prima di poter rispondere al movimento. Kinect esce sul mercato nel 2010 e già nel 2012 il software è disponibile in rete. È composto da un sensore di profondità, una camera a colori, e quattro array di microfoni; offre inoltre la possibilità del riconoscimento facciale e registrazione vocale (2012, p.4).

In **Figura 8** è possibile osservare Kinect e la sua struttura interna in cui: *a* rappresenta il proiettore di profondità a infrarossi (IR), *b* rappresenta il led di funzionamento, *c* indica la fotocamera a colori RGB, *d* indica il sensore di profondità a infrarossi (IR), *e* ed *f* stanno ad indicare la disposizione dei 4 array di microfoni, rispettivamente 2 e 1.

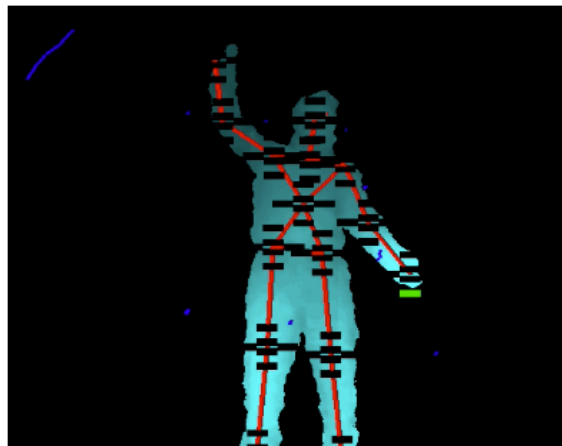
Figura 8. Kinect



Kinect di Microsoft (in alto) e struttura interna (in basso).

Il proiettore a infrarossi (a) e la fotocamera a infrarossi (d), rappresentano i sensori di profondità. In particolare grazie al laser del proiettore a IR, il soggetto è dapprima trasformato in punti per poi esserne riprodotta un'immagine di profondità. Contemporaneamente, vengono fornite le coordinate 3D del soggetto (**Figura 9**).

Figura 9. Mappatura del corpo



Rappresentazione dell'immagine di profondità e mappatura dello scheletro, acquisita con Microsoft Kinect, attraverso il programma Synapse, in tempo reale.

Riassumendo, nella seguente **Tabella 10** propongo un paragone tra i tre tipi di *Motion Capture* con i vantaggi e svantaggi applicativi.

Tabella 10. Sistemi MOCAP

Tipologia	Vantaggi	Svantaggi
<u>Mocap elettromagnetici</u>	Registrazione fino a 6 gradi di libertà. Pochi sensori e poca illuminazione.	Markers suscettibili a interferenze. Risposta non lineare ai bordi. Volume di cattura più piccolo. Movimenti ampi non ricevuti. Tecnologia delicata.
<u>Mocap elettromeccanici</u>	Non c'è perdita di dati, movimenti ampi ma controllati.	Movimenti limitati, pericolo di danneggiare la struttura. Ingombranti e poco adattabili.
<u>Mocap ottici</u>	Volume di cattura più ampio. Alto tasso di campionatura e sensibilità.	Calibrazione frequente dei sensori. Diversità di risoluzione e campionatura.

Vantaggi e svantaggi dei sistemi di Motion Capture presentati: elettromagnetici, elettromeccanici e ottici.

Tra i sistemi di cattura del movimento che utilizzano MOCAP, particolare diffusione ha avuto il software *EyesWeb*, sviluppato da InfoMus a Genova per il riconoscimento del movimento in 2D, con cui sono stati sviluppati diversi sistemi interattivi multimodali (Camurri et al., 2007), e Vicon, che utilizza un sistema a 3D composto di otto fotocamere a luci infrarosse che catturano i markers nel soggetto e ne estrapolano l'immagine attraverso l'interpolazione di questi. Mentre *EyesWeb* rappresenta un sistema più "semplice" di cattura dell'immagine, Vicon è più preciso ma allo stesso tempo fornisce troppi parametri che spesso non sono utilizzati. Vicon è stato impiegato a scopo espressivo musicale e nell'analisi del gesto in diverse occasioni (Bevilaqua, Naugle & Dobrian, 2001; Dobrian & Bevilaqua 2003).

2.2.4. Mapping

Nel design di un sistema musicale interattivo (o DMI) un aspetto fondamentale, se non il più importante, è rappresentato dal *Mapping*. Si tratta del design implementato, critico sia per l'utilizzo sia soprattutto per l'efficacia dello strumento (Iazzetta, 2000, p.264). Secondo Hunt, Wanderley & Kirk (2000) si tratta della corrispondenza tra parametri di controllo derivati dalle azioni o gesti del performer e i parametri di sintesi sonora. Con questo termine perciò definisco la scelta degli input, all'interno di un sistema musicale interattivo e durante una performance, provenienti dall'utilizzatore e che sono trasformati in output espressivi, in altre parole in feedback per l'interprete stesso. La scelta degli input riguarda anche l'analisi e osservazione dei dati raccolti e dipende dall'obiettivo del DMI. Infatti, questo varia da strumento a strumento, in alcuni DMIs il mapping può ad esempio essere intuitivo nella correlazione tra gesti fisici e musicali, mentre in altri sistemi può non risultare chiaro all'utilizzatore. Il mapping, poiché rappresenta l'architettura dell'intera tecnologia e lo scopo applicativo che gli si vuole conferire; è un punto chiave nel design di qualsiasi sistema multimodale interattivo. Camurri & Volpe (2004) distinguono due tipologie di Mapping che spiego di seguito: uno diretto e più semplice, l'altro complesso, basato su più livelli.

- **Diretto**

In questa tipologia di mapping il movimento è suddiviso in gesti espressivi che sono rappresentati da traiettorie o punti nello spazio d'interazione della realtà mista interattiva proposta. Le coordinate estratte dall'analisi assieme agli algoritmi di sintesi saranno inoltre necessarie per riconoscere la posizione spaziale e generare l'output designato. Questa strategia permette quindi "di ottenere semplici comportamenti reattivi da parte del sistema" (Camurri & Volpe, 2004, p.39).

- **Complesso o indiretto**

In questa organizzazione su più livelli, il mapping è associato a più input provenienti da un ambiente (inter)attivo in cui dall'analisi dei gesti espressivi degli utenti, il sistema estrae gli

input necessari per le strategie di mapping. Queste strategie saranno poi necessarie a elaborare la sintesi tra gesti espressivi di diverso livello in input e per proporzionare gli output adeguati. Questa strategia prevede anche processi dinamici che evolvono nel tempo e processi decisionali in real time da parte del sistema stesso (Camurri & Volpe, 2004).

Hunt, Wanderley & Paradis (2002), sottolineano l'importanza del mapping che influisce in buona parte della risposta psicologia e emotiva del performer, e spiegano che attenendosi ad un mapping a più livelli, si può ottenere un livello flessibilità nel design degli strumenti, oltre a controllare diversi parametri, come quelli audio e video. Nel mapping, inoltre, vi sono almeno tre strategie intuitive utilizzate nell'associare tra di loro i diversi set di parametri in input e output (Wanderley & Miranda, 2006; Bongers, 2000) e che possono essere scelti per trasmettere una specifica metafora interattiva all'utilizzatore. Nella strategia associativa *uno-a-uno* (Camurri & Volpe, 2004; Wanderley & Miranda, 2006; Bongers, 2000) ad un parametro gestuale viene associato uno di sintesi; in quella *uno-a-molti* un parametro gestuale può influenzare diversi parametri di sintesi in tempo reale; infine, in una strategia *molti-a-uno* due o più parametri gestuali sono basati su un unico parametro di sintesi. Secondo la classificazione di Rovin et al., (1997) oltre alla dinamica *uno-a-uno*, che attribuisce un parametro gestuale a uno musicale, esistono le categorie *convergente* e *divergente*. Nel primo caso molti gesti musicali possono essere collegati a un parametro musicale, mentre nel secondo caso ogni gesto è collegato a più di un parametro musicale. Come spiegato dagli autori, la difficoltà di mapping della tecnologia rappresenta un probabile compromesso per l'espressività dell'artista che utilizzerà la tecnologia, secondo la tipologia di mapping impiegata.

Il mapping, in definitiva, dipende dalla scelta personale e soggettiva del creatore nel disegnare la tecnologia, secondo l'uso applicativo che si vuole ottenere con la tecnologia stessa e che rappresenta la sua efficacia. In base allo scopo, infatti, si sceglie il tipo d'interazione tra feedback in ingresso e in uscita che può essere visuale, sonora, tattile o un insieme di due o più tipologie. Il mapping è fondamentale non soltanto perché permette di controllare il design musicale di un DMI e veicolare l'espressività dell'utilizzatore, ma anche perché consente l'analisi quantitativa dei parametri in input registrati.

2.3. Panorama

Come accennato in precedenza, dal 1980 circa a oggi si è manifestato un interesse crescente verso nuove soluzioni per l'espressione musicale attraverso la tecnologia digitale, che ha portato all'impiego e alla creazione di dispositivi che utilizzano il movimento come mezzo d'interazione con l'ambiente tecnologico e come fonte di dati analizzabili. Questi dispositivi rappresentano nuove soluzioni nel campo della performance artistica, nel teatro, nella danza e nell'interpretazione musicale. Internet, da questo punto di vista, contribuisce a una diffusione più ampia di software a essi dedicati, permettendo lo scambio d'idee e di software open-source (accessibili a tutti gratuitamente) per l'applicazione DIY di tecnologie esistenti sul mercato. Infatti, se da un lato parte di questi dispositivi è disponibile sul mercato a prezzi ragionevoli e risulta facilmente utilizzabile da un utilizzatore non specializzato, dall'altro grazie a internet, molti artisti, musicisti, programmatori e ricercatori possono disegnare in modo facile e veloce l'applicazione di tecnologie esistenti e utilizzare le informazioni o i software presenti nel web e proposti da forum di altri utenti. Le opere e le tecnologie presentate in questa parte non hanno la pretesa di rappresentare in modo esclusivo ed esaustivo le tecnologie miste esistenti, in quanto solamente utili per tracciare una breve storia della tecnologia basata sulla realtà mista interattiva, suggerendo al lettore degli esempi rappresentativi di tecnologie sviluppate per essere fruite e applicate in modo differente. Questo percorso aiuterà il lettore a comprendere la proposta di un prototipo presentato nella quarta parte della tesi. Nel corso dei capitoli, infatti, si avrà modo di comprendere anche la tipologia delle tecnologie a disposizione nella creazione artistica o riabilitazione medica nonché le importanti teorie ecologiche alla base del movimento.

Nell'attuale Era Digitale, la tecnologia apre nuovi confini e reinventa il rapporto tra spettatore, compositore ed esecutore (Levishon & Schiphorst, 2011). Il rapporto tradizionale non esiste più, è infatti proprio grazie alla tecnologia digitale che questo rapporto può assumere un valore paritario e assoluto, conferendo un potere egualitario nella creazione dell'oggetto artistico. Un oggetto che, in questa prospettiva, è da ascoltare, osservare e interpretare, ma prima di tutto da vivere.

Una tecnologia, dunque, non più intrusiva o capace di intimorire, poiché ha la capacità di immergersi nell'ambiente stesso nel quale scompare (Machover, 2006b) e considerata in base al suo contributo alla società.

2.3.1. Brain opera

Brain Opera è un esempio d'interazione di gruppo il cui obiettivo è la creazione e produzione estetica. Il concetto di Brain Opera è stato ideato da Tod Machover, Professore presso il *Massachusetts Institute of Technology* e parte del MIT Media Lab, e nasce dall'ispirazione apportata da Marvin Minsky e il suo lavoro di ricerca nel campo dell'Intelligenza Artificiale (Machover, 2006b). Infatti, come lo stesso nome Brain Opera ci suggerisce, uno degli obiettivi era di portare il pubblico a riflettere circa il modo in cui il nostro cervello rielabora le diverse e frammentarie esperienze in un unico pensiero razionale e sul potere e il valore che ha la musica nei nostri confronti (Machover, 2006a). Questo è possibile attraverso la composizione, da parte degli spettatori, presenti e virtuali, di diversi frammenti che verranno poi riuniti all'interno dell'opera. Per aiutare lo spettatore in questa riflessione, la realizzazione dell'opera soggiace all'obiettivo di trasformare in musicista attivo chiunque partecipi alla sua rappresentazione. L'opera è realizzata da Machover insieme ad un gruppo interdisciplinare di professionisti provenienti dall'ambito musicale e artistico, ed è presentata per la prima volta nel 1996 al Lincoln Center.

L'esperienza dello spettatore è dunque di fondamentale importanza poiché non solo fruibile, ma attiva e partecipativa, contribuendo a creare un'opera artistica completa attraverso i diversi frammenti compositivi e i contributi provenienti dal pubblico. Il pubblico, in particolare, non è solo quello tradizionalmente presente alla performance ma è anche il pubblico di internet, che può partecipare inviando il proprio contributo musicale e grafico che verrà incorporato durante la performance. La parte finale invece, di quarantacinque minuti, incorpora tutti gli elementi e i frammenti provenienti dal pubblico e dai musicisti raggruppati insieme e sta a rappresentare un insieme organico, paragonabile al pensiero razionale elaborato dalla mente.

Per trasformare lo spettatore in musicista attivo, sono applicati diversi iperstrumenti, descritti di seguito, introdotti in alcuni dei tre spazi di cui l'opera è costituita. I tre spazi sono: *Interactive*

Display Space, Experience Space che comprende lo spazio *Mind Forest Trees* e infine *Performance Space*.

Di seguito evidenzieremo la differenza tra iperstrumenti e iper-strumenti o Music Toys (Machover, 2004), entrambi sviluppati al MIT Media Lab ma con obiettivi e modi di utilizzo differenti.

Brain Opera prende forma da un progetto antecedente chiamato Hyperinstrument Project (1998), che risale al 1985. Il concetto e la realizzazione dell'iperstrumento appartengono allo stesso Machover, con lo scopo di “aumentare” le potenzialità degli strumenti musicali attraverso la tecnologia digitale e con l'obiettivo di dare più potere agli esecutori dal punto di vista espressivo e creativo (Nguyen, 2006). Di fatto, gli iperstrumenti, sono sviluppati dal 1985 al MIT Media Lab. I primi sono progettati per i virtuosi della musica, come ad esempio l'ipercello per il violoncellista Yo-Yo Ma. Dal 1991, invece, vengono sviluppati “iper”-strumenti (Machover, 2004, p.171), diversi dai “tradizionali” iperstrumenti, creati per gli affezionati della musica non professionisti, e che Machover (2004) chiama Music Toys:

Based on our initial experiments, a series of special instruments called Music Toys ...were designed that require no special skill but which do reward curiosity, imagination, and expression. The technical magic of these new ‘hyper’-instruments eliminates years of practice, and automatically provides much of the specialized knowledge needed to pick the right note or chord, or to synchronize and jam with others. With these Music Toys, touch and gesture, whistle and hum, can open up worlds of possibility (pp.171-172).

Per rendere più facile la comprensione al lettore, d’ora in avanti sarà utilizzato il termine Music Toys invece di “iper” strumento. Ne è un esempio la *Sensor Chair*, presente all'interno della Brain Opera, che trasforma il movimento dell'esecutore seduto in suono, permettendogli di controllarlo grazie ad un campo elettromagnetico presente attorno ad essa.

Con i Music Toys, dunque, chiunque può avvicinarsi alla musica. Gli iperstrumenti si differenziano dagli strumenti tradizionali acustici e si suddividono in due tipologie: iperstrumenti le cui sembianze imitano, gli strumenti tradizionali espandendone però le potenzialità sonore; e

Music Toys che hanno forme differenti rispetto agli strumenti tradizionali (alcuni di questi sono controller ispirati a strumenti acustici, vedi paragrafo 2.2.2.1.). Nel secondo caso si possono trovare controller alternativi, ovvero strumenti che vengono suonati in modo diverso e sono composti da materiale differente rispetto ad uno strumento musicale tradizionale.

Tabella 11. Iperstrumenti e Music Toys

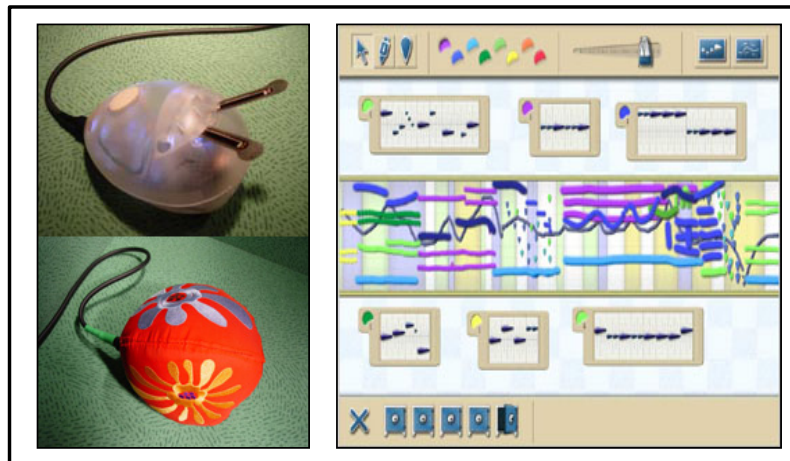
Tipologia	Forma	Esempi di strumenti esistenti
Iperstrumenti / Strumenti Aumentati	Design estetico simile allo strumento musicale tradizionale	Iperviolino, Ipercello, Iperpiano
Music Toys / Dispositivi Digitali Controller alternativi	Forma, materiale e modalità di produzione dei suoni differente dallo strumento musicale tradizionale	Hyperscore, Music Shaper, Beatbug, Sensor Chair

La Tabella riporta alcuni esempi di iperstrumenti, tra cui l'Ipercello, e Music Toys tra cui il Music Shaper di Machover.

Come spiegato dallo stesso Machover (2004), sulla scia del successo della Brain Opera, vengono create nuove tecnologie digitali mediante la creazione di nuovi Music Toys che facilitano la sincronizzazione ritmica, come nel caso del Beatbug (*soft tactile controller*), o il controllo tonale come nel caso del Music Shaper (*networked rhythm*) presenti in **Tabella 11** e in **Figura 12** a sinistra. La modalità con cui è possibile l'applicazione pedagogica e un apprendimento musicale facilitato, secondo Machover (2004), risiede nella stimolazione della creatività dell'utilizzatore, che in questo caso è il bambino.

Più complesso è invece il concetto alla base di *Hyperscore*, definito un software per la composizione grafica (Machover, 2004, p.171). Quest'ultimo, permette di creare strutture musicali e manipolare suoni attraverso colori e forme, per poi ascoltarle suonate anche da professionisti. In particolare, la gestualità applicata allo schermo con le dita, in quanto pennellate materiche e linee fatte dell'utilizzatore, sono trasformate in strutture musicali, permettendo così una più facile composizione musicale, con la possibilità anche di memorizzare le parti create. Questo strumento è il protagonista della *Toy Symphony Project*, un progetto con l'obiettivo educativo di avvicinare i bambini alla composizione musicale di livello professionale grazie all'uso dell'*Hyperscore* (**Figura 12** a destra) e le cui composizioni sono interpretate da un'orchestra in un concerto pubblico.

Figura 12. Music Toys

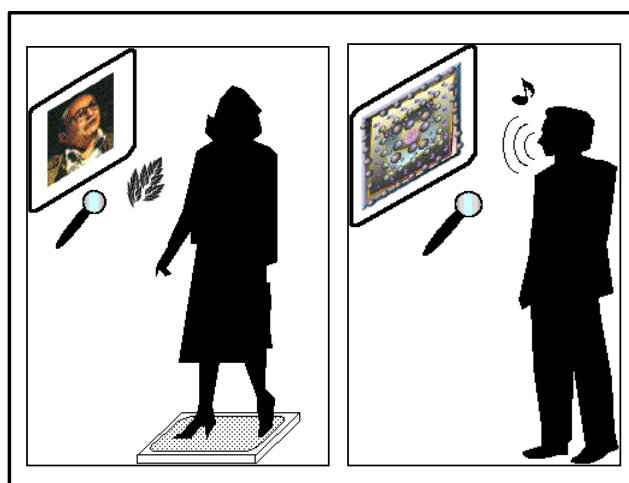


Esempi di Music Toys: Beatbug e Music Shaper a sinistra e la grafica di Hyperinstrument sulla destra. Adattato da www.media.mit.edu/hyperins/index.html,

Come accennato in precedenza, in Brain Opera vengono utilizzati i Music Toys, affinché il pubblico, sebbene privo di conoscenze musicali, possa partecipare attivamente alla sua realizzazione. Il primo spazio, *Interactive Display Space*, è provvisto di un grande display ed è sensibile al movimento della folla. Il secondo spazio, denominato *Experience Space* comprende i Music Toys: con esso i visitatori possono creare suoni e immagini interagendo nello spazio al

suo interno, denominato *Mind Forest Tree*. In quest'ultimo, in particolare, lo spettatore interagisce con strumenti interattivi in ambienti diversi. In ogni ambiente è presente uno strumento sensibile al movimento, gesto e produzione vocale dell'utilizzatore, che produce musica e immagini. Ad esempio in *Speaking Tree* (**Figura 13** sinistra.) viene proiettata una videoregistrazione di Minsky, interrogando lo spettatore circa il significato e valore della musica e registrando le risposte. In questo stesso spazio lo spettatore ha la possibilità di interagire anche con *Singing Tree* (**Figura 13** destra) cantando un determinato suono, che viene stimolato dall'immagine di un'aura che appare più luminosa a seconda di quanto più stabile è il suono prodotto dallo spettatore sul microfono.

Figura 13. Due ambienti di Brain Opera



I due ambienti *Speaking Tree* e *Singing Tree* con cui gli spettatori interagiscono.

Il sistema denominato *Rhythm Tree* (**Figura 14**), invece, è un sistema che produce ritmi diversi, s'illumina e può essere suonato simultaneamente da 10-15 persone. È composto di circa 320 cuscini sensibili al tatto, inseriti in grandi oggetti di diverse forme appesi al soffitto, che possono interagire con l'ambiente circostante.

Figura 14. Rhythm Tree



Uno spettatore interagendo con lo spazio Rhythm Tree.
Adattato da www.mindatplay.co.uk/brainopera.htm

Il terzo e ultimo spazio, *Performance Space*, utilizza il materiale prodotto nei primi quarantacinque minuti di interazione ed esplorazione degli spettatori, con il materiale proveniente dagli utenti in internet e dagli esecutori sul palco per produrre una performance multimediale.

2.3.2. ADA: intelligent space

ADA nasce da un gruppo di ricercatori (Wasserman, Manzolli, Eng e Vershure). Viene descritta dai suoi designers come “an interactive space embedded in an exhibit representing a synthetic organism.” (p. 82), e proposta al Swiss National Exhibition Expo, 2002 (Eng et al., 2003a; Eng et al., 2002) (**Figura 16**). Il nome ADA deriva dall’autrice e pioniera della *computer music* Ada Lovelace. All’interno di ADA, viene integrato RoBoser, un “autonomous interactive composition system” (Wasserman et al., 2003b), progetto nato nel 1998 in collaborazione tra NICS di Campinas e INI di Zurigo, volto a studiare l’organizzazione cerebrale nella percezione e

memorizzazione (Eng et al., 2005). RoBoser produce sequenze organizzate di suoni e viene inserito nella struttura di ADA per creare una sonificazione interattiva. ADA è concepita come un organismo artificiale che gioca con i visitatori stimolandoli ad interagire in modi diversi, seguendo paradigmi di emozioni umane. Come spiegato da Wasserman & Manzolli (2013):

We tested the interaction between the stimuli generated by the space (sound, light, computer graphics) and visitors' behaviors as a way of producing synthetic emotions and their expression in sound material (Wasserman et al., 2003). With ADA, we worked with the concept that the association of music with other forms of expression can communicate internal emotional states of the controller of the space, where emotions were defined by the ability of the space to achieve its multiple goals (p. 395).

ADA ha uno spazio d'estensione per l'interazione di 160 metri quadrati, la tecnologia è inoltre divisa in cinque regioni, utili allo spettatore per comprenderne il suo funzionamento attraverso sequenze didattiche di presentazione, l'esperienza, i concetti e il *background* della stessa. I tre obiettivi della tecnologia riguardano il comportamento e l'interazione dei visitatori, che il sistema cerca di ottenere con tre programmi: *survival* cioè invitare e far partecipare i visitatori, *recognition* ovvero l'abilità di riconoscere e tracciare il percorso di questi, e infine *interaction* l'interazione con ogni singolo utilizzatore del sistema, nel gruppo. La struttura di ADA è composta da dieci videocamere mobili e quattro statiche, sei microfoni, sensori a pressione collocati in quattrocento mattonelle del pavimento. Gli output dello spazio interattivo, ovvero del comportamento di questo rispetto allo spettatore, includevano effetti luci creati grazie a venti luci mobili, grafiche in real-time generate da computers e proiettate attraverso dodici videoproiettori a 360 gradi su uno spazio denominato *Big Screen* e elementi colorati in ogni mattonella del pavimento (Wasserman et al., 2003). ADA rappresenta un esempio di tecnologia complesso, in cui l'informazione sensoriale e il comportamento della stessa ADA sono integrati con un software ibrido basato su concetti derivati dalla neuroscienza computazionale (2003, p.82). Infatti, per sviluppare le "emozioni" di ADA è stato applicato un controllo adattivo distribuito (DAC) derivato dai paradigmi del condizionamento classico. Come spiegato infatti in uno studio del 2013 (Eng et al., 2013), ADA rappresenta il più grande sistema neuro-morfico conosciuto, capace di interagire con molte persone simultaneamente, utilizzando un'ampia varietà di modalità e sensori comportamentali. In uno studio del 2005, alcuni dei suoi creatori spiegano che

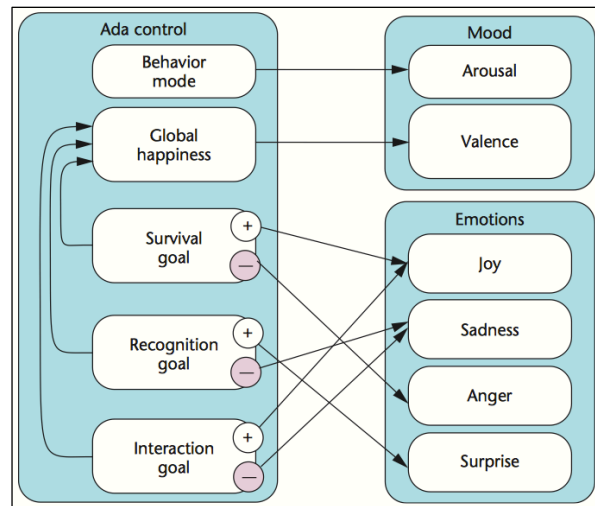
due delle domande alla base di questo sistema interattivo, riguardano lo studio su come lo spazio influisce sulle azioni degli spettatori e come questo comportamento è appreso (Eng, Douglas & Vershure, 2005). È dunque per indagare queste ipotesi che gli autori applicano il modello DAC, basato sui paradigmi dell'apprendimento animale del condizionamento classico e operante.

DAC, inoltre, si basa su tre livelli di controllo chiamati reattivi, adattivi e contestuali. Questo sistema complesso permette l'interazione, oltre che definire il comportamento di ADA con il pubblico. In altre parole, il sistema riesce così ad organizzare il suo comportamento circa un numero specifico di funzioni decise secondo l'interazione del soggetto e che comprendono: l'identificazione e il tracciato, l'incoraggiamento all'esplorazione, la guida nello spazio degli spettatori e giochi interattivi. Tutte queste azioni sono programmate e ispirate al ritmo circadiano⁷, inoltre, come spiegato da Wasserman et al., (2003) durante l'Expo del 2002, il sistema valutava continuamente se attuava in modo corretto rispetto agli obiettivi programmati. Il ciclo di ADA, dunque, comprende il sonno, la veglia, l'esplorazione, il gruppo, il gioco, la fatica. Ognuno di questi modi è caratterizzato da un preciso repertorio di comportamenti che caratterizzano le interazioni diverse con il pubblico. ADA è un sistema d'interazione tra pubblico e spazio interattivo, in cui si ottiene una risposta dell'utilizzatore come conseguenza alla proposta del sistema, che viene analizzata dallo stesso per formulare la successiva risposta adeguata, continuando così nell'interazione.

Figura 15 mostra il diagramma regolatore di ADA, utile per comprendere come la musica, il pubblico e ADA interagivano nel 2002. Ad esempio, il mapping di riconoscimento (*Recognition goal*) permette ad ADA di riconoscere quali persone sono interessate ad un'interazione specifica. Se nessuno è interessato, allora ADA emette un segnale di tristezza (*Sadness*), se invece, al contrario, c'è interesse allora viene emesso un segnale di sorpresa (*Surprise*). Così funziona anche per gli altri controlli di ADA (*Control*) e stati d'animo (*Mood*).

⁷ Dal latino *circa diem*, sta a significare un ritmo basato sulle 24 ore di veglia-sonno dell'essere umano.

Figura 15. ADA



Mapping del diagramma regolatore di ADA, adattata da Wasserman et al., (2003). “Live soundscape composition based on synthetic emotions: Using music to communicate between an interactive exhibition and its visitors” p.86.

Poiché si tratta, dunque, di una alimentazione continua tra pubblico e sistema che capta i parametri, li analizza in tempo reale e di continuo, questo spazio interattivo intelligente rappresenta un tipo di Mapping complesso. Come suggerito, infatti, dallo stesso Manzolli “... [a]da's behavior was design based on a model of homeostasis. Interaction with users produced changes in ADA's mood and the music was design, using Roboser, to reflect these chances. ... [a]da was constructed under a Biomimetics paradigm”⁸ (Bermúdez et al., 2009; Eng et al., 2003b). Il termine “Biomimetic” :

can be understood as the development of new technologies using principles abstracted from the study of biological systems, however, biomimetics can also be viewed from an alternate perspective as an important methodology for improving our understanding of

⁸ Conversazione personale con il Prof. Jônatas Manzolli.

the world we live in and of ourselves as biological organisms (Prescott, Lepora & Vershure, 2014, p.1).

Si tratta allora di un Mapping *uno-a-molti* poiché un parametro gestuale proveniente dal pubblico può influenzare diversi parametri di sintesi in tempo reale. In definitiva, il Mapping appare su più livelli, a stratificazione e questo significa che ogni modalità di comportamento di ADA è costituita da un Mapping a parte e che è basato sulla psicologia comportamentale come modello di neuroscienza applicato ai processi creativi (come nel caso di Roboser, progettato in precedenza ed implementato in ADA). ADA, infatti, studia le emozioni all'interno di due parametri: valence e arousal (livello di piacere e eccitazione).

ADA è anche un esempio di tecnologia basata sulla realtà mista interattiva. In particolare è una "shared mixed reality" (Eng et al., 2005, p.416), in cui interagiscono molti soggetti in tempo reale, e, per questo motivo, i creatori sostengono la necessità di programmare un Mapping a diversi livelli in modo tale che tutti gli spettatori/utenti possano esplorare, sperimentare ed interagire con lo spazio (2005).

Figura 16. ADA interno



Spazio interno di ADA durante l'expo in Svizzera, Wasserman et al., 2003, p.83.

2.3.3. ReacTable e Biophilia

ReacTable è uno strumento collaborativo per la musica elettronica. La struttura è basata su un'interfaccia tangibile costituita da una superficie rotonda piana di un tavolo *touchscreen* (sensibile al tocco) senza punti di controllo. Viene progettato nel 2005 all'interno del *Music Technology Group* dell'Università Pompeu Fabra di Barcellona, ed è stato poi utilizzata dalla cantautrice Björk nel suo progetto Biophilia. È una tecnologia che può essere manipolata da uno o più musicisti allo stesso tempo, nonostante il suono in uscita derivi dallo stesso output. I musicisti possono controllare e condividere il suono attraverso l'uso di oggetti sul piano luminoso; muovendoli, ruotandoli o sfiorandoli. Questa architettura, ispirata ai sintetizzatori modulari Moog degli anni 50', permette l'interconnessione di unità per la generazione del suono, senza preve conoscenze musicali (Jordà et al., 2007), attraverso un'interfaccia intuitiva, un controllo multidimensionale e continuo. Come spiegato dagli autori (2007), gli oggetti che vengono utilizzati permettono la manipolazione del suono:

Each reacTable object represents a modular synthesizer component with a dedicated function for the generation, modification or control of sound. A simple set of rules automatically connects and disconnects these objects, according to their type and affinity and proximity with the other neighbours (p.142).

Gli autori, dunque, descrivono la struttura basata su di una patch dinamica poiché permette al musicista di maneggiare connessioni diverse tra gli oggetti che si sceglie di disporre sul tavolo. Dipendendo, infatti, dalla loro tipologia e prossimità (2007, p.143), sarà possibile per l'utente comporre e suonare musica. Il Mapping di ReacTable permette inoltre un feedback visuale delle topologie del suono che vengono prodotte, feedback che si proietta in modo permanente sulla superficie del tavolo, come si può osservare nella **Figura 17**.

Figura 17. ReacTable



ReacTable live, si osservano la superficie che proporziona feedback visuale e gli oggetti che permettono la generazione e manipolazione del suono. Adattato dal website di ReacTable, www.reactable.com/products.live.

Vi sono sei famiglie di oggetti di forma diversa: generatori audio (come un'onda quadra), filtri audio, filtri di controllo, mixer audio (modulatore ad anello o mixer bus), diversi controller e globali (ovvero che possono modificare il comportamento degli altri oggetti compresi nell'area della loro influenza). A queste sei famiglie associate per forma, si aggiunge un ulteriore elemento per la classificazione delle loro funzioni dato dalla simbologia presente sulla loro superficie, facile da riconoscere visualmente per l'utilizzatore. Il tipo di relazione esistente tra questi oggetti è determinato dal tipo di caratteristica che offrono, sopra descritta, oltre che dall'influenza che ogni oggetto possiede e che è dato dall'approssimazione con altri oggetti. In questa tecnologia, l'interazione con l'utilizzatore è visuale e tattile, e non prevede alcun movimento; inoltre l'estensione della superficie di ReacTable rappresenta l'unica limitazione al numero di oggetti con cui può interagire.

Questa tecnologia ha trovato largo impiego nella composizione e gestione di musica elettronica e pop, ed è anche presente con *apps* per cellulari *touch-screen*. Questo fenomeno è dovuto in larga parte dagli effetti che le nuove interfacce basate su schermi touch-screen hanno

prodotto nell'era Digitale e alle possibilità che tutt'ora offrono. In particolare è stata acquistata e utilizzata la prima volta nel 2007 dalla musicista Björk. Dibben (2011) evidenzia come la creazione della musicista sia un esempio per studiare le opportunità e le conseguenze della digitalizzazione nella musica. Tra queste evidenzia i nuovi formati dell'ascolto, l'unione di copie digitali e materiali e nuove applicazioni per l'ascolto musicale.⁹

Biophilia è il primo album musicale basato su un'interfaccia interattiva touchscreen (ReacTable) che l'artista ha deciso di diffondere come dieci apps per *iPad* e *iPhone* che corrispondono alle dieci canzoni dell'album, e che permettono l'interazione con l'ascoltatore. Quest'album discografico è l'effetto dell'interazione quotidiana che sperimentiamo con le interfacce digitali, e segna un cambio importante nella musica discografica, in particolare una nuova dinamica di fruizione musicale. La descrizione presente nell'applicazione *iTunes* parla dell'aspetto 3D della galassia (*Cosmogony*, la prima canzone) attraverso la quale si accede alle altre apps, come osservato in **Figura 19**. Ogni canzone è introdotta da un testo, e da diverse opzioni che l'utilizzatore può scegliere (**Tabella 18**).

Tabella 18. Opzioni di interazione offerte in *Cosmogony*

Play	Animation	Lyrics	Score
L'utente può ascoltare la canzone, osservare l'animazione video e interagire con lo stesso.	Funzione karaoke con animazione video.	Viene mostrato il testo della canzone in originale.	L'utente può ascoltare la canzone e seguire la partitura musicale in tempo reale.

La tabella mostra la struttura e le funzioni presenti in ogni canzone di Biophilia

⁹ Nicola Dibben, Abstract dalla presentazione "Digitalisation not Dematerialisation: The Musical Artefact in the Digital Age", 22 November 2011, Southampton, University of Southampton, www.southampton.ac.uk/music/news/seminars/2011/11/22_nicola_dibben.page.

Quando l'utente accede all'introduzione compresa in *Cosmogony*, una voce narra la struttura di *Biophilia* e ne illustra il legame che rappresenta tra musica, natura e tecnologia.

L'album è stato realizzato in collaborazione con un team di artisti, designers, scienziati, programmatori software e costruttori di strumenti per proporre l'esplorazione multimediale di strutture e fenomeni multimediali della galassia:

Biophilia opens into a three-dimensional galaxy with a compass allowing navigation between the 3-dimensional universe and a two-dimensional track list. Take a closer look by tapping on stars within the constellations and you'll see that each is an in-app purchase that gives access to the inspired combination of artifacts for each new Björk song: interactive art and games, music notation which can be used to sing along karaoke-style, abstract animations, lyrics, and essays that explore Björk's inspirations for the track. These artifacts bring together conventional and alternative ways of representing and making music to create an environment for entertainment and learning.¹⁰

In *Biophilia* l'interazione è dunque prevalentemente individuale, al contrario di *ReacTable*, e l'app multimediale viene descritta come gioco basato sull'interattività e con possibili applicazioni pedagogiche.

¹⁰ Apple (n.d.). In iTunes Preview, recuperato da <https://itunes.apple.com/nz/app/biophilia/id434122935?mt=8>. Ultima consultazione, 1 novembre 2014.

Figura 19. Biophilia

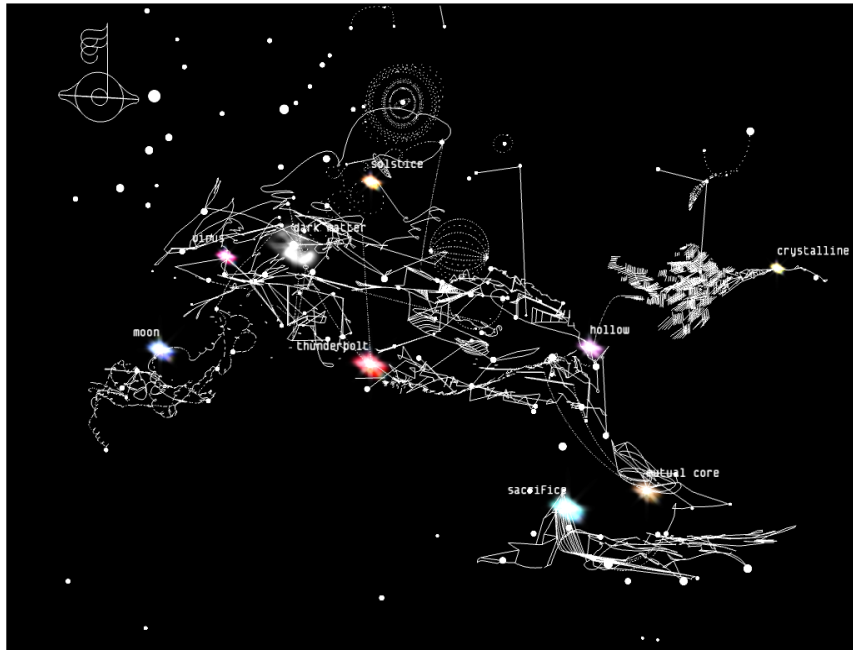


Immagine della galassia in 3D (Cosmogony) che è possibile esplorare con touchscreen, tablet o smartphone, comprende le altre canzoni (e applicazioni) i cui titoli appaiono nella stessa immagine.

Il ruolo dell'ascoltatore non è relegato al semplice ascolto ma può interagire con ogni canzone, improvvisando, ricostruendone e ricomponendone il materiale musicale, con la possibilità di registrare le interazioni e le composizioni in tempo reale. Ha inoltre funzioni di karaoke con la presenza dei testi delle canzoni, animazioni video delle stesse e possibilità di seguire la partitura musicale. Ecco che le canzoni allora diventano una metafora musicale che il soggetto può manipolare o semplicemente ascoltare. La grafica dell'album è basata su costellazioni e sistemi solari che contengono canzoni. Ognuna di queste è caratterizzata da un tipo d'interazione diversa effettuata sullo schermo. Björk, con *Biophilia* introduce un programma educativo. Si tratta di workshop itineranti in diverse città del mondo (e.g. Tokyo, Los Angeles, etc.) dedicati ai bambini, dove, attraverso le canzoni e le apps, vengono introdotte diverse tematiche educative legate a discipline diverse. L'artista suggerisce idee per l'insegnamento, legate alle sue dieci canzoni: si tratta di argomenti educativi concepiti dal team di Björk assieme

a personale docente di una scuola di Reykjavik. Biophilia è entrata a far parte della collezione permanente del museo MoMA di New York.

2.3.4. SoundBeam

Questa tecnologia viene applicata nel campo della musicoterapia, nell'interazione tra terapeuta e cliente.

Soundbeam viene creato nel 1984 da Edward Williams ed è ispirato al Thereminvox¹¹. Grazie al suo alto livello di sensibilità è applicato nel campo pedagogico, terapeutico con utenti affetti da disabilità profonde. L'alto grado di sensibilità, infatti, consente all'utilizzatore di generare e formare effetti sonori anche con movimenti minimi. Come spiegato da Swingler (1998) "it emits ultrasonic beam of variable range movements within the beam generate data interpreted by any MIDI instrument" (p.253), ovvero SB utilizza pulsazioni ad ultrasuoni che vengono ricevuti dal sistema attraverso il movimento dell'utilizzatore. Poiché si utilizza linguaggio MIDI, l'azienda produttrice di SB offre sessioni di training nei centri che lo utilizzano, in modo da poter sfruttare a fondo le possibilità che questa tecnologia offre. SB permette di suonare musica senza nessun tipo di contatto con strumenti acustici tradizionali, basandosi su un controller alternato mentre l'architettura di SB si basa su un mapping di tipo complesso, in cui ai movimenti dell'utilizzatore si corrispondono diversi feedback sonori. In particolare, il sistema offre diversi tipi di controller all'utilizzatore, come ad esempio il *Transposer* che gli permette di controllare la modulazione delle scale musicali, *Mode* sulla dinamica delle note, accordi, velocità. Inoltre, consente di visualizzare in 3D la figura dell'utilizzatore attraverso l'applicazione di fino a quattro sensori (markers) sul suo corpo. Come sottolineato da Swingler (1998), Ellis, nei suoi studi con bambini autistici, propone il concetto di *Aesthetic Resonation* che avviene quando il cliente, nelle sessioni di musicoterapia, raggiunge il controllo totale ed espressivo. Circa l'interazione con SB, Ellis (2009), propone anche 9 criteri di sviluppo che si verificano quando il cliente è motivato a fare un tipo di lavoro denominato

¹¹ Come spiegato da Agostino di Scipio (2013), il Theremin "era uno strumento melodico da suonarsi muovendo le mani nello spazio tra due antenne (la distanza dalle antenne determinava l'altezza e l'intensità di un sistema di generazione del suono racchiuso nella cassa dello strumento). La tecnica esecutiva richiedeva notevoli capacità di coordinamento degli arti superiori ..." pp.61-62.

“inside-out”, una condizione che avviene all’interno di ambienti interattivi e che permette la libertà di espressione del cliente.

Attualmente, è uscita la versione 5 di SoundBeam, descritta come un controller midi che utilizza, come nelle versioni precedenti, beams ultrasonici e un interruttore per trasformare il movimento in suono. Anche quest’ultima versione, applicata nell’educazione speciale, permette ad esempio di suonare uno strumento attraverso i movimenti del corpo senza utilizzare lo strumento tradizionale. Le novità sono, rispettivamente, la presenza di un chip sonoro interno che permette di evitare di collegarsi ad uno strumento MIDI esterno e cinque funzioni (sintetizzatore, amplificatore, fasci d’onda, batteria e campionatore), per le quali è necessaria la connessione a casse acustiche e sensori. SB è in grado di riconoscere l’utente fino a 6 metri di distanza o a corta distanza, identificando movimenti minimi come quelli degli occhi per trasformarli in musica. Nella versione 5, illustrata in **Figura 20**, sono presenti da due a quattro sensori ultrasonici e quattro commutatori senza filo per l’interazione.

Figura 20. Sound Beam



SoundBeam 5 composto dall’unità di controllo, 4 commutatori e sensori ultrasonici. Adattato da: Soundbeam Products, www.soundbeam.co.uk/products/.

2.3.5. CARE HERE

CARE HERE Creating Aesthetically Resonant Environments for the Handicapped, Elderly and Rehabilitation nasce da un progetto nell'ambito europeo con sei soci. Il concetto alla base del progetto, mira a costruire un ambiente che permetta all'utilizzatore di esprimere esperienze percepite nello stesso (Brooks, 2011). Questo concetto viene applicato nella tecnologia con l'obiettivo di permettere un maggiore coscienza del proprio corpo e dei movimenti in bambini con deficit neuromotorio. In particolare, il progetto nasce con l'obiettivo di fornire un supporto terapeutico nello sviluppo di abilità fisiche e cognitive. Come spiegato da Brooks & Hasselblad (2004), CARE HERE si basa sul concetto di *Aesthetic Resonance* (Brooks et al., 2004) che avviene quando la risposta della tecnologia ad uno sforzo dell'utilizzatore risulta immediata e esteticamente piacevole, e, come conseguenza, il soggetto dimentica l'intenzione che lo ha spinto ad un movimento fisico e dunque ad uno sforzo, per ricevere il feedback (Brooks & Hasselblad, 2004, p.192). La struttura alla base di questo progetto si basa su "... open architectural algorithms for motion detection creative interaction and analysis, including the proactive libraries of interactive therapeutic exercise batteries based on multimedia manipulation in real time" (p. 192).

A monte di CARE HERE vi è un altro progetto denominato *Soundscapes* dello stesso Brooks. *Soundscapes* consiste di uno "spazio virtuale interattivo" (2004) in una libreria di cattura dei movimenti e una collezione di programmi in grado di proporzionare un feedback indiretto rispetto ai gesti dell'utilizzatore di tipo audiovisuale, per innescare un *feed-forward (homeostatic control system*, p. 192), ovvero una retro-alimentazione continua, che anticipa il risultato associato all'azione motoria sul feedback. CARE HERE, dunque, applica il concetto di retro-alimentazione offrendo l'opportunità di poter selezionare la tipologia di feedback secondo le preferenze dell'utilizzatore. Secondo Brooks & Hasselblad, questa possibilità permette di vincolare l'utilizzatore alla stessa dinamica psicologica che soggiace nei giochi e videogame: "... understanding of the causality involved and is analogous to the *flow state* involved in play & game psychology – exhibited when a child is engrossed in a computer game." (p.192).

La tecnologia si basa su un sistema di sensori. Attraverso la collaborazione del Laboratorio italiano Infomus di Genova, è stato applicato un algoritmo, creato dal software Eyesweb, che

attiva il movimento al feedback visuale, denominato *Silhouette Motion Images* (**Figura 21**). Inoltre, attraverso un programma apposito veniva segmentato il movimento per poter distinguere le fasi di moto dalle pause dell'utilizzatore (Brooks & Hasselblad, 2004).

Figura 21. Care Here



Nell'immagine un utilizzatore durante l'esperimento degli autori, e il tipo di feedback visuale legato al suo movimento. Adattata da "Creative aesthetically resonant environments for handicapped, elderly and rehabilitation: Sweden" di Brooks L. e Hasselblad, 2004, p.195.

2.3.6. Motion Composer

Motion Composer viene qui proposto come esempio di tecnologia individuale, sebbene uno dei suoi sei ambienti preveda la possibilità di un'interazione di fino a due utilizzatori, sonora, propriocettiva e a scopo estetico (Peñalba et al., 2015).

Motion Composer è un sistema interattivo utilizzato nel progetto europeo "*METABODY Media Embodiment Tékhne and Bridges of Diversity*", finanziato dalla Commissione Europea per il periodo dal 2013 al 2018, con 38 soci in tutta Europa, tra i quali il Laboratorio Infomus di Genova, e con cui collabora l'Università di Valladolid. La tecnologia che lo costituisce, è basata

dalla sovrapposizione di una videocamera ethernet IDS e il sensore ottico 3D Microsoft Kinect. Il laboratorio dell'Università di Genova si è occupato dell'assemblaggio, utilizzando il software Eyesweb per eliminare la latenza e per ottenere un'alta risoluzione d'immagine. In questo modo, è anche possibile ricevere un feedback immediato circa la posizione spaziale (anche con la variabile della profondità) e la postura dell'utilizzatore nello spazio oltre che con movimenti minimi (sbattimento di palpebre e movimento dell'iride). Uno degli scopi di questo progetto, è quello di creare nuovi dispositivi di comunicazione multisensoriale e corporea.

L'ambiente interattivo di Motion Composer è suddiviso in sei successivi ambienti che possono essere scelti all'avvio del sistema e che corrispondono a feedback diversi: *Fields*, *Drums*, *Tonality*, *Particles*, *Ataxia*, *Techno*. Le patches¹² sono state sviluppate da diversi compositori e propongono un tipo di risposta sonora al movimento dell'utilizzatore nello spazio. Ad esempio, in *Fields*, che comprende sei micro ambienti con sonorità differenti provenienti dalla natura e dalla vita rurale, lo spazio d'interazione è suddiviso in due parti. In esso l'utilizzatore potrà ottenere due tipi di sonorità diverse, che possono andare dal sibilo del vento fino a una tempesta con tuoni in una zona, o da una singola goccia d'acqua fino a una tempesta di pioggia nell'altra metà dello spazio (*Fields 3*). Queste sonorità variano secondo il tipo di eccitazione cinetica prodotta dall'utilizzatore e sono dunque legate alla velocità. Infatti, l'utilizzatore può muoversi liberamente nello spazio compiendo qualsiasi tipo di movimento senza restrizioni. Quest'ambiente, in particolare, è stato concepito per un'interazione individuale o di coppia. Come spiegato dallo stesso Lepri, programmatore di *Fields*, l'interazione si basa su un parametro solo:

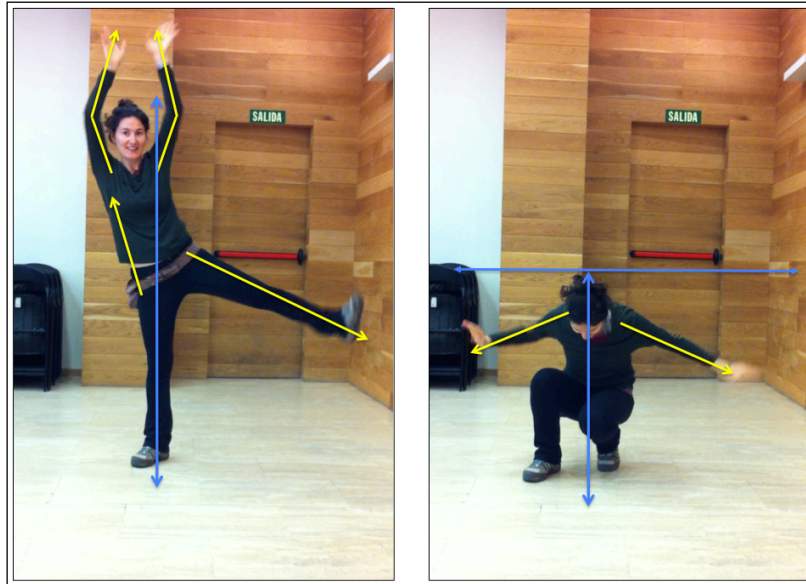
Questo parametro potrebbe essere definito come "quantità di movimento". In altre parole viene rilevato quanto il movimento è ampio ed energetico e con che velocità viene eseguito. Da un punto di vista sonoro questo parametro viene sonificato (convertito in suono) seguendo principalmente due paradigmi:

¹² Una patch è una configurazione o un file di dati audio all'interno di uno strumento musicale elettronico, come ad esempio un sintetizzatore, che ne migliora il funzionamento o ne correggere gli errori.

- accumulazione (es. l'utente si muove poco --> il suono che si sente è un singolo uccello / l'utente si muove molto --> il numero di uccelli che si ascoltano aumenta)
- pitch shifting / cambiamento dell'altezza (es. l'utente si muove poco --> il suono dell'ape è in un range di frequenze grave / l'utente si muove molto --> il suono dell'ape è in range di frequenze acute) (conversazione personale con il compositore Giacomo Lepri).

Lepri spiega che tutti i suoni in Fields (sei) sono stati elaborati secondo questi due criteri. Inoltre, al movimento più o meno energetico (con o senza salti) o in alto o in basso nello spazio, corrisponderanno suoni specifici o si può attivare l'opzione di cambiamenti di altezza del suono (*pitch shift*). L'ambiente Drums, invece, è composto di un set di 5 strumenti a percussione diversi (marimba, jambè, tamburo etc.) e disposti spazialmente nell'ambiente, che corrispondono ai movimenti laterali di braccia e di gambe, e verso l'alto delle braccia. Per un controllo ottimale dell'interazione con lo spazio, l'utilizzatore si deve muovere lungo l'asse longitudinale nell'ambiente, poiché gli strumenti virtuali sono predisposti in circolo. I movimenti devono essere discreti. Inoltre, non è possibile controllare il tono dei suoni. Pertanto dal movimento degli arti sull'asse longitudinale, dipenda il timbro delle percussioni. In **Figura 22** si può osservare l'interazione con l'ambiente Drums da parte di un utilizzatore in prospettiva frontale, ovvero come il sistema MOCAP mappa la silhouette del soggetto. A sinistra l'utilizzatore interagisce senza spostarsi dall'asse longitudinale mentre a destra controlla il timbro abbassandosi in posizione semi seduta senza muoversi dall'asse longitudinale.

Figura 22. Motion Composer



Ambiente Drums, in blu gli assi longitudinale e trasversale dell'utilizzatore, in giallo evidenziate la posizione e la direzione dei segmenti del corpo che producono il suono di percussioni. Museo Patio Herreriano, maggio 2014, prove per l'esperimento nell'ambito del progetto Metabody.

Ciascuno degli altri ambienti prevede un'interazione diversa con l'utilizzatore. L'idea di Motion Composer, ha precedenti in un esperimento realizzato da Peñalba & Wechsler (2010) con persone colpite da paralisi cerebrale, attraverso l'applicazione di un sistema interattivo utilizzato dal gruppo teatrale Palindrome, usato da Wechsler. Questa tecnologia ad oggi è oggetto di esperimenti a scopo migliorativo, in modo da proporre sul mercato una tecnologia completa.

Come parte del progetto Metabody, Peñalba et al., (2015) stanno finalizzando uno studio nel quale si cerca di analizzare il tipo di interazione che Motion Composer permette in soggetti di diverso genere, età, formazione, alcuni dei quali con disabilità. Sono emerse tre principali interazioni dipendenti dall'esperienza personale e dall'ambito di formazione di provenienza: *sound-based*, *movement-based* e *contingent*. Il primo si riferisce a movimenti basati e stimolati dal suono, il secondo a movimenti mentre il terzo è più raro. In particolare i soggetti con una formazione musicale hanno esplorato il dispositivo sviluppando un'interazione di tipo *sound-based*, i soggetti con formazione di danza e dunque cinestetica hanno sviluppato un'interazione

di tipo movement-based, mentre l'interazione denominata contingent è stata evidenziata in individui la cui formazione proviene dal campo musicale e del movimento (danza). I risultati hanno evidenziato similitudini tra tutti i partecipanti, in particolare, i soggetti con alcuni gradi di disabilità hanno sviluppato un'interazione simile ai soggetti senza disabilità (Peñalba et al., 2015).

Durante questa prima parte della tesi, sono state descritte le tipologie di interfacce musicali digitali per consentire al lettore di comprendere il loro funzionamento, per poi passare alla descrizione di alcune interfacce considerate significative dal punto di vista interattivo e di applicazione, tra cui alcune in campo terapeutico. Nella terza parte di questa ricerca, saranno riprese e spiegate alcune nozioni di teorie considerate importanti per la comprensione della tecnologia che presenterò nella quarta parte. Questi concetti riguardano, inoltre la propriocezione, la Embodied Cognition, l'interazione modale incrociata, la sinestesia, i colori, le teorie di associazione tra colori e suoni e la filosofia dell'Empowerment.

III PARTE

PROSPETTIVE TEORETICHE

3. IUM: percezione e propriocezione

In questa terza parte proporrò al lettore diversi concetti teorici, utili nella comprensione della quarta parte della tesi.

Si tratta di quattro capitoli che riguardano percezione e propriocezione, le teorie dell'Embodied Cognition, la sinestesia, e teorie sul colore e l'Empowerment. Descrivo pertanto la percezione visiva secondo l'approccio ecologico della Teoria della Percezione Visuale di Gibson, in cui la percezione è il prodotto del movimento oltre che dell'informazione presente nell'ambiente. Poiché il movimento è fondamentale, nel percepire e comprendere l'ambiente, la propriocezione gioca un ruolo chiave: permette di sperimentare il "mondo" esteriore attraverso il movimento e diviene uno strumento per la consapevolezza del proprio corpo oltre che dei movimenti.

In questa sezione descrivo inoltre le teorie che abbracciano una concezione olistica del corpo nell'ambiente che saranno osservate nell'ambito tecnologico-digitale. Poiché in questa ricerca mi riferisco a tecnologie musicali basate su una realtà mista interattiva, la considerazione della tecnologia in quanto "virtuale" (attributo conferito anche attraverso il mapping disegnato *in primis* e dunque "invisibile" all'utilizzatore), si mescola con la partecipazione attiva dell'utilizzatore attraverso il suo corpo "reale". Quest'aspetto olistico si ripresenta quindi anche all'interno della tecnologia RMI proposta, ed è fondamentale per l'ambito applicativo terapeutico e l'espressione creativa. La percezione visuale viene quindi proposta come esempio di percezione, in vista del capitolo sull'integrazione modale incrociata, in cui è investigata l'associazione colore-suono da applicare al design di e-mocomu. L'approccio olistico al soggetto nell'ambiente viene dunque applicato anche nella percezione e integrazione sensoriale. Pertanto, viene considerata l'integrazione percettiva e offerta al lettore la possibilità di comprendere come, anche a livello neuronale, avvenga un'interazione sensoriale con l'esempio sinestetico. La filosofia dell'empowerment, infine, servirà come base per tracciare uno dei concetti presenti nella quarta parte della tesi, circa l'espressione creativa del soggetto all'interno della tecnologia RMI.

3.1 Percezione visuale

Per descrivere il sistema percettivo, sono nate teorie basate sulla filosofia cognitiva. Alcune di queste, che descriverò più avanti, riguardano la psicologia del corpo e la fenomenologia della mente. In questo capitolo parlo di propriocezione, un aspetto fondamentale nella concezione della filosofia “incorporata” (*embodied*). Nel parlare di percezione corporale, ci si riferisce a una concezione in cui il corpo e l’ambiente sono uniti; questa prospettiva sarà più chiara considerando, ad esempio, la vista. Le teorie della cognizione incorporata ci spiegano questo fenomeno come un incontro tra soggetto e oggetto, in cui l’oggetto è percepito attivamente dal soggetto attraverso il corpo. La percezione sarà quindi sempre diversa da persona a persona, come anche il significato di quello che percepiremo, poiché è basato sull’esperienza del nostro corpo. Al contrario, nella teoria ortodossa questa visione è proposta come passiva, e avverrebbe solamente all’interno del cervello, con la formazione di un’immagine su di uno “schermo”, (come avviene con la macchina fotografica analogica) e basata dalla corrispondenza tra punti focali con punti radianti, secondo la quale l’immagine sarebbe poi trasmessa al cervello. Al contrario,

Se l’immagine retinica non è trasmessa al cervello nella sua interezza, mi sembra di poter dire che l’unica alternativa è che venga trasmessa elemento per elemento, e cioè attraverso dei segnali nelle fibre del nervo ottico. Ci sarebbe allora una corrispondenza elemento-a-elemento tra l’immagine e il cervello, analoga alla corrispondenza punto a punto tra oggetto ed immagine (Gibson, 2007, p.115).

Dunque la percezione visuale, come avviene per le altre modalità, è un’azione con significato, infatti

Lo stesso rigido confine tra processi percettivi, cognitivi e motori finisce per rivelarsi in gran parte artificioso: non solo la percezione appare immersa nella dinamica dell’azione, risultando più articolata e composta di come in passato è stata pensata, ma il *cervello che agisce* è anche e innanzitutto *un cervello che comprende* (Rizzolatti & Sinigaglia, 2006, p.3).

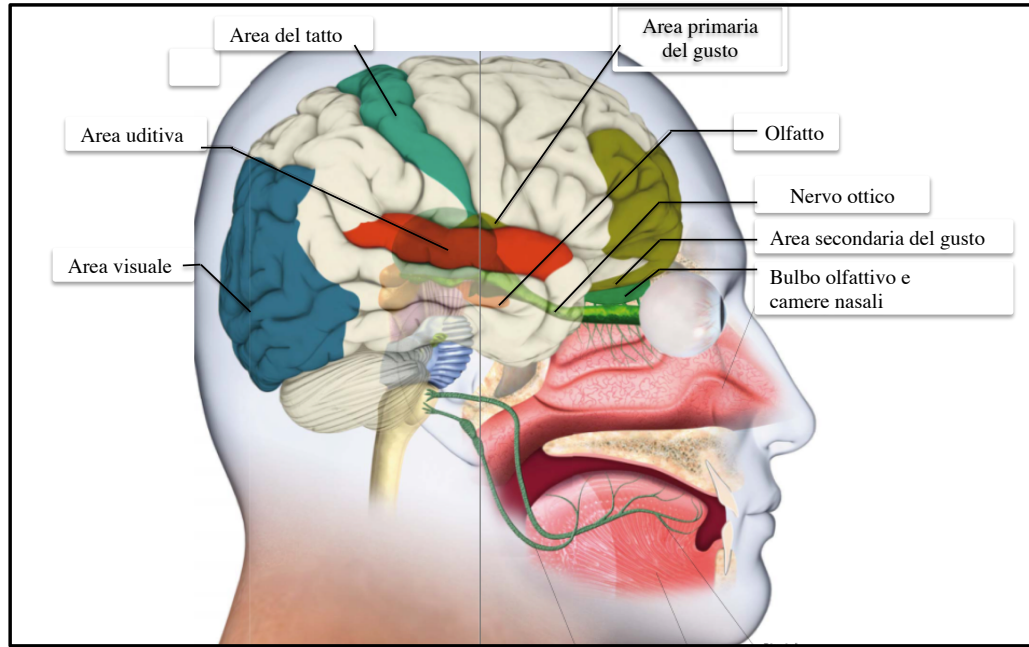
Rizzolatti e Sinigaglia (2006), in questo paragrafo, ci spiegano che le diverse aree della corteccia premotoria (**Figura 23 e 24**) si comportano in modo diverso a seconda della stimolazione sensoriale, rivelando dunque l'inconsistenza della credenza ortodossa che si basava sulla divisione della corteccia motoria in due aree e che ne segnava la divisione anche percettiva (p.13). Nella corteccia motoria avvengono molteplici e distinte rappresentazioni, poiché risulta "sempre più evidente come il sistema motorio possieda una molteplicità di strutture e di funzioni tale da non poterlo più confinare al ruolo di mero esecutore passivo di comandi originati altrove" (p.21), questo viene rafforzato dal fatto che ulteriori scoperte hanno dimostrato come

le aree della corteccia parietale posteriore ... oltre a ricevere forti afferenze dalle regioni sensoriali, possiedono proprietà motorie analoghe a quelle delle aree della corteccia frontale granulare ... [c]iò mostra come il sistema motorio non sia in alcun modo periferico e isolato dal resto delle attività cerebrali, bensì consista di una complessa trama di aree corticali differenziate per localizzazione e funzioni, e in grado di contribuire in maniera decisiva a realizzare quelle traduzioni o, meglio, trasformazioni sensori-motorie da cui dipendono l'individuazione, la localizzazione degli oggetti e l'attuazione dei movimenti richiesti dalla maggior parte degli atti che scandiscono la nostra esperienza quotidiana (2006, pp.21-22).

Pertanto, la corteccia motoria e premotoria sono impiegate anche nella percezione visuale, oltre che nella percezione degli altri sensi, e non si attivano solo quando il soggetto compie un'azione nell'ambiente. Inoltre, sono fondamentali per le "integrazioni sensori-motorie" (2006) impiegate nel generare i movimenti quotidiani.

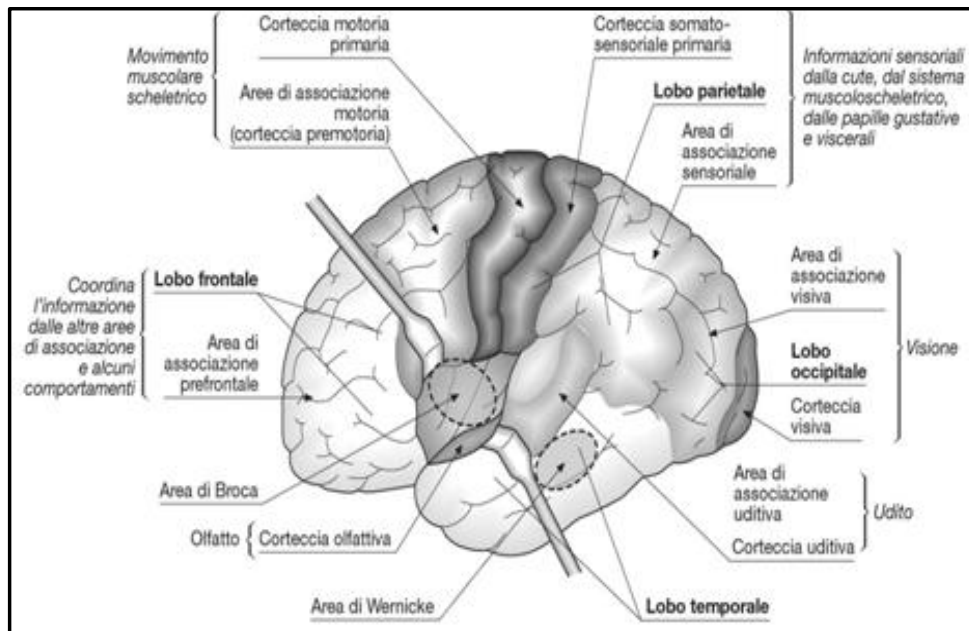
Queste affermazioni sottolineano il ruolo fondamentale del movimento, identificato anche nel cervello con la scoperta dei neuroni specchio, alla base della percezione. I neuroni specchio consentono "al nostro cervello di correlare i movimenti osservati a quelli propri e di riconoscerne così il significato" (2006, p.3). I neuroni specchio si attivano sia nell'effettuare un'azione, sia quando l'osservatore vede la stessa azione compiuta da un altro oggetto (Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996). Una sottoclasse di neuroni specchio (neuroni trimodali) si attivano non soltanto quando si compie o si osserva un'azione, ma anche quando si ascoltano i suoni prodotti da quel tipo di azione, mentre i neuroni canonici si attivano nell'osservare l'ambiente.

Figura 23. Aree percettive del cervello



Le aree del cervello umano dedicate alla percezione dei sensi. Adattato da “The human Brain Book.” di Carter et al., 2009, pp.77-78. Copyright 2009 della Dorling Kindersley Limited.

Figura 24. Aree del cervello in dettaglio



Le aree del cervello in dettaglio con le relative funzioni. Adattato da www.nonsolofitness.it/scienza-e-movimento/ginnasticaposturale-e-kinesiterapia.

Goldstein (2013), nonostante difenda una teoria ortodossa della percezione, spiega che le sensazioni possono essere stimulate internamente da una memoria o dall'immaginazione: si parla allora di elaborazione "top-down" (dall'alto verso il basso), basata sulla conoscenza. Bisogna tenere a mente che le differenze fisiologiche di ciascun essere umano influenzano l'elaborazione bottom-up (dal basso verso l'alto), e che per questo ogni persona sperimenta uno stesso evento in maniera distinta. Inoltre, le sensazioni di cui non siamo consapevoli, possono guidare le nostre azioni: ad esempio, le sensazioni collegate alla posizione del nostro corpo ci permettono di muoverci senza pensare all'azione.

Nonostante quanto spiegato da Goldstein si allontani in qualche modo dalla tipica visione ortodossa della percezione visiva, la Teoria della Percezione Visuale, Gibson sostiene che l'unica cosa che possiamo vedere direttamente e che stimola i nostri occhi è la luce, mentre le immagini sarebbero solamente viste in modo indiretto. Infatti, per l'autore, l'unico modo in cui si può osservare l'illuminazione, è attraverso l'osservazione delle superfici che riflettono i raggi di luce,

ecco perché osservare l'ambiente non significa vedere la luce come tale (2007, p.108). Da questo ne deriva che non si potrà mai vedere “la stimolazione sulla retina”.

Gibson, nella sua teoria ecologica della percezione visuale, spiega la dinamica visiva percepita dal soggetto, prendendo in considerazione la luce ambiente (che causa illuminazione) e la luce radiante (risultato dell'illuminazione): “la luce ambiente ha struttura mentre quella radiante non ne ha. La prima, quindi mette a disposizione delle informazioni sulle superfici riflettenti, mentre la luce radiante può, al massimo, trasmettere informazioni sugli atomi da cui proviene.” (2007, p.120-121). Dunque se la luce ambiente non avesse struttura, non ci sarebbero neanche informazioni, anche se i recettori dell'occhio sarebbero stimolati ugualmente. Affinché, infatti, un recettore possa “fare fuoco”, deve assorbire l'energia luminosa, che viene poi tradotta in quanto segnale elettrico, assorbita e considerata come stimolazione. Ma l'informazione dello stimolo è diversa dalla stimolazione: in altre parole, un organo percettivo¹³ viene attivato dalla luce mentre i recettori possono essere stimolati senza che l'organo venga attivato, ovvero senza avere l'informazione. (p.105).

Si suppone che i dati su cui operano i processi percettivi del cervello siano gli input dei nervi. Ma il mio assunto è del tutto differente, poiché quanto abbiamo a disposizione indica che gli stimoli in quanto tali non contengono informazioni, che le sensazioni di chiarezza non sono elementi della percezione, e che gli input ricevuti dalla retina non sono elementi sensoriali su cui opera il cervello (2007, p.106).

In altre parole, in una situazione di buio totale la percezione fallisce per mancanza di informazione, mentre con la luce ambiente omogenea mancherà l'informazione (nonostante si produca stimolazione). Proprio in forza della natura temporale dello stimolo, sarebbe quindi impossibile che un oggetto con carattere permanente venga definito da uno stimolo. Un oggetto non può essere uno stimolo. Gibson sottolinea l'inesauribilità delle informazioni disponibili in termini di luce ambiente e di vibrazioni, che esistono nel mondo esterno attorno all'osservatore, che è immerso in un ambiente che contiene un “mare di energia fisica” (2007, p.112), di cui solo una porzione ci fornisce informazioni. In questo ambiente, quindi, l'informazione dello stimolo non può essere inviata (come invece sostiene la visione ortodossa) o trasmessa: in altre parole

¹³ Con questo termine Gibson si riferisce agli organi che compongono la vista, i due occhi.

non può essere ridotta ad un messaggio trasmesso nel cervello. La teoria ortodossa presuppone una codificazione e decodificazione dei segnali, il che implicherebbe una divisione erronea tra cervello (luogo dell'elaborazione) e corpo (luogo della percezione), mentre la teoria ecologica propone che la visione venga considerata come un sistema percettivo in cui il cervello, la retina, la testa, l'occhio e il corpo non siano separati, ma, al contrario uniti e inseparabili.

L'esempio che fa l'autore riguarda le opere pittoriche e plastiche, che sono mezzi di comunicazione che non contengono segnali da inviare al soggetto, ma sono invece informazioni dirette disponibili all'osservatore, mediate dalla percezione. "Noi non possiamo trasmettere ad altri informazioni sul mondo, a meno che non abbiamo percepito quest'ultimo. E le informazioni disponibili per la nostra percezione sono radicalmente differenti da quelle che trasmettiamo" (p.120), in altre parole la percezione visiva (come anche gli altri tipi di percezione sensoriale) sarà diversa da persona a persona poiché mediata dall'esperienza personale, attraverso il corpo. Allora, come riassume Dourish (2004):

Gibson's starting point was to consider visual perception not as a link between optics and neural activity, but as a point of contact between the creature and its environment, an environment in which the creature moves around and within which it acts (p.117).

Come vedremo nel paragrafo 4.1.4, anche Nöe & O'Regan (2002) parlano di percezione visuale, per spiegare la Teoria delle Contingenze Sensomotorie (TCS). Secondo la loro spiegazione, nell'ottica dell'approccio visuale sensomotorio¹⁴, "vision is a capacity not of the brain, but of the whole environmentally situated perceiver ... the role of the brain in producing vision is to enable active exploration based on implicit knowledge of sensorimotor contingencies" (p.593). Pertanto, anche nella TCS il ruolo del movimento è cruciale per spiegare la percezione visuale, come anche le altre contingenze sensomotrici (paragrafo 4.1.4).

¹⁴ Con questo termine si indica un sistema che svolge funzioni motorie e sensoriali, http://www.grandidizionari.it/Dizionario_Italiano/parola/s/sensomotorio.aspx?query=sensomotorio , ultima consultazione 2 settembre 2014.

Nel capitolo 4, verranno ripresi e sviluppati questi concetti, non solo attraverso le diverse teorie incorporate, ma anche affrontando il tema del colore, un tema importante nello sviluppo e proposta della tecnologia e-mocomu.

3.2 Propriocezione

Come spiega anche la Teoria delle Contingenze Sensorimotorie, la propriocezione è alla base della percezione degli stimoli esterni, che viene mediata dal movimento. Nelle tecnologie descritte in questa tesi, infatti, viene offerta all'utilizzatore la possibilità di acquisire un maggior controllo sulla tecnologia proprio grazie al movimento. Considerando, inoltre, la teoria delle Contingenze Sensorimotorie approfondita nel capitolo seguente (O'Regan & Nöe, 2001), il soggetto immerso in un ambiente con determinate caratteristiche non si muove casualmente, ma utilizza il movimento per percepire l'ambiente in cui si trova e acquisire maggior consapevolezza circa il proprio ruolo nello spazio, e gli oggetti che lo compongono. Ad esempio, nella percezione visuale “[w]hen the eyes rotate, the sensory stimulation on the retina shifts and distorts in a very particular way, determined by the size of the eye movement, the spherical shape of the retina, and the nature of the ocular optics” (2001, p.942). La propriocezione è anche un elemento importante che permettere al soggetto di raggiungere una dinamica di autocontrollo, durante l'utilizzo di sistemi interattivi. In altre parole, all'interno di sistemi interattivi, grazie al feedback ottenuto sul proprio movimento, viene offerta al soggetto la possibilità di imparare a gestire la frustrazione o il piacere derivato dal feedback ricevuto, in funzione delle proprie azioni motorie nell'ambiente (ovvero il raggiungimento di un autocontrollo necessario nell'interazione). L'autocontrollo, quindi, è basato sugli schemi motori che si formano a seconda dei propriocettori coinvolti nel movimento. In particolare, come evidenzia Ruggeri (1997), l'attenzione è seguita da un'aspettativa, che in termini muscolari significa tensione, che a sua volta confluisce nella risoluzione muscolare data dalla comparsa dello stimolo. Questa dinamica è legata al binomio piacere-dispiacere ottenuto durante l'attività motoria muscolare (tensione-risoluzione muscolare) e propriocettiva.

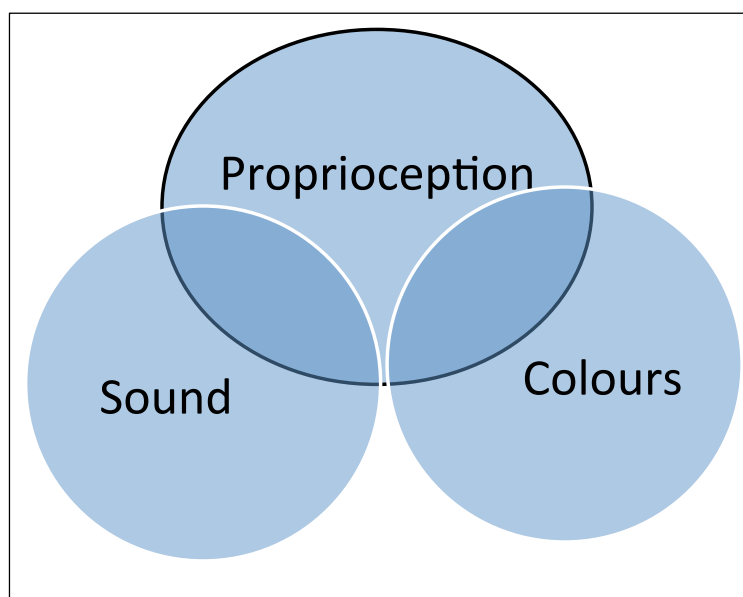
Appare quindi chiaro come, attraverso la propriocezione, in un sistema interattivo il movimento ci consente di sperimentare continui cambi animici, ed allo stesso tempo ci permette

l'esplorazione dell'ambiente in cui siamo immersi. Secondo la Teoria delle Contingenze Sensorimotorie, il nostro movimento ci consente infatti di sperimentare continuamente un cambio percettivo-sensoriale dovuto al movimento del nostro corpo immerso nell'ambiente. In altre parole, ogni qualvolta percepiamo uno stimolo esterno (attraverso la modalità visiva, sonora, gustativa, olfattiva ecc.) questo stimolo viene mediato dal movimento e dalla percezione degli organi che permettono l'esperienza del movimento: i propriocettori. Pertanto attraverso l'integrazione di più modalità sensoriali, sempre legate alla dimensione propriocettiva, otteniamo informazioni esterne. Ogni movimento effettuato con il nostro corpo ci permette di sperimentare uno stesso stimolo da diverse prospettive, ottenendo dettagli e caratteristiche sempre diverse. In quest'ottica, la propriocezione è una componente fondamentale da considerare in ogni tecnologia interattiva a scopo terapeutico, educativo o ludico.

È attraverso il movimento, e le contingenze sensorimotorie impiegate, che l'utilizzatore, immerso in una RMI, potrà esplorare lo spazio, inter-attuare con lo stesso e immagazzinare questa esperienza per definire una relazione appropriata con ciò che lo circonda. Questa teoria risulta di conseguenza fondamentale quando si parla di tecnologie RMI giacché, come evidenziato da Peñalba (2005; 2011; 2008) la propriocezione offre molteplici possibilità nel campo musicale. Questo processo percettivo mediato dal movimento, quindi, avviene attraverso la contingenza sensorimotoria appropriata ed attivata nel momento della percezione. Come il lettore comprenderà, allora, all'interno di una tecnologia di RMI, il mapping avvantaggerà un tipo di contingenza sensorimotoria, (sonoro-propriocezione, visuo-propriocezione, ecc.) anziché un'altra. Proprio per questo motivo, ho ritenuto importante proporre una classificazione volta a specificare quali tipologie di propriocettori vengono sollecitate nelle tecnologie interattive descritte nella seconda parte della tesi.

Dal diagramma di Venn, proposto in **Figura 25**, il lettore potrà osservare le tre modalità sensoriali che interessano, in particolar modo, questo lavoro di ricerca e che descrivo nei prossimi capitoli della tesi: quella del colore, o delle immagini, quella dei suoni e quella della propriocezione. Queste tre modalità sono presenti, infatti, nel prototipo e-mocomu descritto più avanti. In particolare, la propriocezione assume un ruolo centrale, essendo sempre presente nelle altre due modalità percettive.

Figura 25. Diagramma di Venn sulla propiocezione



Il diagramma rappresenta le tre modalità sensoriali affrontate in questa tesi, da cui emerge che la contingenza sensorimotoria della propiocezione è sempre presente nelle altre due modalità percettive, assumendo così un ruolo fondamentale.

È utile ricordare che esistono diverse categorie per la classificazione dell'interazione tra utilizzatore e Presenza-ambiente nelle tecnologie interattive. Alcune di queste, ad esempio, si basano sull'interazione individuale o di gruppo proposta da Miranda & Wanderley (2006), ovvero sul numero di utilizzatori delle tecnologie proposte che possono essere individuali o di gruppo o in funzione della superficie di controllo (ovvero la tipologia di controller da cui si differenzia la superficie di controllo) (2006, p.20). Si potrebbero, ad esempio, raggruppare le tecnologie secondo la tipologia di mapping, ovvero classificandole secondo mapping semplice o complesso, o secondo il campo di applicazione della tecnologia in questione, come ad esempio tecnologie per scopi ludici, di mercato o terapeutici. Queste rappresentano solo alcuni esempi di classificazioni possibili.

In questa tesi propongo la classificazione di tecnologie basata sull'interazione propriocettiva dell'utilizzatore con l'ambiente. Questa scelta, è basata sul ruolo fondamentale assunto dal movimento nelle tecnologie RMI. Infatti, nelle tecnologie descritte nella seconda parte della tesi, il movimento del soggetto risulta alla base dell'interazione con la tecnologia interattiva, trattandosi di movimenti che si basano sull'articolazione e la partecipazione del corpo.

Come suggerisce Mandolesi infatti:

Conoscere quindi tale potenzialità equivale a sviluppare strumenti terapeutici e riabilitativi in grado di migliorare la vita di molti pazienti affetti da patologie del sistema motorio. Spostandoci poi sul piano educativo, sapere che l'osservazione di un'azione produce l'attivazione di circuiti neurali deputati anche all'esecuzione, rende l'apprendimento per osservazione uno strumento indispensabile per acquisire e sviluppare nuove procedure (p.viii).

Dunque l'utilizzatore, in questa ricerca, è il protagonista creativo, e le tecnologie proposte come esempi hanno per obiettivo valutare il comportamento del soggetto, o migliorarne qualitativamente la vita utilizzando il suo movimento come mezzo per ampliarne le capacità espressivo-creative e la comunicazione con l'ambiente. Da un punto di vista terapeutico e pedagogico, la coscienza propriocettiva del soggetto combinata con la dimensione musicale, permettono una valutazione psicofisica per il terapeuta e autoreferenziale per il soggetto.

Al contrario di altre classificazioni che si basano principalmente sulla struttura e sul design della tecnologia, situando quest'ultima al centro della discussione scientifica, in questa tesi propongo la tecnologia come mezzo sensoriale. Un mezzo, infatti, per sperimentare una dimensione ludica, educativa e terapeutica, attraverso diversi parametri che coinvolgono sempre il movimento, e dunque attraverso il sistema propriocettivo dell'utilizzatore. Alla luce di queste considerazioni, la scelta basata sulla tipologia di propriocezione coinvolta nell'uso di tecnologie musicali di realtà mista interattiva si rivela necessaria, oltre ad essere la più coerente tra quelle studiate.

Nel proporre questa tipologia di classificazione considero anche il concetto di "Image Schemata" (IS) di Johnson (1987), che deriva dal termine "schema" che egli stesso dice di aver

preso a prestito dal filosofo Kant (1987, p.140). Nella IS l'esperienza dell'utilizzatore è di carattere cinestetico: l'esperienza si percepisce cioè attraverso il corpo e dunque, ancora una volta, attraverso i diversi propriocettori coinvolti. Nel prossimo capitolo discuteremo più a fondo la teoria di Johnson, per ora mi limiterò a chiarire al lettore il concetto di propriocezione.

La tecnologia proposta in questa tesi si basa sul movimento del soggetto, come descritto nel capitolo precedente, nell'articolazione e partecipazione del corpo all'interno di sistemi interattivi musicali come e-mocomu. Questa partecipazione del corpo può essere classificata secondo diversi tipi di propriocezione che vengono attivati attraverso, ad esempio, l'equilibrio del soggetto, l'utilizzo delle braccia o di altre parti del corpo verso l'alto, il basso o attorno al corpo, oppure l'utilizzo delle dita su di una superficie tattile per fare pressione o sfiorarla. Attraverso i propriocettori, il soggetto diventa consapevole dei propri movimenti (Peñalba, 2011), programmando le sue azioni motorie in base alla tipologia di feedback che la tecnologia gli potrà offrire. Nelle tecnologie RMI descritte e in e-mocomu, il corpo del soggetto interviene nella programmazione motoria, sonora, e, in alcuni casi, visuale:

- Programmazione motoria: tutte le tecnologie descritte permettono l'interazione attraverso i propriocettori del movimento.
- Programmazione sonora: ADA, Sound Beam, ReacTable e Biophilia, Motion Composer, e-mocomu.
- Programmazione visuale: Brain Opera, ADA, CARE HERE, e-mocomu.

La programmazione motoria attraverso la propriocezione, è presente in tutte le tecnologie RMI descritte, oltre che nel prototipo che descriverò in seguito, risultando essenziale per l'interazione. L'interazione, che avviene tra soggetto e ambiente, risulta quindi essere mediata dalla propriocezione.

3.2.1. Definizione

La propriocezione è l'insieme delle funzioni deputate al controllo della posizione e del movimento del corpo, sulla base delle informazioni rilevate da recettori periferici denominati

propriocettori. Questi sono situati nei muscoli, nei tendini, nelle articolazioni e nella porzione vestibolare del labirinto membranoso, informano i centri nervosi superiori delle parti del corpo e della sua posizione e atteggiamento, e intervengono nella regolazione e nella distribuzione del tono muscolare. I fusi neuromuscolari, gli organi muscolo-tendinei di Golgi e i corpuscoli di Paccini fanno parte dei propriocettori. I recettori propriocettivi sono i sensori che inviano l'informazione al sistema nervoso, sono i principali recettori impiegati nel controllo del movimento, della postura e dell'equilibrio (Peñalba, 2008). Si tratta dunque della capacità del sistema nervoso centrale di controllare la posizione, contrazione e movimento del corpo nello spazio (cinestesia) senza far uso della vista, e attraverso la stimolazione di particolari recettori tra i quali i propriocettori. Esistono, infatti, due livelli di propriocezione: uno conscio o volontario, che permette, ad esempio, la corretta articolazione durante diverse attività fisiche, e uno inconscio, che modula la funzione muscolare attivando i riflessi di stabilizzazione delle articolazioni (Laskowski, Newcomer-Aney & Smith, 1997). Secondo Laskowski e compagni (1997), la propriocezione: “is one of the somatic sense - nervous system functions that collect sensory information from the body but are not one of the special senses of sight, hearing, taste, touch, smell, or vestibular equilibrium” (p.7).

Le definizioni ci aiutano a comprendere come, grazie ai propriocettori, siamo coscienti dei nostri movimenti e possiamo controllarli. Ciò permette inoltre l'applicazione del concetto della propriocezione in altri campi al di fuori di quello fisico, per ottenere diversi benefici fisici e psicologici.¹⁵ Bisogna infine considerare l'aspetto statico e dinamico della propriocezione. La percezione statica permette l'orientamento cosciente di una parte del corpo ad un'altra, mentre la percezione dinamica offre un feedback al sistema neuromuscolare, sulla direzione del movimento (1997, p.7).

¹⁵ Come suggerito da Peñalba (2008), la propriocezione si applica in diversi campi per ottenere distinti benefici, come ad esempio nel canto, per assumere coscienza propriocettiva degli organi fono-articolatori e la respirazione, ma anche nella logopedia e nel trattamento di problematiche legate alla voce e al parlato.

3.2.2. Tipi

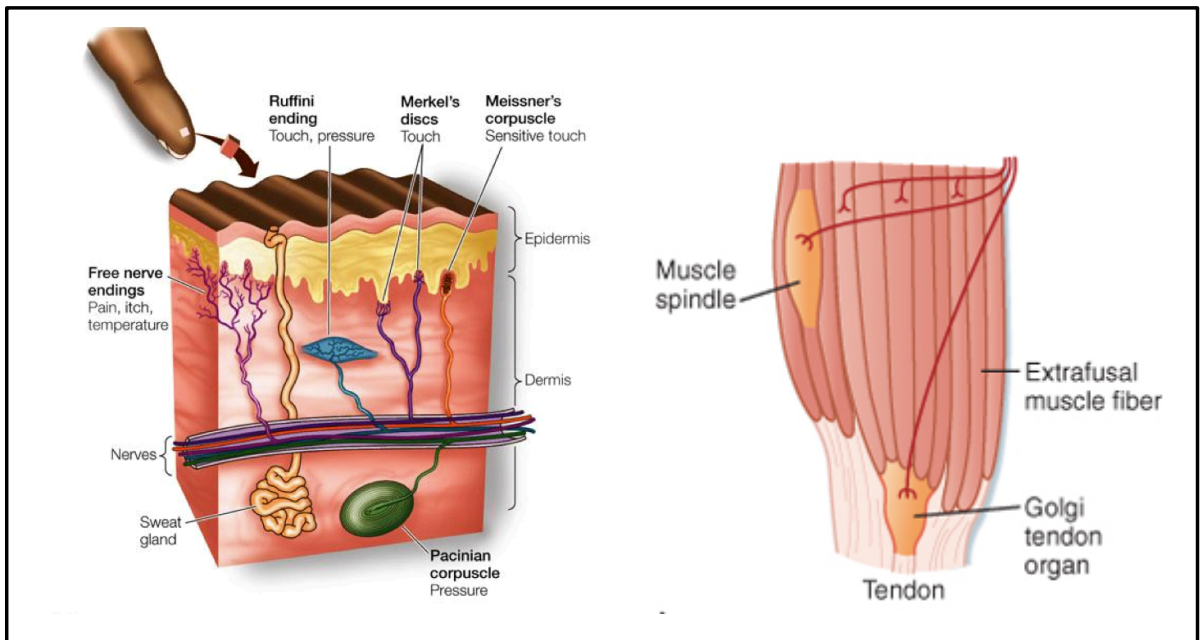
Peñalba (2008), riporta che la propriocezione può essere cosciente (volontaria) o incosciente, poiché interviene sempre nel movimento.

Come descritto poc'anzi, i propriocettori informano il sistema nervoso centrale sullo stato del corpo nello spazio. I recettori di questo tipo, si distinguono in base alla posizione nel corpo in cui si trovano ed hanno il fondamentale ruolo dell'equilibrio e del movimento (Peñalba, 2008):

- I recettori cutanei sono formati dai corpuscoli di Meissner, ovvero recettori allargati da una capsula di tessuto connettivo, e sono presenti nelle papille dermiche sotto l'epidermide delle dita, palmi delle mani e piante dei piedi; dai corpuscoli di Paccini, ovvero recettori di pressione presenti nello strato profondo dell'epidermide e nelle viscere, informano circa la pressione, peso e posizione delle parti del corpo umano (Hidalgo, citato in Peñalba, 2008, p.151); dalle terminazioni di Ruffini, ovvero capsule fusiformi e allargate molto sensibili allo stiramento prodotto dai movimenti delle estremità, presenti negli strati profondi della pelle, legamenti e nei tendini; dai dischi di Merkel e dalle terminazioni nervose libere e follicolari.
- I recettori presenti nei muscoli scheletrici principali sono composti dai fusi neuromuscolari, fondamentali per produrre contrazioni e ricevere informazioni utili per modificare il movimento in tempo reale: vengono stimolati infatti con la tensione meccanica e inviano informazioni sullo stiramento dei muscoli. A questi si aggiungono gli organi tendinei del Golgi, presenti nei tendini e nei muscoli, collegati a fibre muscolari scheletriche, molto sensibili alle variazioni delle tensioni muscolari di cui inviano informazioni, e recettori articolari. (**Figura 26**).

Come spiega Mandolesi (2012), i primi recettori trasmettono le variazioni di lunghezza mentre i secondi trasmettono le variazioni di tensione. I fusi hanno forma allungata e sono disposti nelle fibre carnose dei muscoli in parallelo con le fibre muscolari scheletriche (fibre extrafusali), mentre gli organi tendinei del Golgi “si trovano a livello del collegamento tra le fibre extrafusali e il tendine e sono connessi in serie” (p.42) (**Figura 26**).

Figura 26. Proprioettori della pelle e del muscolo



Proprioettori presenti nel polpastrello di un dito e in un muscolo, adattato da Koeppen, B.M. & Stanton B.A. (2008). Berne & Levy Physiology. Elsevier Brasil. Per inviare l'informazione propriocettiva esistono due vie: verso il sistema nervoso centrale, trattandosi di informazione cosciente, e verso il cerebello (2008).

Possiamo dunque dividere i proprioettori in quattro principali categorie come illustrato nella **Tabella 27**. Infatti, nella classificazione delle tecnologie proposte di seguito utilizzerò solamente tre tipi di classificazione, raggruppando i proprioettori tattili in un'unica categoria per descrivere le tecnologie in tre gruppi principali, secondo i proprioettori dell'equilibrio, tattili passivi e profondi, e motorii.

Tabella 27. Propriocettori

Propriocettori dell' equilibrio	Implicano la percezione di forze che attraggono oggetti come la gravità.
Propriocettori tattili con resistenza del corpo (pressione/vibrazione)	Implicano pressione dermica di una parte del corpo e una resistenza muscolare dello stesso.
Propriocettori tattili passivi	Implicano il contatto della pelle con oggetti dell'ambiente o con il proprio corpo.
Propriocettori motorii Propriocettori tattili passivi	Implicano il movimento di qualsiasi tipo (cammino, ascesa etc.)

Nella Tabella si osservano le quattro categorie di propriocettori e le relative azioni che prevedono.

3.2.3. Funzioni

Come spiegato da Peñalba (2005, pp.30-31), i propriocettori funzionano a diversi livelli:

- Regolano il movimento, il livello di tensione e rilassamento in cui si incontrano i nostri muscoli, la posizione dei segmenti corporali e i dislocamenti degli stessi. Inoltre, producono una retro-alimentazione che permette di controllare che questi movimenti siano appropriati. A questo livello non siamo necessariamente coscienti del movimento, in quanto i movimenti possono essere un riflesso del corpo secondo lo *schema del corpo* cioè un'esperienza del corpo olisitca, che significa che un leggero cambio nella postura comporta un nuovo assetto globale di tutti i muscoli (Gallagher, citato in Peñalba, 2005, p.30).
- Servono per concettualizzare gli schemi motori, pertanto possiamo riconoscere, utilizzare, rappresentare e comparare i movimenti che effettuiamo nel quotidiano con altri movimenti.

- Intervengono nella percezione: infatti il processo percettivo, in quanto attivo, affinché avvenga presuppone i movimenti del soggetto (la percezione non avviene attraverso la stimolazione diretta con gli organi sensoriali). Sempre Peñalba (2005), evidenzia che intervengono anche nella percezione musicale, mediando tra informazione dell'ambiente e informazione che riceviamo dal nostro corpo. Questo punto è collegato all'autocoscienza spiegata nel prossimo paragrafo.

La tipologia di propriocettori attivati nell'interazione con tecnologie musicali interattive, determinerà dunque la struttura interna di quell'esperienza (Peñalba, 2005). Secondo la musicoterapeuta Berger (2002), la propriocezione è strettamente collegata al sistema vestibolare regolando, assieme al cervello, le attività legate all'equilibrio, all'orientamento e al sistema sensoriale. Il cervello, infatti, continua a riorganizzare e pianificare i movimenti e le azioni in base ai feedback che riceve. Questo tipo di feedback, come riportato da Fisher (citato da Berger, 2002, p.66), è basato su precedenti azioni ed esperienze corporee ed è stato denominato dall'autore feedforward, ovvero un ricordo di preve esperienze di azioni, che sono necessarie al cervello per l'organizzazione anticipata dell'azione presente. Secondo la definizione di Nakevska et al., (2014, p.2) “[t]hrough feedback the user receives information about the effectiveness of her action, whereas feedforward communicates what kind of action is possible and how it can be carried out.”

I propriocettori di base che propongo per la classificazione dei sistemi interattivi qui descritti, implicano il tatto a livello superficiale, il tatto profondo (pressione, vibrazione), la relazione di gravità ed equilibrio e il movimento.

3.2.4. Propriocezione e autocoscienza

Possiamo avvicinarsi alla propriocezione da due prospettive: una neuropsicologica, e una di matrice psicologica e filosofica. Infatti, oltre a controllare il movimento e la postura, i propriocettori permettono di completare la percezione e l'autocoscienza di un individuo (Peñalba, 2008, p.155). Se infatti la propriocezione, come spiegato anteriormente, interviene in tutte le modalità percettive, allora ci permette un livello di autocoscienza percettiva. Come evidenzia Peñalba (2011), la consapevolezza del nostro corpo ci permette di sperimentare una coscienza anche musicale, giacché è proprio attraverso il nostro corpo che stimoliamo

internamente il movimento propriocettivo, “[c]onsidering the foundation of perception, our bodies enable us to explore the nature ... of what we perceive, and also provide us with an experience particular to ourselves...” (p.227). In questa prospettiva, siamo coscienti dell’informazione che riceviamo dal nostro corpo, mediata dai propriocettori assieme alle informazioni dell’ambiente. In altre parole i propriocettori ci permettono “... ser concientes de nosotros mismos. Nos permiten diferenciamos del entorno y del resto, de tal manera que ponen nuestras experiencias en primera persona” (Peñalba, 2010, pp.32-33).

Pertanto, anche in musica la propriocezione assume un ruolo centrale per la consapevolezza di sé, “[while] emotions and concepts are implicated in the creation of self-awareness, proprioception is a key agent in this process: it constitutes the basis on which to determine that the experience of listening or playing is subjective in the sense of being through the self” (p.223). L’autrice, infatti, sostiene che sia il corpo che gli stimoli sensoriali appartengano ad un continuum, in cui dipendono gli uni dagli altri (p.227). La simulazione interna del movimento (mimesi) e l’esplorazione, nonché l’ascolto musicale suscitato in noi attraverso il movimento, infatti, ci permettono di comprendere aspetti musicali che altrimenti non riusciremmo a capire (2011, p.225).

Inoltre Peñalba (2008) parla di Schemi Incarnati (IS) utilizzati dal soggetto all’interno di un sistema tecnologico interattivo che sono percepiti attraverso i propriocettori:

[i propriocettori] nos proporcionan información acerca del volumen de nuestros músculos, del ángulo en que se encuentran nuestras articulaciones, de la presión que un objeto ejerce sobre nuestra piel, de la temperatura, etc. En definitiva, nos permiten ser conscientes de nuestros cuerpos. Los esquemas encarnados están limitados por estas vías de conocimiento interno. Si nos centramos en la primera, podemos afirmar que cualquier experiencia que forma un esquema encarnado va acompañada por la información propioceptiva que nos permite ser conscientes de dicha actividad (p.64).

Questi schemi incarnati, sono dunque limitati dai nostri corpi e dalle nostre esperienze, (Peñalba, 2008) e sono strettamente collegati alla propriocezione. Nel capitolo 4.1.3. descriverò brevemente di cosa si tratta, affinché il lettore sia consapevole che questo concetto è applicabile all’interno di sistemi tecnologici interattivi.

3.3 Una classificazione basata su propriocettori

Le tecnologie descritte nella I Parte della tesi, sono state classificate, dunque, secondo la tipologia di propriocezione impiegata, ad esempio l'equilibrio del soggetto, l'utilizzo delle braccia o di altre parti del corpo verso l'alto, in basso o attorno al corpo, o l'utilizzo delle dita su di una superficie tattile per fare pressione o sfiorarla, poiché si basano nell'articolazione e partecipazione del corpo all'interno di sistemi interattivi musicali. Attraverso i propriocettori, il soggetto diventa consapevole dei propri movimenti, programmando le sue azioni motorie in base alla tipologia di feedback che la tecnologia gli potrà offrire. Nelle tecnologie RMI descritte, e in e-mocomu, il corpo del soggetto interviene nella programmazione motoria, sonora, e, in alcuni casi, visuale.

I propriocettori di base che propongo per la classificazione dei sistemi interattivi qua descritti, implicano il tatto a livello superficiale, il tatto profondo (pressione, vibrazione), la relazione di gravità ed equilibrio, e il movimento, come già descritto nel paragrafo 3.1.2.

Le tecnologie osservate in **Tabella 28** sono proposte secondo la principale tipologia di attivazione propriocettiva, in altre parole secondo un controllo del movimento "principale", richiesto dalla stessa affinché si verifichi l'interazione. Nonostante ciò, la maggior parte delle tecnologie descritte prevedono l'implicazione di più di una tipologia di propriocettori come mostrato nella tabella secondo una tassonomia tra tipologia di propriocezione e tecnologie descritte, considerata come "secondaria" poiché conseguenza della principale.

Tabella 28. Tassonomia tra tecnologie e propriocettori

Propriocettori:	Dell'equilibrio	Tattili passivi	Tattili profondi	motorii
Tecnologia:				
Brain Opera	✓		✓	✓
ADA	✓			✓
ReacTable		✓	✓	
Biophilia		✓	✓	
SoundBeam	✓	✓		✓
CareHere	✓			✓
Motion Composer	✓			✓

Nello schema tra tipologia di propriocettori e tecnologie descritte nel capitolo, si osserva, per ogni tecnologia la tipologia di propriocettori che vengono sollecitati.

3.3.1. Interazione basata sui propriocettori dell'equilibrio

Per l'interazione basata sui propriocettori dell'equilibrio, ho considerato le tecnologie che implicano un'interazione cinestetica nello spazio: ADA, Brain Opera e Motion Composer, CARE HERE e Sound Beam che prevedono differenti azioni da parte degli utenti-spettatori, nelle tipologie di fruizione e interazione con l'ambiente. I propriocettori principali sono quelli dell'equilibrio.

Nonostante ciò, Brain Opera, prevede la stimolazione secondaria dei propriocettori presenti a livello cutaneo profondo (Corpuscolo di Paccini) attraverso l'interazione con diversi ambienti che sono proposti agli utilizzatori e che sono stati descritti in precedenza. ADA, invece, prevede l'azione di propriocettori motorii, oltre a quelli dell'equilibrio, poiché gli utilizzatori sono stimolati all'esecuzione di esercizi fisici già programmati e proposti in tempo reale dalla tecnologia.

3.3.2. Interazione basata sui propriocettori tattili

In questa sezione introduco due tecnologie diffuse a livello internazionale e in relazione tra di loro, ovvero ReacTable, Biophilia, e SoundBeam, quest'ultimo molto diffuso però a livello terapeutico. Queste tecnologie si basano prevalentemente su un controllo del movimento da parte di propriocettori di tipo tattile passivi (Corpuscolo di Ruffini). In particolare in ReacTable vengono coinvolti in modo secondario anche i propriocettori di tipo tattile profondo (Corpuscolo di Paccini), poiché prevede una manipolazione più complessa rispetto ai precedenti. SoundBeam, invece, gestisce il controllo dei propriocettori motorii in quanto l'interazione si basa anche sul movimento.

3.3.3. Interazione basata sui propriocettori motorii

Le ultime due tecnologie descritte nella sezione precedente, CARE HERE, Motion Composer, Sound Beam, Brain Opera e ADA rappresentano le tecnologie che implicano un'interazione basata sui propriocettori motorii: fuso neuromuscolare e organo tendineo di Golgi. In queste tecnologie, infatti, il movimento del soggetto è cruciale affinché la tecnologia risponda all'utilizzatore e avvenga in questo modo l'interazione (ad eccezione di Brain Opera in cui il movimento del soggetto non viene sempre richiesto).

3.4 Movimento

Come già accennato in precedenza (capitolo 2.2.2.), l'acquisizione del gesto risulta fondamentale nel disegno della tecnologia RMI, poiché al movimento corrisponderà il feedback. Come suggerisce Iazzetta (2000), lo studio e l'interesse sui gesti e i movimenti del soggetto proviene da diverse discipline collegate alla cognizione e comunicazione umana poiché, da un lato le scienze cognitive si interessano al corpo in quanto agente di conoscenza, mentre dall'altro le scienze psicologiche per la comunicazione non verbale (p.260).

The idea of gesture leads immediately to the body. The body is the instrument through which the gesture becomes actual; depending on how this gesture acquires its signification: by similarity, by causality and by convention (Iazzetta, 2000, p.262).

Secondo l'autore (2000), lo studio del gesto nelle tecnologie musicali interattive deve essere fatto in senso ampio, considerando la fisicità del gesto, per cui ogni movimento può comunicare informazioni (p.261). Dato l'argomento di questa ricerca, e d'accordo con questa riflessione, non mi soffermerò sulle tipologie di gesto collegate alla performance, giacché in questa tesi si propone un modello di tecnologia musicale RMI. Al contrario mi concentrerò sulla tipologia di gesto generale utile nell'interazione audio-visuale e propriocettiva. In questa prospettiva, è importante pensare al design della tecnologia che si intende applicare, perché dal tipo di feedback disponibile per l'utilizzatore, che sia visuale, sonoro, audiovisuale, tattile etc., dipenderà il gesto del soggetto (e il mapping collegato). Il corpo, può interagire con una tecnologia RMI su diversi livelli. Come rilevato, infatti, anche da Miranda & Wanderley (2006) “[t]he study of gesture in music is an important area of research that raises many issues about perception, performance, and emotional communication.” (2006, p.8). In altre parole, il gesto può essere utilizzato per uno scopo estetico o per finalità precise. Infatti ci si riferisce sempre a cattura del gesto, anche se per gesto esistono diverse definizioni. Secondo Wanderley & Depalle (2004), con questo termine ci si riferisce ai movimenti effettuati da uno strumentista esperto durante l'esecuzione musicale; Iazzetta (2000) evidenzia che il gesto acquisisce significato attraverso un processo che implica la nostra esperienza, l'interazione tra il fenomeno che sperimentiamo e l'apprendimento del fenomeno stesso (p.13). Infine, secondo Mulder (2000) il gesto è dinamico, ed è l'opposto della postura, che è statica.

Come già accennato, in questa tesi viene proposta la tecnologia per osservare e comprendere il movimento del soggetto, pertanto non tratterò la differenziazione tra gesto e movimento da un punto di vista “filosofico”, ma mi concentrerò sulla considerazione del “gesto” inteso come un termine ampio che implica il movimento fisico all'interno dei sistemi interattivi proposti, in particolare ad azioni fatte per generare suoni come “non contact movements, as well as to general voluntary body movements” (2006, p.5). Nell'utilizzo di una tecnologia musicale RMI, come nell'applicazione di DMIs, il movimento e l'azione del corpo, infatti, forniscono informazioni fondamentali per l'analisi quantitativa e qualitativa. In questa lavoro risulta

pertanto più opportuno considerare una gestualità più generale, giacchè controllando il movimento attraverso le tecnologie MOCAP (capitolo 2.2.3.1.) sarà possibile ottenere un feedback prestabilito. Inoltre, le tecnologie a cui mi riferisco sono controllers alternati e pertanto non somigliano né per estetica né per funzionalità a strumenti tradizionali.

Secondo l'importanza assunta dell'azione intesa come movimento generale del corpo nella sua dimensione propriocettiva, appaiono tre tipologie di movimento come suggerito da Mandolesi (2012, p.24):

1. Movimento, ovvero il risultato dell'attivazione di un preciso e limitato distretto muscolare di una o più articolazioni nello spazio: ad esempio, la flessione delle dita della mano del pianista.
2. Atto motorio, ovvero il risultato di più movimenti sinergici che coinvolgono più articolazioni, eseguiti per uno scopo, come ad esempio suonare il pianoforte con le mani.
3. Azione, ovvero l'insieme di atti motorii eseguiti per uno scopo generale, ad esempio eseguire una performance artistica.

La neurologa, infatti, sottolinea che la previsione e comprensione delle azioni, attivando diversi circuiti neuronali (tra cui i neuroni specchio), permette di sviluppare tecnologie utili nell'ambito terapeutico e educativo, una prospettiva importante all'interno di questo lavoro di ricerca (2012):

Conoscere quindi tale potenzialità equivale a sviluppare strumenti terapeutici e riabilitativi in grado di migliorare la vita di molti pazienti affetti da patologie del sistema motorio. Spostandoci poi sul piano educativo, sapere che l'osservazione di un'azione produce l'attivazione di circuiti neurali deputati anche all'esecuzione, rende l'apprendimento per osservazione uno strumento indispensabile per acquisire e sviluppare nuove procedure (p.viii).

Senza pretendere di descrivere le tipologie di gesto e movimento esistenti nell'ambito tecnologico e strumentale, in questo lavoro di ricerca risulta importante puntualizzare ancora una

volta il ruolo del corpo nell'interazione. Ho deciso quindi di proporre due categorie distinte di gesti, che possono essere utili nella comprensione del tipo di interazione che avviene, a livello basilico e generico, all'interno di una tecnologia RMI:

- I *movimenti contingenti*. Definiti da Peñalba (2008; Peñalba et al., 2015) sono utilizzati dal soggetto nella ricerca espressiva e compositiva all'interno delle tecnologie interattive. Presuppongono una retro-alimentazione continua tra utilizzatore e tecnologia. Questi sono in relazione tra movimento e suoni creati (feedback).
- I *movimenti esploratori* ovvero basati sui movimenti efficaci per l'interazione, quindi per comprendere il design audio-visuale (nel caso di e-mocomu) della tecnologia e accedere alle *affordances molteplici* che approfondirò nel capitolo 7.

In conclusione, anche per quanto riguarda la lettura del gesto, il corpo è il parametro essenziale da studiare, e, all'interno dei sistemi musicali interattivi, il gesto fisico prodotto dal soggetto e applicato al sistema è determinato in modo estensivo dalle proprietà dello strumento (Iazzetta, 2000, p.264). In questo caso è determinato dal mapping della tecnologia stessa.

4. Realtà Mista Interattiva

Una Realtà Mista, secondo Milgram & Kishino (1994) è “merging of real and virtual worlds somewhere along the virtuality continuum which connects completely real environments to completely virtual ones” (p.2). In altre parole, in una Realtà Mista, devono verificarsi due situazioni connesse tra di loro, una che riguarda azioni reali e una seconda che riguarda l’elaborazione di informazioni, entrambe in un’ambiente reale e virtuale (Wagner et al., 2004, p.2). In questa tesi, propongo il termine Realtà Mista Interattiva riferendomi ad un ambiente che contiene anche una parte virtuale (quella visuale), ma pur sempre strettamente legata alla dimensione reale della performance. In particolare considero la performance dell’utilizzatore, come un’azione fondamentale nel determinare l’interazione con la tecnologia.

All’interno di una realtà mista interattiva, dunque, il soggetto sperimenta lo spazio come performer. Secondo una definizione di Giannachi & Benford (2011), questa esperienza è denominata mixed reality performance, e sta a significare “...both their mixing of the real and virtual as well as their combination of live performance and interactivity” (p.1). Secondo questa definizione, la caratteristica dell’interazione è già compresa nell’esperienza del soggetto, poiché per fruire della tecnologia e sperimentare con essa, è tenuto ad interagire *in primis*, sia dal punto di vista reale che virtuale. Questa caratteristica offre all’osservatore molteplici prospettive: bisogna, infatti, considerare che ogni utilizzatore considererà lo spazio (performativo) che lo circonda in modo soggettivo e sempre differente secondo la prospettiva temporale, le dinamiche percettive e le possibilità cinetiche del proprio corpo, il tipo di performance sia essa un continuum o volontariamente discontinua. In questo capitolo, saranno considerate queste dinamiche e prospettive, cominciando dallo spazio o *Presenza* che accoglie l’interazione e che reagisce e partecipa anch’esso con l’utilizzatore, nella dinamica IUM (Giannachi & Benford, 2011).

4.1 Il corpo e la tecnologia

Nel momento stesso in cui si verifica questa interazione d'informazioni a livello computazionale, una programmazione avviene anche all'interno dell'esperienza del soggetto.

Nell'esplorare lo spazio, l'utilizzatore ha a disposizione molteplici possibilità di navigazione che mutano continuamente secondo l'approccio. Quest'approccio può essere tracciato in un grafico circolare, prendendo come riferimento quanto sostenuto da Gibson, (1979), e cioè che “[w]e must perceive in order to move, but we must also move in order to perceive”. Dunque la percezione cambia con l'azione e questo ci porta ad un continuum. Così facendo, questo approccio scelto dall'utilizzatore permetterà la costante programmazione del tipo di esperienza che egli stesso sta vivendo nell'ambiente: un mapping cognitivo dell'utilizzatore che si co-determina a livello creativo grazie anche ad un concetto che chiameremo Empowerment Creativo e MS che vengono definiti più avanti.

Come spiegato da Vershure & Manzolli (2013), l'estetica musicale di questi anni è cambiata, e va interpretata attraverso lo studio dell'interazione tra utilizzatori e sistemi di musica aperta, come ad esempio le tecnologie (p.411). Se, infatti, in passato ci si basava su un concetto di esperienza musicale frontale, basato sulla staticità e l'ascolto frontale, oggi questa dinamica è cambiata a favore dell'interazione dell'ascoltatore (Partesotti, 2005, p.20).

Vershure & Manzolli, spiegano che “[i]n new media art, an *interactive environment* functions as a kind of “laboratory” for computational models of cognitive processing and interactive behavior” (2013, p.401). Gli autori, in pratica, difendono l'importanza dell'implementazione di modelli computazionali per scoprire nuovi modi per studiare la filosofia del corpo nelle discipline musicali e artistiche. Come spiegano gli autori, per capire il tipo d'interazione e il comportamento di un soggetto, bisogna comprendere “l'agente” (Russel & Norvig, 2010) con cui interagisce, la sua morfologia e le caratteristiche oltre che, naturalmente, l'ambiente stesso. Tutte queste informazioni saranno utili nella strutturazione della percezione, cognizione, azione ed esperienza (2013):

without understanding the interaction history of the agent, the specifics of its perceptual structures cannot be fully understood. The interaction history, in turn, depends on details of the morphology of the agent; its action repertoire and properties of the environment. Hence, we predict that behavioral feedback plays a decisive role in how perception, cognition, action, and experience are structured in all domains of human activity including music and language (p.415).

Tutte le possibilità d'interazione del soggetto con l'ambiente sono mediate dalla percezione del soggetto stesso circa l'ambiente che lo circonda ed anche della dimensione culturale e sociale di affordance (si veda il paragrafo 4.1.2.). Il concetto di Presenza, inoltre, è strettamente legato al concetto di percezione dell'ambiente da parte del soggetto, e di conseguenza, alle diverse forme di interazione che emergono. Però, come spiegato da Vershure & Manzolli (2013) "... to explain mechanism and interaction, process-oriented theories of mind are needed" (p.400).

Di seguito, dunque, propongo il concetto di Presenza, e le teorie che considero basilari per la comprensione dei meccanismi di interazione che avvengono in un sistema interattivo musicale come e-mocomu: Embodied Mind di Johnson, il concetto di Affordance della teoria ecologica della percezione visuale di Gibson e la Teoria delle Contingenze Sensorimotorie di O'Regan e Nöe.

4.1.1 Presenza

Le tecnologie proposte nella prima parte di questa tesi sono tutti esempi di strumenti virtuali, in quanto il processo interpretativo è attribuito alla rappresentazione e interazione computazionale in forme diverse, secondo l'architettura degli stessi. In questo modo l'interprete cessa di essere un interprete nella forma tradizionale del termine.

Machover, con la Brain Opera (1996), segna l'inizio di successive ricerche nell'interazione artistico-musicale tra corpo e mente. Questo concetto è stato in seguito applicato, e continua ad esserlo tutt'oggi in ambito performativo, nella creazione di tecnologie che considerano l'interazione e la percezione dell'utilizzatore. Ciò genera anche un'altra prospettiva nell'ambito cognitivo: la trasformazione dello spazio in cui si muove l'utilizzatore. L'era tecnologica ha

stimolato lo sviluppo di tecnologie musicali che comprendono nuovi modi di generazione e di analisi sonora, ampliando i limiti degli strumenti tradizionali.

Così facendo, scompaiono i limiti degli strumenti tradizionali in quanto a interpretazione, scrittura e astrazione nel processo creativo. Si pensi, a questo proposito, agli iperstrumenti di Machover. Con l'utilizzo di nuovi strumenti che impiegano una dimensione multimodale, la persona diventa lo strumento stesso e l'interfaccia che dialoga con lo spazio, ovvero con la presenza dell'ambiente. Da qui nasce il concetto di "Presenza" avanzato in questa tesi, cioè di uno spazio che interagisce con l'utilizzatore attraverso una dinamica di dialogo e retro-alimentazione continua.

Nella realtà virtuale bidimensionale l'osservatore rischia di restare emarginato senza sperimentare in prima persona un'esperienza coinvolgente come quella di una realtà mista. Infatti, una realtà mista diventa interattiva nel momento in cui all'utilizzatore è permesso creare nuovi modi di percepire e plasmare lo spazio che lo circonda. Per Benford & Giannachi si tratta di realtà ibrida (2011) " [u]nlike virtual reality, mixed reality in fact offers the possibility of creating such hybrid performative and participatory environments in which real and physical data appear" (p.5).

Lo spazio di una Realtà Mista Interattiva, che, in quanto ambiente interattivo, è considerato parte stessa della tecnologia, è l'ambiente in cui l'utilizzatore si muove e interagisce. Dunque quest'ambiente ha una propria Presenza. Offrendo, infatti, al soggetto di interagire con l'ambiente, gli viene data la possibilità di esplorare l'ambiente stesso per un tempo soggettivo, permettendo in questo modo una continua dinamica dello stesso processo interattivo. Il concetto di Presenza, ad esempio, diventa fondamentale nella progettazione di tecnologie basate sulla terapia, poiché la presenza dello spazio viene utilizzata dal soggetto per mediare input e output con cui interagisce: così facendo la presenza dell'ambiente diventa un secondo soggetto che interagisce con l'utilizzatore. Per comprendere meglio questo enunciato, distinguerò due concetti dello spazio interattivo: Presenza e ambiente.

È importante considerare, innanzitutto, che dal punto di vista della teoria ecologica della percezione visuale di Gibson, in particolare il concetto di Affordances (si veda paragrafo 4.1.2.),

la percezione avviene attraverso l'azione di un'esplorazione guidata, a livello percettivo, dall'ambiente (Nöe, 2002). Dunque basandoci su questa prospettiva, l'ambiente assume un'importanza cruciale, divenendo il fulcro dell'attività percettiva, una "presenza" dinamica in continuo dialogo con il soggetto con cui interagisce. Per questo motivo ho scelto di riferirmi allo spazio interattivo denominandolo Presenza, poiché diventa una seconda componente interattiva insieme ed attraverso al soggetto/performer. Si pensi, ad esempio ad ADA: Intelligente Space. In questa tecnologia RMI apparirà chiaramente al lettore il concetto di presenza interattiva che instaura un continuo dialogo tra soggetto e agente.

Come suggerito da Wagner et al., (2009, p.3), che descrivono il concetto di Presenza, "Presence is a phenomenon of human experience that occurs in the context of technologically mediated perception." Al concetto di Presenza viene così affiancata una componente percettiva fisica, psicologica ed oggettiva (Slater & Steed, 2000). Gli autori spiegano che tale concetto, emerge nella Realtà Mista proprio grazie alla possibile condivisione degli spazi che può avvenire solo in questo contesto.

Per comprendere appieno la relazione tra Presenza, come ambiente, e soggetto, bisogna anticipare ancora una volta gli enunciati della teoria ecologica della percezione visuale di Gibson, relativi alle affordances. Tale concetto, infatti, è strettamente legato all'ambiente in cui si svolge l'interazione con il soggetto, proprio perché è l'ambiente a porzionare ciò che il soggetto richiede secondo la sua necessità. Lo stesso Gibson nei suoi scritti (1982) spiega:

I assume that affordances are not simply phenomenal qualities of subjective experience ...
I also assume that they are not simply the physical properties of things as now conceived by physical science. Instead, they are ecological, in the sense that they are properties of the environment relative to an animal (pp. 403-404).

Questo scritto, ci proporziona dunque tre capisaldi fondamentali, suggeriti anche nello studio di Wagner et al., (2009, p.5):

- L'organismo e l'ambiente sono uniti da una relazione reciproca.
- L'organismo percepisce nell'ambiente delle caratteristiche rilevanti per l'azione – affordance.

- La percezione è corretta quando rende possibile lo svolgersi di azioni di successo nell'ambiente.

Pertanto, se la percezione dell'ambiente avviene in base alle condizioni delle azioni del soggetto, dettate da una necessità precisa e mediate dalla componente culturale del soggetto stesso, il concetto di Presenza, nel contesto di una realtà mista interattiva, non solo comprenderà il concetto di affordance, ma integrerà anche il concetto di immersione totale del soggetto all'interno di una realtà che offre essa stessa degli input e dei feedback a scopo interattivo. In altre parole: la Presenza viene data sia dall'interazione tra percezione dell'organismo e ambiente circostante, sia dall'evoluzione graduale nel tempo di un'azione che viene sperimentata dal soggetto, riproposta in forma di reazione all'ambiente (mappa sensorimotoria). L'ambiente processa questa risposta del soggetto a sua volta (a livello computazione) per poi riproporre al soggetto questa elaborazione. Si genera così un'interazione continua che si distingue da quella causale tipica (causa-effetto). Questo concetto, si avvale di quello di Mappe Sensorimotorie descritto nel capitolo 7.2., in cui avviene una retro-alimentazione basata prevalentemente sull'esperienza percettiva del soggetto attraverso le contingenze sensorimotorie.

Ancora una volta, l'esempio per eccellenza, peraltro già proposto in questa ricerca, è offerto dalla tecnologia ADA, un ambiente ideato per offrire un'esperienza immersiva e un'interazione costante tra presenza e soggetto, dettata dai concetti della scienza biomimetica.

4.1.2 Il corpo, l'ambiente e le affordances

Le teorie spiegate a seguito, ovvero la Embodied Mind, la teoria ecologica della percezione visuale, la teoria dell'Enattivismo e la Teoria delle Contingenze Sensorimotorie, sono importanti per poter comprendere l'interazione all'interno di una Realtà Mista Interattiva, come ad esempio in e-mocomu, il prototipo che verrà introdotto nel capitolo 8. Sebbene queste teorie provengano da situazioni diverse ed affrontino la percezione da punti di vista differenti, tutte e tre contemplano, in forma diretta o indiretta, l'elemento propriocettivo (come consapevolezza del movimento) in quanto utile ai fini della percezione.

Come suggerito da Vershure & Manzolli, lo sviluppo di nuove tecnologie genera nuove e fondamentali domande circa il ruolo dell'Embodiment, dell'ambiente nella musica e dell'estetica musicale (2013). L'applicazione di nuovi strumenti musicali basati in gran parte sulla tecnologia, infatti, presuppone una riflessione circa la filosofia del corpo.

Diffusasi massivamente fino ad oggi, la filosofia del corpo pone l'accento sul fatto che i processi cognitivi avvengono attraverso sistemi di controllo del corpo (Borghi & Caruana, 2013a). Di conseguenza, la prima conclusione da questo punto di vista è che non è più possibile considerare separatamente strutture cognitive e strutture corporee. Con il termine Embodied Cognition (EC), o *Cognizione Incarnata*, infatti, ci si riferisce ad una recente teoria della scienza cognitiva sviluppatasi negli ultimi vent'anni. In essa, si sostiene che i processi cognitivi dipendano principalmente dall'interazione tra corpo e mente e che la comprensione del mondo dipenda dall'interazione fisica che riusciamo a sviluppare con esso. Nell'EC l'esperienza accumulata per comprendere il mondo esterno attraverso il sistema sensomotorio ci aiuta a comprendere tali processi. In altre parole, il corpo ha un ruolo centrale nel processo cognitivo, coinvolgendo il sistema percettivo e motorio dell'essere umano. Ad oggi si evidenziano diversi approcci alla EC, che viene spesso utilizzata come termine generale in diversi campi. Di seguito verranno accennati brevemente alcuni di questi, utili nella comprensione e proposta teorica del capitolo successivo.

Nella teoria fenomenologica, il dualismo corpo-mente è superato e viene posto l'accento sulla percezione che prevale su azione e cognizione. Nella fenomenologia classica, infatti, diversi autori quali Merleau-Ponty (1945), Husserl (1959)¹⁶ ritengono che il coinvolgimento attivo sia un passo indispensabile nel processo percettivo, enfatizzando il contesto corporeo e pragmatico dell'esperienza umana, anche se a livello solo teorico (Varela Thompson, & Rosch, 2011). Al contrario, e come spiegato da Nöe & Thompson (2002), secondo le teorie neuroscientifiche ortodosse la percezione è un processo che avviene nel cervello, o nel settore ad esso dedicato, e che crea la rappresentazione dell'ambiente basandosi sulle informazioni raccolte dai recettori sensoriali. Questo significa che le credenze e le aspettative del soggetto verrebbero

¹⁶ Per un ulteriore approfondimento si veda anche Heidegger, Sartre, Jonas etc.

messe da parte a favore di una percezione indipendente dal pensiero (2002, p.3). Nel pragmatismo americano, invece, l'accento è spostato sull'aspetto motorio anziché sugli oggetti, poiché, in questa prospettiva, la parte volontaria dell'azione domina quella sensitiva e intellettuale. Dunque nella prospettiva pragmatica i concetti sono rappresentati da istruzioni utili all'interazione con gli stessi, in altre parole la chiave è l'interazione, ovvero l'azione.

La Embodied Cognition conferisce un ruolo centrale al corpo, i cui processi cognitivi sono radicati nelle interazioni del corpo con il mondo. Quindi i processi sensorimotorii e cognitivi non sono più pensati separatamente come nella prospettiva tradizionale, (Borghi 2007) ma sono una cosa unica con esso. In altre parole, è il corpo a permettere l'interazione e la presenza nel mondo.

Queste teorie sono classificate come “embodied” proprio per la caratteristica di “incarnazione” delle esperienze fatte da un corpo (con determinate caratteristiche fisiche e con un sistema sensorimotorio particolare, Caruana & Borghi, 2013a, Caruana & Borghi, 2013b), mentre i procedimenti mentali sono considerati dipendentemente dal contesto nel quale si verificano, e per questo motivo si parla di una cognizione “situata” (2013). I concetti dell'EC e sulla teoria ecologica di affordance sono dunque radicati nell'attività sensorimotoria, e nella dimostrazione attraverso prove scientifiche che rilevano come il pensare a un oggetto, porti alla simulazione dell'interazione con lo stesso attraverso l'attivazione di neuroni canonici e neuroni specchio (Gallese et al., 1996; Caruana & Broghi, 2013b; Mandolese, 2012). Come spiegano Borghi e colleghi, infatti, i neuroni canonici sono:

neuroni premotori attivati durante l'esecuzione l'afferramento di oggetti, la cui forma costringe a specifiche conformazioni della mano; ... questi neuroni vengono attivati anche dalla semplice osservazione di oggetti, indipendentemente da ogni volontà/necessità/possibilità di interagire con essi, così da lasciar presumere che il sistema sensorimotorio estragga automaticamente le affordance degli oggetti in questione e le codifichi in termini di azioni potenziali (anche nel sistema motorio) (pp. 4-5).

La nostra esperienza è, dunque, di carattere corporeo (incorporata), mediata e guidata da obiettivi di carattere sensorimotorio. La percezione e l'azione, pertanto, sono collegate dalla stessa

necessità e guidate dagli stessi neuroni specchio (che si attivano nell'osservare una persona eseguire un'azione) e neuroni canonici (che si attivano nell'osservazione di oggetti). L'importanza conferita al corpo e ai processi sensorimotori, che utilizzano il sistema dei propriocettori, si può ritrovare anche nel pensiero di Gibson, oltre che nella Teoria delle Contingenze Sensorimotorie. Nella sua Teoria ecologica della Percezione Visuale, infatti, Gibson, spiega che le affordances appartengono alla sfera percettiva e all'azione nell'ambiente poiché rappresentano le proprietà di un oggetto e ci indicano come interagire con questo.

Nella teoria ecologica delle affordances, sviluppata tra il 1960 e il 1979, l'autore si allontana dalla visione ortodossa della percezione, sostenendo che non avviene nel cervello, ma bensì che è un'azione data dall'esplorazione guidata a livello percettivo dall'ambiente. L'ambiente, dunque, guida l'azione offrendo affordances al soggetto. Queste affordances rappresentano la potenzialità di un oggetto di essere utilizzato in un dato modo e per un fine particolare, una specie di invito ad utilizzare un oggetto in un modo determinato (Gibson, 1979). Una tazza di tè, ad esempio, “inviterà” la persona a portarla alla bocca per bere, mentre una sedia inviterà a sedersi sopra. Osservare oggetti, in altre parole, ci permette di trovare le affordances ad essi correlati e di potenziarle in relazione alla nostra precedente interazione con quegli stessi oggetti (Borghi, 2007). L'approccio ecologico, come quello di Johnson, affronta la dimensione della visione e della percezione propriocettiva. Infatti, nella teoria ecologica il soggetto ha contatto diretto con l'ambiente (1979): “the affordances of things for an observer are specified in stimulus information. They seem to be perceived directly because they are perceived directly” (p.140). Nel nostro caso, l'invito riguarda anche il concetto di affordance che la tecnologia offre all'utilizzatore e che è strettamente collegata alla percezione.

In altre parole, e come riassunto da Borghi (2002), la percezione nella teoria gibsoniana è:

1. Diretta, senza rappresentazioni mentali
2. La percezione serve per guidare l'azione e non per la raccolta di informazioni non pertinenti alla sfera dell'azione
3. Come conseguenza ai punti 1. e 2. precedenti, l'ambiente deve fornire informazioni sufficienti per guidare l'azione.

Pertanto la percezione cambia totalmente in funzione della affordance, che deriva dall'esperienza e dall'uso che il soggetto fa dell'oggetto. In questa riflessione di Caruana & Borghi (2013a), l'enfasi viene spostata sull'aspetto motorio, chiave della stessa Embodied Cognition, che implica i neuroni canonici, attivati dalla semplice osservazione di oggetti indipendentemente dalla necessità di interagire con essi. Infatti, come spiega lo stesso Gibson (1978): “[t]he affordance of something does not change as the need of the observer changes. The observer may or may not perceive or attend to the affordance, according to his needs, but the affordance, being invariant, is always there to be perceived.” (pp.138-139). Pertanto la percezione cambia totalmente in funzione della affordance, che deriva dall'esperienza e dall'uso che il soggetto ne fa. Ne deriva che le affordances che sono “visibili” al soggetto in un determinato momento, condizionano la sua percezione e dipendono dall'uso e dal bisogno che ne fa. In altre parole, lo stesso oggetto può essere utilizzato in situazioni e per scopi diversi, e di conseguenza sarà percepito in modo differente.

Come nella teoria gibsoniana, così nella Realtà Mista Interattiva il concetto di affordances è fondamentale per comprendere i prototipi motorii che il soggetto utilizza nello spazio. Questo concetto di prototipo motorio è legato all'interazione, e come proposto da Borghi (2007), si riferisce alle affordances di “default¹⁷” che si attivano immediatamente, nel pensare o vedere un oggetto:

The experiment confirms that concepts are action based and that when we think of objects we immediately activate “default” affordances, (i.e. affordances related to frequent interactions with the object). This suggests that we build a sort of motor prototype, encoding parts more typically involved in interactions with objects. Thus object concepts have a certain degree of stability, and this stability is grounded in action. However, even though default affordances are activated first, different concept parts are

¹⁷ Borghi al riguardo spiega che “This evidence might imply that we create a kind of “motor prototype” of objects (personal communication, Lucia Riggio) that helps us to respond as quickly as possible to information in the environment. Thus, when we see a cup, we immediately know that we have to grasp its handle in order to drink from it” (Borghi, 2007, p. 7.)

activated depending on the simulated kind or interaction with objects. This suggests that conceptual organization is variable (p.8).

Questo stesso concetto si avvicina a quello suggerito da Benford & Giannachi (2011, p.14) chiamato “trajectories” (traiettorie), basate sull’esperienza. In particolare, gli autori spiegano che “[o]ur analysis of mixed reality performance is based on the underlying idea that these forms of events are constituted by a number of embedded and emergent trajectories through an experience” (p.14). Tuttavia, mentre da un lato le traiettorie dei due autori si riferiscono al campo della performance, Borghi suggerisce che il concetto di prototipo motorio aiuti a rispondere velocemente alle informazioni dell’ambiente quotidianamente, e che il tipo di affordance attivato moduli secondo il tipo di simulazione mentale e interazione con l’oggetto (Borghi, 2007, p.8). Questo avviene perché il nostro sistema cognitivo è flessibile e ci permette di attivare diversi tipi di affordances, dipendendo dal tipo di obiettivo e dal contesto in cui si trova il soggetto (2007, p.10). Un punto importante è stato segnalato da Borghi et al., (2011) che difendono la dimensione sociale delle affordances e l’importanza di considerarle nella loro rappresentazione neurale, poiché si modificano in funzione alle caratteristiche del contesto fisico (2011, p.2). Laddove Gibson ed altri autori non sono arrivati ad esprimersi, Borghi e i colleghi sottolineano che le affordances, in quanto a prodotto sociale e culturale, variano a seconda del contesto:

gli studi si sono soffermati sulla interazione tra un agente e un oggetto senza considerare come questa interazione possa essere modulata dal contesto sociale – ad esempio dalla presenza di un altro individuo, dal fatto che si intenda compiere un’azione rivolta a lui/lei o insieme a lui/lei e dalla relazione (es. competitiva, collaborativa) con lui/lei (p.2).

Secondo gli studiosi, il contesto sociale e culturale ha un effetto a lungo termine sul modo in cui rappresentiamo gli oggetti e le affordances relative alle funzioni degli oggetti sono il prodotto del sedimentarsi di convenzioni socialmente accettate (2011, p.3). Inoltre, le determinanti sociali, secondo Borghi e colleghi, avrebbero un effetto sulle risposte alle affordances degli oggetti. In altre parole, una forchetta o degli *hashi*¹⁸ proporranno delle affordance particolari al soggetto,

¹⁸ Corrispettivo di posate nella cultura orientale: due bacchette solitamente di legno utilizzate per portarsi il cibo alla bocca.

che non saranno le stesse se proposte ad un pubblico orientale nel primo caso ed occidentale nel secondo. I concetti descritti in precedenza possono essere applicati anche al campo musicale, poiché secondo l'uso che si fa dello stesso pezzo musicale (come ad esempio nell'ascolto e trascrizione di uno strumento anziché un altro, o dell'utilizzo del brano per una colonna sonora piuttosto che per un adattamento ad uno strumento singolo), si potrà percepire un aspetto diverso dello stesso pezzo. Si può parlare di codeterminazione tra soggetto e oggetto nella teoria ecologica, poiché la percezione si produce nel momento in cui s'instaura una relazione basata sull'affordance secondo il bisogno del soggetto.

In ambito sociale, gli autori (2011) suggeriscono inoltre che la presenza di terzi nell'ambiente possa influenzare la cinematica del movimento (Becchio et al., 2010) e dunque il modo e l'attitudine in cui si risponde alle affordances.

È utile a questo punto notare le similitudini con la teoria dell'Embodied Mind di Varela, conosciuta anche come teoria enattiva (*enaction*) (Varela, Tomphson & Rosh, 2011), vi è una codeterminazione tra agenti corporei (*embodied*) ed il mondo in cui esistono. In altre parole, l'esperienza umana e l'ambiente si autodeterminano a vicenda, e dunque non devono essere considerate come due categorie distinte. Anche l'approccio enattivo, giacché posteriore, contiene concetti della EC e della Teoria delle Contingenze Sensorimotorie, nonché della Teoria ecologica della Percezione Visuale di Gibson, considerando il corpo e la mente come un'unica entità. Varela e colleghi, infatti, specificano che la cognizione dipende dalle esperienze originate nella posizione di un corpo con diverse attitudini sensorimotrici all'interno di un contesto biologico, psicologico e culturale più grande (Varela, Thompson & Rosh, 2011, p. 203). In questa teoria, come nelle altre, i processi motori e sensoriali, la percezione e l'azione, sono “fundamentalmente inseparables en la cognición vivida” (p.203). Da qui la teoria enattiva si basa su due costrutti fondamentali (2011, p.2013):

- La percezione è guidata percettivamente
- Le strutture cognitive emergono dai modelli sensorimotrici ricorrenti, e che permettono che l'azione venga guidata percettivamente.

Gli autori sono in linea con il pensiero di Piaget, Gibson e Johnson sulla categorizzazione degli eventi esterni; sottolineano che in Gibson vi è un livello basico di categorizzazione “en el punto donde la cognición y el medio ambiente son enactuados simultáneamente” (2011, p.218), e evidenziano il valore cinestetico degli Schemi di Immagini di Johnson che vedremo nel prossimo paragrafo.

4.1.3 Metafora, Image Schemata e movimento

Nel 1987 Mark Johnson, uno dei padri dell’Embodied Mind, evidenzia che le esperienze corporee (ovvero effettuate attraverso il nostro corpo) formano Schemi Incarnati a noi utili per comprendere aspetti astratti della realtà attraverso la metaforizzazione della stessa. Questi schemi compongono, pertanto, la struttura della nostra esperienza. Nella prospettiva soggettivista, la ragione è considerata come astratta e trascendente ed è scollegata del tutto dagli aspetti corporei della comprensione umana (1987, p.xiv). Come rilevato dallo stesso Johnson: “[t]he body has been ignored because it seems to have no role in our reasoning about abstract subject matter” (p.xiv). Al contrario, dunque, Johnson sostiene che proprio grazie alle esperienze corporee la struttura e le forme d’immaginazione si formano per comprendere e guidare il ragionamento.

La metafora, è un altro concetto fondamentale per la comprensione e il ragionamento e utilizzato da Johnson. Alla base della sua teoria della metafora, egli considera le due forme immaginative per meglio spiegare il suo concetto: *Image Schemata (IS)*, già poc’anzi citato, e *Metaphorical Projections (PM)*, ovvero strutture dell’esperienza che permettono il ragionamento e la comprensione astratta: entrambe sono legate alla percezione ed esperienza fisica del soggetto. Il primo è invece definito da Johnson come “a recurring, dynamic pattern of our perceptual interactions and motor programs that gives coherence and structure to our experience” (1987, p.xiv). In altre parole, con IS ci si riferisce alla natura schematica e astratta del concetto e alla sua origine corporea data da una costante operazione percettiva di movimento e manipolazione nello spazio (Peñalba, 2008). Con il termine PM si denominano le strutture mentali involucre nei nostri processi mentali e dati dalle esperienze fisiche. Dunque le PM, secondo Johnson, sono uno dei diversi modi di raggiungere ordine e struttura nella nostra esperienza, poiché la metafora aiuta le operazioni immaginative schematiche.

Come spiegato da Peñalba (2010), per il processo cognitivo del pensiero astratto è utile impiegare gli IS in quanto rappresentano schemi più basilari che derivano dall'esperienza immediata dei nostri corpi. Questi, conferiscono significato alle nostre esperienze negli ambiti astratti attraverso proiezioni metaforiche. Johnson sostiene che IS funzionino innanzitutto come struttura astratta d'immagini, chiamandole "gestalt structures" (1978, p.44) con riferimento a una struttura organizzata all'interno della nostra esperienza e comprensione, a cui appartiene un modello o una struttura ripetitiva. Come Piaget sostenne, attraverso le esperienze del nostro corpo e le percezioni siamo in grado di comprendere la sfera astratta, e grazie ai processi sensorimotori si sviluppa la cognizione. Gli schemi si formano da molteplici esperienze corporee che sperimentiamo continuamente e che devono avere origine proprio dal corpo poiché provengono da, e sono una conseguenza, delle esperienze vissute a questo livello. Infatti, come spiegato da Varela e colleghi (Varela, Thompson & Rosh, 2011), Johnson sostiene che gli IS emergano da certe forme basilari di attività e interazioni sensorimotorie, e poiché la nostra comprensione concettuale è modellata dalla nostra esperienza (corporea), possediamo concetti che affondano le proprie radici in questi schemi. Non si tratta però di proiezioni arbitrarie, ma, al contrario, che si realizzano attraverso procedimenti metaforici e metonimici che sono allo stesso tempo motivati dalla struttura dell'esperienza corporea (2011, p.209). Sono dunque schemi che hanno origine attraverso l'esperienza corporea e si possono proiettare a livello metaforico per strutturare anche la concettualizzazione nel campo visuale (ciò che entra ed esce dal nostro campo panoramico ad esempio) (2011, p. 208). Ancora una volta, viene sottolineata l'importanza delle dinamiche sensorimotorie nel processo percettivo. All'interno di un sistema tecnologico, possiamo quindi comprendere la musica attraverso la IS di Johnson grazie alla propriocezione (Peñalba, 2005, 2008). Ad esempio, all'interno di una tecnologia RMI che impiega un sistema MOCAP, e che prevede il movimento delle braccia del performer per ottenere un feedback sonoro, la distribuzione di note dai toni più acuti a più gravi potrebbe essere rappresentata nello spazio secondo lo schema della verticalità, quindi le note più acute si troveranno in alto mentre quelle più gravi saranno in basso rispetto al performer. Nel campo della musicoterapia, Aldrige evidenzia che, poiché rappresenta un trasferimento di significato da un'area all'altra, è utile considerare la metafora anche in ambito terapeutico e quindi nella musicoterapia, giacché

rappresenta per il cliente uno strumento terapeutico basato sull'immaginazione personale e il linguaggio (p.101).

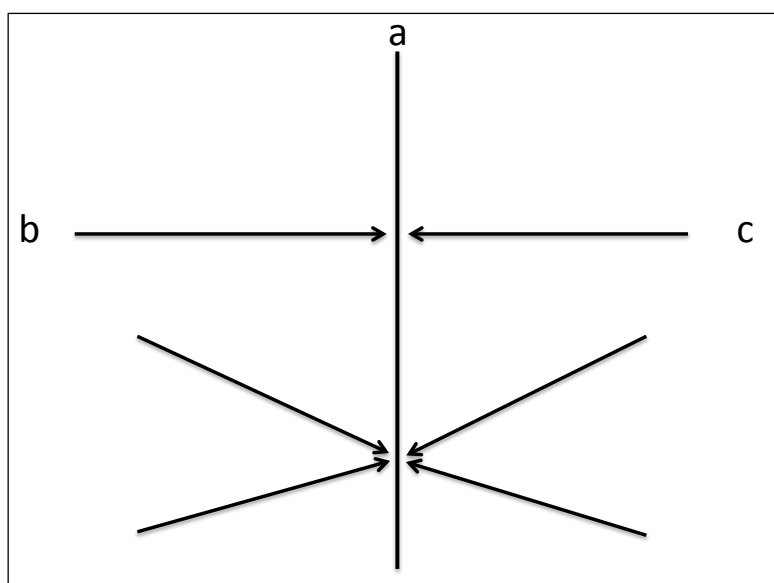
Comesuggerito da Peñalba (2005), la propriocezione assume un ruolo importante nella teoria della metafora, secondo i diversi livelli di funzionamento descritti nel capitolo 3. Per l'autrice, la propriocezione interviene in tutti i processi motorii, partecipando così alla sperimentazione dell'esperienza corporea. In funzione dei propriocettori impiegati nell'esperienza, verranno determinate le strutture interne degli schemi una volta estratta l'esperienza corporea (pp.32-33).

In conclusione, l'esperienza corporea (interazione) ha un ruolo fondamentale nell'ottenimento di astrazioni utilizzate nell'elaborazione e comprensione del significato (metafora). La metafora, può dunque essere di carattere cosciente o incosciente, al contrario le proiezioni metaforiche sono determinate dalla struttura interna degli schemi incarnati, come rileva Peñalba: “la metaforización es un proceso creativo en el que extrapolamos las características internas de los esquemas a las del fenómeno a comprender.” (2005, p.13).

Nella prospettiva della visione, Johnson utilizza un esempio artistico importante per giustificare la sua tesi circa le proiezioni metaforiche di schemi corporei, ed in particolare schemi d'equilibrio (Balance Schemata), proponendo l'esempio dei colori descritti da Kandinsky nei suoi testi¹⁹. Il concetto di metafora dell'equilibrio è collegato a quello di “peso”, per questo noi percepiamo la “forza” e il “potere” in termini di peso e massa. L'equilibrio è dato da due vettori di forze simmetriche in un punto, come ad esempio in **Figura 29**, schema proposto dallo stesso Johnson (1987, p.86).

¹⁹ Per un approfondimento si veda il testo: “Lo spirituale nell'arte”.

Figura 29. Equilibrio dell'asse



Nell'immagine, *a* rappresenta l'asse centrale mentre *b* e *c* i due vettori verso il "punto di equilibrio". Adattata da "The body in the Mind" di Johnson, 1987, p.86. Copyright 1987 della University of Chicago Press.

Johnson spiega che Kandinsky con i suoi quadri riesce a fare elaborazioni metaforiche di schemi pre-concettuali, proponendo un equilibrio metaforico che dipende in parte dalla relazione tra i colori e nell'effetto che questa relazione produce nell'osservatore (1987, p.99). I quadri astratti del pittore infatti, mostrano la complessità dell'interpretazione metaforica del concetto di schema d'equilibrio, poiché non si tratta di un quadro in cui la simmetria viene letteralmente rappresentata dalle figure/soggetti.

Come rilevato da Johnson, infatti:

Kandinsky gives accounts of the forces operating for each of the colors. Yellow is 'brash and importunate'; red has 'unbounded warmth' but not the 'irresponsible appeal' of yellow. Blue gives us a 'call to the infinite' and 'a desire for purity and transcendence'. ... The crucial point is that colors do not exist in isolation but in relation, and this sets up complex interactions of forces (p.84).

Nel descrivere, dunque, la forza dei colori di Kandinsky, emerge che ciò che importa veramente è la varietà di possibili fattori che sono compresi nella nostra percezione dei colori e nelle loro relazioni. Osservando un quadro, infatti, non sperimentiamo consciamente una proiezione metaforica di “peso”, “forza” o “tensione” letterale dei colori: questo equilibrio rilevante dei colori esiste nel nostro atto di percepire, poiché la nostra esperienza di equilibrio dell’immagine presuppone questo tipo di proiezione. La nostra esperienza dello spazio visuale, ci fa percepire diversi elementi e parti del quadro aventi diversi “peso” e “forze”. Tutte queste forze esistono solamente nel nostro modo di percepirle, nella distribuzione delle stesse forze visuali (1987, p.82) e secondo concetti metaforici di peso e forza. Lo schema di equilibrio è il senso più elementare che abbiamo di due forze simmetriche contrarie ad un asse o punto (1987) (**Figura 29**).

La percezione visiva è, come già anticipato, di fondamentale importanza nello spiegare l’esperienza percettiva nella Teoria delle Contingenze Sensorimotorie, poiché quando contempliamo un quadro, non abbiamo un contatto diretto con quello che stiamo osservando (Nöe & Thompson, p.2).

4.1.4 Teoria delle Contingenze Sensorimotorie

Anche questa teoria pone l’accento sulla percezione visuale, e dunque attraverso questa percezione sensoriale che viene descritta la teoria delle Contingenze Sensorimotorie (CTS). La percezione visuale, non “accade” nel cervello degli individui, ma è piuttosto un’azione che viene “compiuta” (Nöe & O’Regan, 2002, p.567). Con questa affermazione gli autori non eliminano la presenza dell’attività neuronale, ma sostengono che essa sia una delle componenti in gioco nella percezione: “neural activity is not sufficient to produce visual experience” (p.568). La TCS considera tutte le modalità sensoriali come:

different patterns of sensorimotor contingency governing perceptual exploration in the different modalities. To see a bottle, for example, is to explore as one moves in relation to

it. To touch it, on the other hand, is to explore the structure of tactile-motor contingencies. The bottle impedes, guides, and informs tactile exploration of the bottle (p.574).

In altre parole il ruolo del movimento e dell'esplorazione, nella percezione delle diverse modalità sensoriali, risulta essenziale. Infatti l'esperienza, considerata in questa prospettiva, risulta essere un'attività esploratoria estesa temporalmente mediata dalle contingenze sensorimotorie del soggetto (p.572). E dunque la percezione sensoriale è "ability to explore the environment in ways mediated by implicit knowledge of patterns of sensorimotor contingency that govern perceptual modes of exploration." (p.569). Si tratta di un'associazione di diverse modalità percettive-sensoriali di cui il soggetto è consapevole, anche a livello implicito. Ad esempio, un ballerino mentre svolge una performance ha la consapevolezza del proprio corpo in movimento, dello spazio della percezione visuale e sonora: questo complesso sistema di esplorazione percettiva riguarda diverse contingenze sensomotorie. Come spiegato dagli autori, il soggetto:

is able to make a use of information not only about that to which he or she is perceptually sensitive, but also about the character of his or her perceptual tracking of the environment, we say [he/she] is aware of what he or she perceives" (p.570).

Ancora, Peñalba, riferendosi al fatto che le contingenze sensomotorie sono composte da strutture che governano cambiamenti sensoriali (O'Regan & Nöe, 2001), dopo una comunicazione personale con O'Regan riporta che:

Una estructura es la inversión; consiste en que cuando el sujeto avanza un paso hacia el objeto, habrá determinados cambios en la información sensorial que se relacionen con los cambios en el movimiento corporal del sujeto. Si el paso se invierte, habrá una nueva información sensorial diferente a la anterior en relación con un movimiento del cuerpo distinto, pero la información de partida antes del movimiento y la de llegada tras la inversión del paso serán iguales (2008, p.115).

Appare dunque chiaro come il movimento, e la percezione propriocettiva descritta in precedenza, siano alla base di un processo di co-determinazione che si genera durante la percezione. In altre parole, la percezione è data dai cambiamenti delle contingenze sensomotorie dell'oggetto, che il soggetto percepisce durante il suo movimento eseguito per raggiungere lo stimolo iniziale (muoversi verso un oggetto o girare la testa verso un lampo di luce improvviso). Muovendosi, però, la percezione del soggetto cambierà, poiché le informazioni dello stimolo si modificheranno in relazione al movimento (2001).

La TCS non solo risulta importante nell'ottica di una tecnologia RMI che utilizza lo spazio e l'ambiente per l'esplorazione del soggetto, attraverso diverse contingenze sensorimotorie, ma sottolinea ancora una volta che l'integrazione delle diverse modalità sensoriali è possibile e avviene con il movimento.

Nel descrivere la loro teoria, Nöe & O'Regan (2002) spiegano la percezione visuale. Basandosi su esperimenti empirici, in cui veniva studiato il movimento dell'occhio dei soggetti (2001) si è dimostrato che questo ha un ruolo importante nel riconoscimento del colore, in particolare, quando ci muoviamo, percepiamo a livello cosciente un cambiamento sensoriale anche nel panorama visivo.

Come ricordato da Peñalba (2011):

SCT stresses that when we move while perceiving, a sensorial change in the visual scene is produced by our movements, and experiments provide empirical evidence that eye movements have a role even in colour perception. The theory asserts that visual perception is effective when the following conditions occur: (i) there must be eye movements (or the knowledge of how these movements will influence the stimuli) resulting in changes in the input sensory information: and (ii) the brain must be able to process that information and relate it to the position of the eyes in real time (p.221).

In altre parole, devono verificarsi alcune condizioni affinché la percezione visiva sia effettiva. La TCS è proposta come alternativa all'approccio neurofisiologico, psicologico e psicofisiologico

delle teorie ortodosse che sostengono che la rappresentazione interna di ciò che osserviamo, prodotta nel cervello, è responsabile dell'esperienza della visione. Gli autori sostengono che alla base della visione vi sia un'azione ed un modo particolare di esplorare l'ambiente. Vediamo come nel dettaglio.

Perché, ad esempio, c'è differenza nella percezione di uno stesso colore? Perché “[i]f neural activity is just an arbitrary code, then an explanation is needed for the particular sensory experience that will be associated with each element of the code” (O'Regan & Nöe, 2001, p.940). Ne consegue che il fatto che processi neurali simili possano generare percezioni simili, non è una ragione da considerarsi a priori. Le singole zone cerebrali implicate, come il sottoinsieme di neuroni o le regioni corticali, non possono spiegare perché attribuiamo qualità visuali o sonore a situazioni esterne. Gli autori propongono la visione come chiave di comprensione del mondo esteriore, che, anziché generare una creazione interna dello stesso, ne permette l'esplorazione attraverso la conoscenza e le contingenze sensorimotorie relative al tipo di percezione: “[v]ision is a mode of exploration of the world that is mediated by knowledge of what we call sensorimotor contingencies.” (2001, p.940).

O'Regan sostiene che ogni modalità sensoriale sia costituita da una diversa qualità, che conferisce variazioni nella percezione dei sensi e che è prodotta a loro volta da diverse azioni-motorie. Le contingenze sensorimotorie allora, laddove questo termine si riferisce ad una relazione tra azione e cambi percettivi, governano l'esplorazione dei sensi, sono conferite da un'azione e hanno struttura diversa in funzione della modalità sensoriale di cui si parla. In altre parole, le contingenze sensorimotorie mediano la consapevolezza della percezione del mondo esterno e alle diverse modalità percettive, corrispondono diverse esplorazioni fisiche. Così, ad esempio, le contingenze sensorimotorie dell'udito saranno diverse da quelle della vista, poiché queste ultime non saranno influenzate dal movimento dell'occhio come invece accade per la percezione della vista, ma saranno influenzate dal movimento della testa (O'Regan & Nöe, 2001).

Possiamo concludere che alla base delle modalità sensoriali vi sono diversi modelli di contingenze sensorimotorie. L'approccio alla percezione visuale, in quanto attività esplorativa

dell'ambiente, e mediata dalla conoscenza delle rilevanti contingenze sensorimotorie, apre anche alla possibilità di considerare la sinestesia in modi diversi (2001, p.943). Inoltre, le diverse contingenze sensomotorie alla base delle modalità sensoriali, dipendono dall'abilità del soggetto nel padroneggiarle (*mastery*), e derivano anche dalla pratica (2001).

Anche la TCS, come le teorie precedenti, può essere applicata al contesto musicale (2011, p.223), e conseguentemente anche a quello interattivo e tecnologico musicale, grazie ai concetti di *bodiliness* e *grabbiness* descritti in seguito. *Bodiliness*, rappresenta la corporalità, così chiamata perché deriva da informazioni sensoriali del nostro corpo in movimento, la capacità di allerta, mentre *grabbiness* indica lo spostamento improvviso di attenzione da un altro evento o situazione nell'ambiente: si tratta della "capacità" dell'oggetto di captare l'attenzione percettiva del soggetto. Ad esempio, se osservo uno schermo davanti a me e d'improvviso avviene un'esplosione di luce al lato, la mia attenzione si sposterà immediatamente verso la fonte dell'esplosione (*grabbiness*), mentre nell'osservare l'esplosione, avviene il movimento degli occhi, un movimento codificato dal nostro cervello a livello cosciente o incosciente (*bodiliness*). Allo stesso modo ciò avviene, ad esempio, quando ascoltiamo un brano musicale dal vivo e, muovendoci nello spazio, percepiamo diverse informazioni sensoriali circa la strumentazione impiegata (*bodiliness*) o quando un suono improvviso di uno strumento attrae la nostra attenzione, distogliendola da ciò che stavamo facendo (*grabbiness*). La relazione tra queste due varia secondo l'attività musicale che stiamo eseguendo, poiché comporre, ballare, ascoltare musica o suonare, richiede un livello di coscienza musicale diverso (2011).

Pertanto, secondo Peñalba (2011), queste differenti tipologie di musica sperimentate sarebbero "...fundamental in our sensitivity to the characteristics of perceived stimuli" (p.224). Questo significa che il nostro corpo è fondamentale per sperimentare e acquisire conoscenze e queste due caratteristiche varierebbero a seconda del tipo di attività che si svolge. Come sostenuto da diversi studiosi (Peñalba, 2005), la comprensione teoretica delle descrizioni metaforiche della musica si basa sulle esperienze sensorimotorie del corpo e di conseguenza anche sulla propriocezione. In altre parole, l'informazione propriocettiva svolge un ruolo importante nella coscienza primaria, ovvero attraverso la coscienza corporale. Lo schema

verticale della musica, ad esempio, può essere compreso proprio grazie al sistema sensorimotorio e ai propriocettori.

Allo stesso modo la propriocezione aiuta a raggiungere una *coscienza di alto livello*²⁰ (Borghi, 2005, p. 9), ovvero la consapevolezza di sé. Entrambi i concetti di coscienza primaria e coscienza di alto livello sono legati alle informazioni corporee e, tramite queste, attraverso i propriocettori.

La TCS, permette di considerare e osservare la modalità auditiva, visuale e motoria, che avviene durante la stimolazione sensorimotoria. Tale è come spiegato da O'Regan et al., (2004, p.106), muovendo il corpo, anche l'informazione sensoriale in ingresso cambia immediatamente, questo grazie in gran parte al sistema propriocettivo. Percezione ed azione sono elementi dinamici che si co-determinano, quindi il movimento è alla base della percezione. Nel caso della percezione auditiva, che avviene anche senza alcun movimento, si considera la contingenza sensorimotoria che implica un movimento virtuale e non necessariamente "esplicito", ma di simulazione interna (Peñalba, 2008, p.128).

Il lettore avrà dunque compreso l'importanza che assume la TCS per trattare l'interazione che avviene all'interno di una tecnologia RMI.

²⁰ Borghi spiega "[a] growing body of research emphasizes the interconnections between the "low-level" or sensorimotor processes and the "high-level" or cognitive processes" (p. 9).

5. Integrazione incrociata modale e tecnologia

Come emerge dalle tecnologie descritte nel capitolo 2, l'utilizzatore è coinvolto *in primis* e contribuisce attivamente alla composizione, trovandosi nel ruolo di creativo musicale e di controllo della produzione artistica. Tale posizione ha un effetto anche psicologico nello spettatore-utilizzatore, poiché nell'azione di sperimentare e creare un frammento musicale per un'opera musicale, come nel caso della Brain Opera e ADA, si ritrova in una posizione di “potere”. Lo scopo di queste tecnologie, infatti, è porre l'accento sulla partecipazione e sull'interazione attiva dell'utilizzatore anche a livello artistico, proponendo, cioè, uno spazio espressivo attraverso la componente artistica audiovisuale di facile manipolazione.

Grazie alla nascita di Iperstrumenti come Hyperscore, tecnologie immerse nell'iterazione con il pubblico che diviene parte attiva di una performance artistica, o ancora attraverso l'interazione mediata da ReacTable e la sua applicazione da parte di un'artista musicale per creare spettacoli audiovisuali e applicazioni pedagogiche, l'utilizzatore e lo spettatore si basano sulla percezione visiva, oltre che quella auditiva, per muoversi e interagire nell'ambiente. Queste tecnologie digitali hanno applicato l'elemento visuale all'interno del Mapping, come input e output, per permettere la visualizzazione dell'interazione dell'utilizzatore con l'ambiente, l'output del suono prodotto o l'apparizione e visualizzazione dello strumento suonato. La dimensione visuale e sonora fin qui si dimostrano un utile binomio nella creazione di tecnologie digitali intuitive, educative e ludiche; con particolare applicazione alla sfera terapeutica come dimostrato con CareHere. Attraverso le opere in precedenza descritte, infatti, in particolare Brain Opera, ADA, ReacTable, Biophilia e CareHere si evince l'importanza della dimensione audiovisuale nel design di tecnologie digitali. In gran parte di questi esempi, i creatori hanno perseguito l'obiettivo di integrare più modalità sensoriali all'interno di una tecnologia RMI, per offrire un'esperienza completa ed immersiva al soggetto. Questo processo conferisce all'utilizzatore una sensazione di “non-mediazione”: in altre parole la tecnologia scompare (Leman, 2007). Questa ricerca, nasce anche dalla possibilità di riprodurre situazioni quali la sinestesia (che descriverò nel paragrafo 5.2.3.), o offrire uno spazio in cui riprodurre più modalità sensoriali attraverso il movimento (vedi capitolo precedente), un campo, questo, a cui si sta avvicinando anche la

neuroscienza. Diversi studi in quest'ambito, infatti, investigano la stimolazione multisensoriale nelle diverse zone del cervello implicate.

L'utrice di uno di questi studi (Calvert, 2001) evidenzia gli effetti nell'identificazione dell'integrazione audiovisuale attraverso metodologie specifiche (ad es. fMRI) e ricerca quali parti del cervello possono essere relazionate e ritenute responsabili dell'integrazione modale incrociata²¹ di diverse stimolazioni sensoriali. Spiega, inoltre, che gli studi elettrofisiologici possono apportare solo un'immagine parziale di quello che sarebbe un possibile network relazionato con la percezione, risposta e integrazione di multipli input sensoriali, affermando l'esistenza di questa integrazione multisensoriale nell'essere umano. In particolare, un'integrazione multisensoriale avverrebbe nelle corteccie sensoriali specifiche (2001), riferendosi alla sintesi incrociata modale di diverse percezioni sensoriali (auditiva, visuale, olfattiva, tattile, anatomico-spaziale, etc.) che si verificherebbe nel cervello dopo una consistente stimolazione. Grazie, infatti, a significativi studi in ambito audiovisuale (McIntosh et al., 1998; Calvert, 2001), è stato possibile dimostrare come, dopo aver sottoposto diversi soggetti all'osservazione di un input di tipo audiovisuale, e consistente, quando viene riproposto lo stesso timbro sonoro o colore, si attivano le parti corrispondenti nel cervello (corteccia visuale nel primo caso, e corteccia auditiva primaria nel secondo). Queste evidenze, ci spiegano che nel nostro cervello può avvenire un'interazione di più modalità sensoriali. A questo proposito, Ruggeri (1997), sostiene che l'interazione nello spazio è sempre sinestetica (capitolo 5.3), poiché è legata all'interazione di diverse modalità sensoriali in tempo reale. Per l'autore, spazio e movimento sono intrecciati e l'immagine corporea viene elaborata in base alle informazioni sensoriali percepite, che possono essere di natura diversa (tattile, propriocettiva, sonora etc.). Nel "costruire l'immagine del proprio corpo i diversi soggetti possono privilegiare una modalità sensoriale rispetto alle altre, utilizzando, ad esempio, prevalentemente il canale visivo rispetto a quello cenestetico o acustico e viceversa" (p.161). È dunque il soggetto a scegliere, in modo inconsapevole, quali informazioni sensoriali privilegiare.

²¹ Con integrazione modale incrociata o cross-modale, ci si riferisce all'attivazione di più di una modalità sensoriale contemporaneamente, che avviene durante attività di vario genere.

Queste conclusioni sono state considerate nello sviluppo e applicazione della tecnologia interdisciplinare e-mocomu per scopo terapeutico (così come di altre tecnologie RMI), che coinvolge più modalità sensoriali con il movimento a scopo terapeutico.

5.1. Colori

Presentando il concetto di colori, è necessario introdurre il lettore a una concezione dei colori derivata dalla filosofia legata alla Embodied Mind. Lakoff & Johnson (1980), infatti, sostengono che dato il mondo esteriore, i nostri corpi e cervelli si siano evoluti per creare il colore. Nella prospettiva evuzionistica, infatti, lo sviluppo di un sistema di colori offre un vantaggio sostanziale in grado di sostituire possibili limitazioni di altro genere. Il colore assume un valore significativo in quanto rappresenta: “evolved aspect of the brain that plays many roles in our lives, cultural, aesthetic, and emotional” (p.25). Secondo gli autori, la nostra percezione dei colori nasce dalla combinazione di quattro fattori:

Wavelength of reflected light, lighting conditions, and two aspects of our bodies: (1) the three kinds of color cones in our retinas, which absorb light of long, medium, and short wavelength, and (2) the complex neural circuitry connected to those cones (p.23).

Inoltre il colore di un oggetto è relativamente costante, e quindi l’oggetto sembrerà più o meno sempre lo stesso. Il colore non è solamente dato dalla percezione dalla lunghezza d’onda: le costanti dei colori dipendono anche dall’abilità del cervello di compensare le variazioni di luce della sorgente (1980). Sempre secondo gli autori, non esiste una corrispondenza univoca tra la riflettività e colore; ma piuttosto due riflessioni diverse possono entrambe essere percepite come lo stesso colore. In altre parole, i colori come noi li percepiamo non appartengono a oggetti o a superfici, ma sono il risultato dell’interazione di diversi fattori: “[w]hat we perceive as blue does not characterize a single ‘thing’ in the world, neither ‘blueness’ nor wavelength reflectance.” (1980, p.24). Ecco perché il cielo, ad esempio, non è di colore blu, ma è prodotto dalla trasmissione nell’atmosfera di alcune lunghezze d’onda della luce proveniente dal sole e dalla dispersione di alcune di queste, e dalla nostra abilità percettiva. È importante tenere però a mente che la luce non è colorata. Il colore è, piuttosto, percepito e prodotto in noi dall’esperienza

qualitativa, e dall'interazione di quattro fattori: condizione di luce, lunghezza d'onda, colore dei coni presenti nell'occhio e da processi neurali (1980).

In particolare, i colori in quanto concetti non sono riducibili a strutture interne, al contrario sono categorie interattive, dati cioè dall'interazione con i nostri corpi, cervelli delle proprietà riflettenti degli oggetti e le radiazioni elettromagnetiche (1980); emergono, quindi, dalla relazione del soggetto con l'ambiente. In altre parole, come spiegato dagli autori:

Color is not just the internal representation of external reflectance. And it is not a thing or substance out there in the world. To summarize, our color concepts, their internal structures, and the relationship between them are inextricably tied to our embodiment (1980, p.24).

Quindi, secondo gli autori, i colori, non sono oggettivi né soggettivi, ma piuttosto “a function of the world and our biology interacting” (1980, p. 25). Questi non possono essere considerati solo secondo la loro matrice culturale, che certamente esiste, ma devono invece essere visti come un'unione biologica di diverse interazioni con il mondo esteriore e culturale.

L'approccio di Varela e colleghi al colore (Varela, Thompson & Rosh, 2011), che viene anche utilizzato come esempio per proporre la teoria enattiva, è in linea con ciò appena descritto e utile per la comprensione, tra le altre cose, anche dell'integrazione crociata modale descritta in precedenza oltre che per questo stesso capitolo. Gli autori, infatti, utilizzano il colore come esempio per mostrare che il significato dell'interazione di un sistema vivente è il risultato dell'organizzazione e della storia delle interazioni dello stesso sistema vivente con il proprio ambiente. In altre parole i colori non sono presenti “fuori” dal soggetto o “dentro al soggetto”, ma al contrario sono esperienziali: le categorie dei colori appartengono al nostro mondo sia biologico che culturale condiviso, definendosi reciprocamente (p. 202). Viene utilizzato questo esempio, poiché il colore da sempre ha un duplice significato: sia percettivo che cognitivo nell'esperienza umana. Inoltre, la struttura cognitiva emerge da un modello sensorimotorio che ci permette l'azione guidata attraverso la percezione. In questa prospettiva, si inserisce la teoria enattiva che chiarisce che i colori, (come gli odori etc.), sono visti attraverso la guida visuale dell'azione: il movimento.

Innanzitutto bisogna precisare che i colori che noi osserviamo sono una combinazione dei sei colori basilari (rosso, giallo, verde, azzurro, nero e bianco); i recettori a onde larghe, medie e corte, ci permettono la percezione degli stessi. Come il lettore ricorderà della teoria ecologica descritta all'inizio di questo capitolo, il colore che percepiamo può essere posto in relazione alla luce che si riflette nella zona che stiamo osservando. Se una zona sarà più verde, vorrà dire che rifletterà soprattutto l'onda media, se sarà bianca, è perché rifletterà più luce (2011). Allo stesso tempo gli autori sottolineano che nel percepire il colore, utilizziamo una rete neuronale ampia, e che “[m]ás aun, la percepción visual es un intercambio activo con otras modalidades sensoriales. Por ejemplo las asociaciones de color y sonido, así como la percepción de color y la percepción horizontal/vertical...” (2011, p.191). Dunque la percezione del colore partecipa anche ad altre tipologie di modalità visuali e sensoriali.

Anche il neuroscienziato Sacks, in *Musicophilia* (2007), riporta un esempio concreto di un paziente che non sperimenta più il colore (acromatopsia cerebrale acquisita, Sacks, 2007, p.76) e che sembra supportare questa tesi. Un altro importante esempio di questa connessione incrociata modale, si concretizza nell'arte e nella teoria filosofica di Kandinsky, esempio di cui parlerò più a fondo nel paragrafo 5.4.1. Varela e colleghi riportano l'esempio del movimento dei colori espresso da Kandinsky, che viene utilizzato dallo stesso Johnson (capitolo 4.1.3.), per spiegare che i colori non sono percepiti in modo separato da altre loro caratteristiche, quali ad esempio la grandezza, la forma e il movimento (2011, p.190).

Pertanto, i colori percepiti (come anche le altre modalità percettive), emergono da complessi processi di associazione strutturale legati, a loro volta, da attività sensorimotorie. Questi esempi spiegano che il colore, emerge nella relazione ad altre strutture che fanno parte del nostro modo di percepire, del nostro “mondo percepito” (2011, p.193). Secondo gli autori “...no podemos explicar el color si procuramos localizar el color en un mundo que sea independiente de nuestras capacidades perceptivas” (2011, p. 193), questo concetto, chiaramente, può essere esteso per le altre modalità percettive.

5.2. Suoni colori ed emozioni

Secondo Eva Heller (2012), l'aspetto psicologico dei colori è fondamentale quando si indaga circa gli effetti sull'osservatore. I colori si dividono in primari o fondamentali, che sono il rosso, giallo e il blu; i secondari o misti puri, che risultano dalla mescolanza dei colori primari e sono composti dal verde, arancione e viola. Oltre a questi due gruppi, vi sono i colori misti impuri, che nascono dalla mescolanza dei due gruppi anteriori, e sono composti da tredici colori indipendenti. Nell'essere umano, esiste un numero maggiore di reazioni psicologiche ed emotive rispetto ai colori (2012), e uno stesso colore può suscitare diverse emozioni nell'osservatore.

Secondo l'autrice, questo succede poiché ogni colore si associa con altri che colori vicini, e "en el conjunto el acorde cromático determina el efecto del color principal" (2012, p.45). Così, uno stesso colore agisce in forma diversa in ogni situazione, e questo effetto può risvegliare sentimenti positivi o negativi secondo il contesto in cui si trova. Nello studio di Heller (2012), i colori di un accordo cromatico sono in relazione con l'esperienza del soggetto, poiché l'associazione tra colori e sentimenti è il risultato dell'esperienza personale, sviluppata durante la l'infanzia, attraverso il linguaggio e il pensiero. Inoltre, le caratteristiche sociali e storiche del colore, ci permettono di comprendere in che modo avviene l'interazione psicologica con l'osservatore. Da quest'affermazione di Heller (2012), emerge che non si può considerare unicamente l'aspetto psicologico del colore senza considerare l'aspetto storico, poiché come ci spiega la studiosa, ad esempio, nel passato il prezzo del colore ne determinava il significato sociale e antropologico. Ovviamente questa dinamica ha avuto una conseguenza anche nell'arte pittorica, attraverso la simbologia dei colori nelle opere, nella religione oppure creando una nuova gerarchia di colori e nella vita quotidiana, in cui il colore determinava l'appartenenza ad una classe sociale rispetto che ad un'altra.

Studi recenti, che descriverò in seguito, hanno mostrato le correlazioni esistenti tra colori percepiti e aspetti di un pezzo musicale quali la tonalità, il tempo e l'articolazione musicale. In questa parte della tesi propongo la ricerca fatta con lo scopo di trovare una correlazione tra parametri musicali, colori ed emozioni, e il cui obiettivo era lo sviluppo e il design della

tecnologia RMI denominata e-mocomu. E-mocomu sta per E-MOzione, COlore e MUstica e verrà proposto nel capitolo 8.

Ad oggi, sono state proposte diverse teorie per stabilire una scala di associazione tra colori e suoni, basate principalmente sulla corrispondenza fisica di questi. Come illustrerò più avanti (paragrafo 5.4), da Newton in poi, numerosi artisti e musicisti si sono avvicinati ad una associazione tra scala cromatica e musicale; ma solo recentemente questa associazione è stata ampliata anche al dominio psicologico delle emozioni, per cercare di comprendere come le emozioni, i suoni e i colori siano correlati. Alcuni di questi, si basavano su una condizione chiamata *synaesthesia*, che, come descriverò nel capitolo 5.3. permette una particolare connessione incrociata tra regioni del cervello coinvolte nel processo percettivo e concettuale. Poiché non è possibile stabilire una valida correlazione tra suono e colore basata sulla sinestesia, giacché è soggettiva, l'alternativa di seguito proposta, è quella di identificare una correlazione tra suoni e colori, mediata dalle emozioni. Juslin & Västfjäll (2008) parlano dell'importanza degli sforzi dei musicisti nel comunicare emozioni durante le performances musicali, che contribuiscono all'associazione di specifiche caratteristiche musicali con emozioni specifiche. Più recentemente, questa dimensione emotiva della percezione musicale è stata considerata in diversi esperimenti nella relazione suono-colore. Ad esempio Bresin & Friberg (2000), hanno collegato emozioni basiche a diversi parametri del tempo e della scrittura musicale per disegnare una sorta di colorazione emozionale della performance musicale. In altri studi, Bresin (2005) ha dimostrato che le tonalità maggiori e minori sono collegate a colori scuri e chiari rispettivamente, ed associate ad emozioni negative e positive, che dipendono dalla dinamica dei brani musicali (un tempo rapido corrisponde all'ira, lo staccato alla felicità il legato alla tristezza), o che lo stesso pezzo musicale può corrispondere a colori diversi dipendendo dal tipo di interpretazione e dallo strumento (Bresin, 2004). Gli autori di un altro studio (Tsang & Schloss, 2010), evidenziano che il parametro della velocità influirebbe nella percezione emozionale (senza però contare il parametro culturale o l'intensità), pertanto una musica veloce in tonalità maggiore corrisponde a colori più chiari e saturati, mentre una musica più lenta e in tonalità minore a colori più bluastri rispetto alla corrispondenza con la tonalità maggiore. In un altro studio (Kaya & Epps, 2004) i colori dei toni principali (rosso, giallo, verde, blu, viola) evocherebbero risposte emozionali positive, quelli intermedi (giallo-rosso, verde-giallo, blu-verde, viola-blu rosso-viola)

meno positive, e nei colori acromatici, il bianco susciterebbe risposte positive, mentre il nero negative.

Altri autori hanno considerato in partenza la risposta affettiva per teorizzare una corrispondenza (Schloss et al., 2008). Schloss & Palmer (2011), si avvicinano alla dimensione culturale della relazione, spiegando, da una prospettiva psicologica, che la correlazione tra colore ed emozione segue la teoria della valenza ecologica. In particolare, la preferenza per i colori è risultata essere influenzata dalle preferenze per oggetti materiali. Questa ragione ha una spiegazione culturale che può essere meglio compresa pensando, ad esempio, all'antichità ed ai colori utilizzati negli affreschi delle caverne, che rappresentavano scene di caccia o di natura, in cui l'attribuzione e la distinzione degli stessi colori dipendeva dagli oggetti o dal cibo necessario per la sopravvivenza (2011).

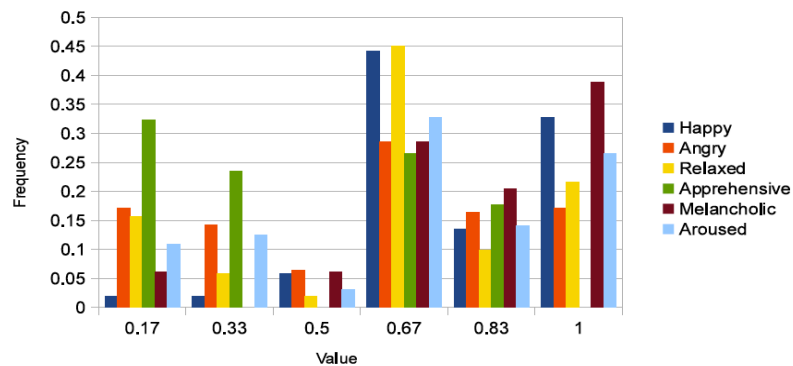
Anche Heller (2012) e Ou et al., (2012), si avvicinano alla dimensione culturale, proponendo una teoria dell'associazione colore-emozione a due livelli e rilevando l'importanza di considerare le risposte tra diverse culture per difendere delle associazioni tra emozioni e colori, come anche i concetti di armonico-enarmonico nella musica. In un esperimento proposto come approfondimento degli anteriori, (Partesotti & Tavares, 2014) si è ricercata una possibile consistenza culturale di questi 3 parametri (colori, suoni, emozioni). L'esperimento ha previsto un'indagine condotta su 981 partecipanti con un questionario online condiviso nel network sociale e nell'Università di Campinas, in Brasile. I partecipanti differivano per ambiente culturale, età e genere. Ogni partecipante, dopo aver ascoltato un pezzo musicale, che poteva variare tra 3 e 20 secondi tra un totale di 20 scelti a caso dal programma, doveva assegnare un'emozione ed un colore che considerava appropriati per l'ascolto. Il risultato ha evidenziato che l'associazione di suono ad un colore può portare ad una migliore predizione sui colori percepiti che con il suono o l'emozione da soli. Nonostante sia possibile osservare una tendenza nella percezione dei colori, non è ancora possibile stimare una risposta unica, valida per tutte le persone. In conclusione, l'esperimento ha dimostrato che mentre la risposta emotiva è guidata da norme culturali, la correlazione suono-emozione è più costante dell'associazione colore-suono, e ciò dipende dal bagaglio culturale di ogni ascoltatore. Lo studio, infatti, ha mostrato un'indicativa predominanza del colore rosso e arancio, suggerendo la possibilità che gli studi precedenti differenzino nella predominanza dei colori poiché i partecipanti provenivano in

maggioranza dal contesto culturale occidentale (**Figura 29**). In ogni caso, il grande numero di partecipanti, maggiore rispetto allo studio di Tsang & Schloss (2010), ha sottolineato l'impossibilità di correlare emozioni e colori a livello biologico, giacchè la percezione risulta essere in gran parte soggettiva. Uno dei due grafici proposti nell'esperimento (value, hue, saturation), visibile in **Figura 30**, mostra la mancanza di una correlazione significativa. Questi risultati, hanno permesso una riflessione circa le caratteristiche di questa relazione, stimolando nuove domande, che saranno alla base di futuri esperimenti.

Figura 30. Risultati dell'esperimento

Emotion	Hue	Saturation	Value
Angry	Red	Low	Mid
Happy	Orange, Red	Any	High
Melancholic	Any	Mid	High
Apprehensive	Red	Low	Low
Aroused	Red	Low	Mid
Relaxed	Orange, Red	Low	High

Audio content	Color polarization
Gipsy Alto Sax	High value, hue either red or yellow
Violin Tremolo	Dark shades of gray
Piano	Mid shades of gray
Ode to Joy	Mainly red or green



(a) Distribution of value.

In alto due Tabelle sulla polarizzazione dei colori rispettivamente per alcuni dei 20 brani proposti, in basso uno dei tre grafici ottenuti, con la frequenza dei colori collegati alle emozioni scelte dai soggetti.

Questo studio ha smentito lo studio anteriore di Tsang & Schloss (2010). Probabilmente a causa del vasto numero di partecipanti analizzato nella nostra ricerca, contro i 10 dell'esperimento citato. Possiamo concludere che sussistono valide correlazioni tra colori ed emozioni per piccoli gruppi, ma non per grandi gruppi di persone. In conclusione e come spiegato da Lakoff & Johnson (1999) l'essere umano può, a livello teorico, distinguere milioni di colori, ma nella pratica questo dipende dal nostro processo di apprendimento, cioè se abbiamo imparato a riconoscerli (dunque dalla percezione) e se esistono concetti per denominarli.

Riguardo, il riconoscimento, l'attribuzione emotiva o il significato dei colori, bisogna osservare la matrice culturale e storica degli stessi all'interno delle diverse società, per comprendere che il loro significato è legato alla dimensione sociale e che quindi varia da cultura a cultura (2014). Alla luce di queste conclusioni, per una possibile associazione tra suoni e colori da applicare al prototipo e-mocomu, ho ricercato una correlazione suono-colore basata a livello scientifico. Con questo obiettivo ho affrontato tappe obbligatorie quali la sinestesia audiovisuale, e revisato teorie associative di alcuni artisti e musicisti celebri nella società occidentale.

5.3 Synaesthesia

In questi anni si è fatta strada l'idea che il cervello umano operi un'integrazione multisensoriale simile alla sinestesia, una caratteristica però che si adatta ai modi di percepire e elaborare le informazioni del mondo esterno. Storicamente, dall'antica Greci fino all'epoca dei lumi, le diverse percezioni sensoriali venivano considerate nella loro totalità, secondo una visione olistica dell'uomo. Con la separazione tra scienza ed arte dell'epoca illuminista è avvenuta una separazione nella tensione dialettica tra forma e contenuto (Adorno, citato in DeNora, 2003, p.9). Ne consegue che questa divisione abbia comportato una divisione anche nella considerazione delle percezioni sensoriali. Effettivamente, come attesta Grossenbacher (1997) “[e]m termos evolutivos, as diferentes modalidades perceptivas do ser humano estão inter-relacionadas por uma série de fatores. Do diálogo entre estas modalidades depende, por exemplo, a construção de uma representação consciente e coerente da realidade, indispensável à sobrevivência” (citato in Basbaum, 2015, p.243). L'autore evidenzia che l'unione delle modalità percettive rappresenti lo strumento necessario per la comprensione cognitiva del mondo esterno.

Grossenbacher paragona l'esperienza sinestetica, comune a tutti gli esseri umani in quanto unione di diverse modalità sensoriali, alle immagini gestaltiche:

à experiência sinestésica: ela nos aparece como uma experiência direta, pre-verbal do mundo; uma imersão na sensação, oposta àquela analítica, racional; uma experiência específica do tempo, um tempo agórico, uma presença aqui- agora - quase como uma dilatação, um tempo deslocado do tempo linear, diacrônico, da experiência ordinária. Assim, opondo-se a aspectos determinantes de nossa consciência analítica, a sinestesia se oferece como um tipo consciência particular, uma gestalt, uma estruturação do mundo que provê uma cognição distinta - que o sinesteta experimenta, aprecia, mas não consegue exprimir (2012, p.250).

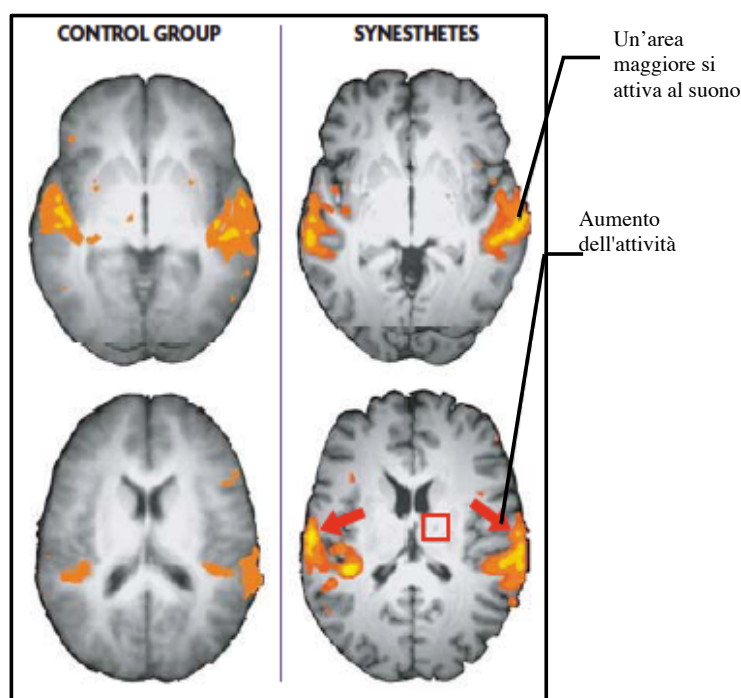
Nel capitolo 5, neuroscienfici evidenziano l'interazione incrociata modale di più sensorialità. Anche Godøy (2003), a questo proposito, parla di un fenomeno di modalità incrociata in una prospettiva ecologica, un “cross-modal phenomenon [that] can provide basis for the relationship between the senses in an ecologically conditioned way”, (p.317), in altre parole si tratta di cooperazione di diverse modalità sensoriali evolutesi nel corso del tempo, in modo tale da permettere l'interazione con l'ambiente per il benessere dell'uomo. L'autore parla dell'integrazione spontanea dei nostri sensi impiegati nelle situazioni quotidiane di percezione e cognizione, sottolineando il valore che i suoni assumono nell'associare altre modalità sensoriali.

Ora chiarirò al lettore il significato di questo termine.

La synaesthesia deriva del greco *Syn* ovvero “assieme” e *Aisthesis* ovvero “sensi”, e come già accennato nel paragrafo precedente, è una sorta di duplicazione sensoriale che avviene “... when the neural pathway from a sense organ diverges and carries data on one type of stimulus to a part of the brain that normally processes another type” (Carter, 2009, p.76). Dunque si riferisce ad una esperienza nella quale la persona, che percepisce uno stimolo in una delle cinque modalità sensoriali, associa simultaneamente e involontariamente questo stimolo con una seconda modalità sensoriale. A livello neurofisiologico, non si può tuttavia dare una spiegazione esaustiva e definitiva alla causa di questa attivazione cerebrale, ovvero dei meccanismi neuronali che intervengono, essendo questo un recente ambito di ricerca. Quello che si evidenzia, però, è

che la sinestesia è corredata da un'attivazione diversa, rispetto al consueto, di alcune regioni del cervello che sono collegate con altre aree dedicate alla rappresentazione percettiva e concettuale, come si può osservare in **Figura 31**.

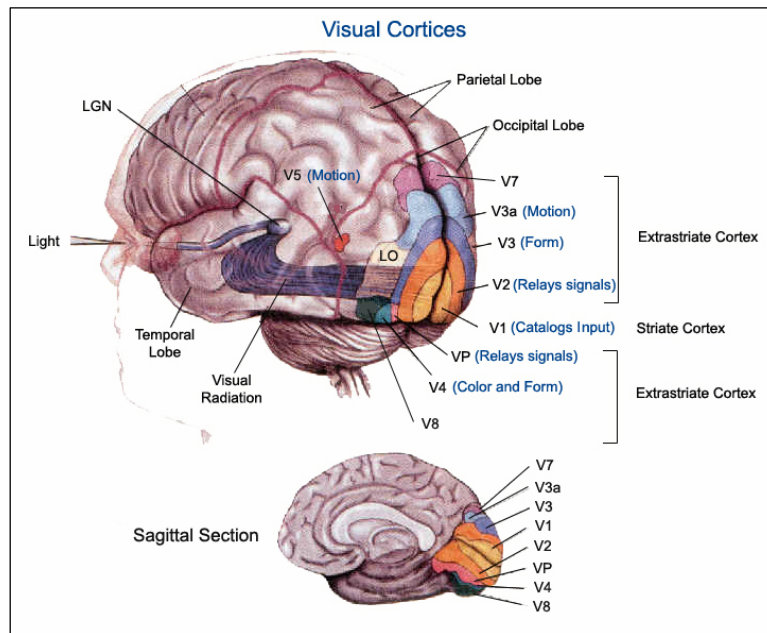
Figura 31. fMRI del cervello



Da questa immagine fMRI, si osserva la differenza di attivazione tra persone con sinestesia e persone prive di sinestesia. Adattato da “the Human Book” di Carter et al., 2009, p.76. Copyright 2009 della Dorling Kindersley Limites.

Queste regioni impiegate cambiano secondo il tipo di sinestesia. Nella sinestesia musica-colore, conosciuta anche come chromaesthesia, si attivano aree del cervello associate al sistema auditivo del giro fusiforme (anche chiamato circonvoluzione fusiforme, “fusiform gyrus”), in particolare con le aree cerebrali implicate nell’elaborazione dei colori (Specht, 2012) (V4, **Figura 32**).

Figura 32. Mappa delle zone del cervello



Mappa della corteccia visuale del cervello, si osservino le aree V1 e V2 per la visione, V3 e V8 per l'elaborazione dei colori. Adattata da <http://neurologues.qwriting.qc.cuny.edu/fmri-scans-synesthesia-is-real/>.

Il giro fusiforme è parte di una rete neuronale estesa, con la quale si comunica e attraverso la quale si muovono i neuroni responsabili di trasportare le informazioni ai/dai cinque sensi. Quando avviene la sinestesia, avviene un incrocio di connessioni neuronali, un'integrazione di modalità incrociate di due o più sensi.

Le tipologie di sinestesia possibili da quest'associazione e le relative sub-categorie, sono molteplici e non si conosce ancora di preciso il loro numero. In un esperimento (Kadosh et al., 2009) sulla sinestesia grafica che associa colori a lettere, si è dimostrato con ipnosi che la sinestesia può essere indotta anche in persone che non la sperimentano normalmente. In particolare, per quanto riguarda questa tipologia di sinestesia, potrebbe verificarsi attraverso la disinibizione di particolari aree cerebrali. Ovviamente vi sono delle differenze nelle connessioni neuronali di soggetti indotti attraverso ipnosi rispetto ai nati con questa modalità incrociata. Tuttavia, sembra che anche le persone che non sperimentano la sinestesia sperimentino

associazioni simili, anche se in modo differente (Ward et al., 2008). Inoltre, la sinestesia, la memoria e la percezione sono in relazione tra loro (Witthoft & Winawer, 2013). Questo può spiegarci il perché molte persone con questo stato percettivo, lavorano in aree relazionate con le associazioni sinestetiche che sperimentano. Da quando hanno avuto inizio gli studi circa la sinestesia e le aree cerebrali collegate, si è scoperto che la sinestesia aiuta a rafforzare l'apprendimento e la memoria, e che molte persone con cromoestesia lavorano nel campo artistico poiché questa associazione aiuta la memorizzazione, ad esempio nel campo musicale o artistico, attraverso il parametro visuale e vice-versa (Ward et al., 2008; McIntosh et al., 1998). Da una prospettiva neurofisiologia, la sinestesia è caratterizzata da extra-connessioni cerebrali, ovvero la materia bianca cerebrale è organizzata in modo differente rispetto alle persone senza sinestesia (Rouw & Sholte, 2007). Ciò che appare chiaro, è che all'interno di una stessa coppia sensoriale che crea sinestesia, la percezione sinestetica può variare d'intensità, come anche la consapevolezza, da parte del soggetto, di sperimentare sinestesia.

È utile soffermarsi per un'ultima considerazione a livello di interazione sinestetica con lo spazio. Infatti, secondo Ruggeri (1997), la sinestesia sarebbe data dalla “confluenza di diverse informazioni sensoriali: tattile, visive, uditive, olfattive, propriocettive, gustative, termiche etc.” (p109). Si tratterebbe dunque di un processo di integrazione che coinvolge la costruzione dello spazio, da cui nasce la realtà che rende possibile la percezione. L'autore infatti suggerisce come “lo spazio, che definisce la realtà, sia prodotto ‘attivamente’ dal soggetto stesso. Esso sarebbe generato da una particolare modalità di organizzazione dell'informazione sensoriale messa in atto dal sistema nervoso centrale, questa operazione consisterebbe essenzialmente in una particolare sintesi di tutte le esperienze sensoriali” (p.114). Ruggeri evidenzia che l'esperienza dello spazio è sinestetica poiché legata all'interazione di diverse modalità sensoriali. Questa considerazione ci permette di comprendere, in una prospettiva più ampia, il carattere della sinestesia all'interno dell'integrazione modale incrociata; un fenomeno che sperimentiamo quindi costantemente nella sfera quotidiana e che percepiamo solo in parte, privilegiando una dimensione sensoriale piuttosto che un'altra (1997, vedi capitolo 5).

Ad oggi, non si sa di preciso quante tipologie di sinestesia esistano, sicuramente possono esserci più tipologie di quanti siano i possibili incroci di modalità sensoriale (i cinque sensi) come ad esempio ortografia-colore, per cui il soggetto sperimenta le lettere con colori diversi. Il

Max Planck Institute for Psycholinguistic²², stima che ad oggi circa il 2-5% della popolazione sperimenti una forma di sinestesia, una percentuale in aumento nel futuro. Infatti, la sinestesia è una caratteristica che studiosi sostengono sia di matrice genetica.

La sinestesia può avvenire anche in seguito ad traumi, come afferma Oliver Sacks, neuroscienziato e scrittore, che nel suo libro *Musicophilia* (2007) riporta esempi specifici di soggetti che sperimentano sinestesia dopo aver sofferto traumi o disfunzioni neurologiche, responsabili dell'interazione sensoriale e dell'esperienza musicale.

Nel panorama musicale e artistico, si è scoperto che molti personaggi celebri sperimentavano sinestesia in gradi e con modalità differenti. È il caso dei compositori Olivier Messiaen, Erik Satie, Alexander Scriabin, o Wassily Kandinsky, esponente dell'astrattismo del 900' e molti altri. Tutti gli esempi citati, nella loro produzione e ricerca si sono dunque avvicinati all'attuale disciplina audiovisuale, ne sono stati addirittura i precursori, probabilmente poiché spinti a ricercare e sperimentare più a fondo la loro tipologia di sinestesia. Le teorie di alcuni di questi autori, sono state studiate con l'obiettivo di adottare un'unica teoria di corrispondenza basata su un'approssimazione scientifica, per implementarla nella tecnologia e-mocomu, che sarà descritta nella IV parte della tesi.

5.4 Una teoria sulla corrispondenza tra suoni e colori

Già nel panorama storico dell'antica Grecia, cominciando da Pitagora, si investigò per incontrare principi numerici che ponessero in relazione la teoria acustica con la teoria ottica. Questo bisogno è cambiato durante i secoli con diversi autori: gli atomisti²³ credevano che le particelle degli atomi fossero il mezzo che permetteva di ascoltare e vedere o percepire i colori.

²² Per un ulteriore approfondimento si guardi il website dell'Istituto Max Plank con gli aggiornamenti e i dati della ricerca sulla sinestesia: <http://www.mpi.nl/departments/language-and-genetics/projects/decoding-the-genetics-of-synaesthesia/about-synaesthesia>. Ultima consultazione 5 gennaio 2015.

²³ “[I]’atomismo una corrente filosofica greca fondata da Democrito e sviluppata da Epicuro. ... gli atomi sono generate e incorruttibili, infiniti e dotati di movimenti ... l’atomismo può fornire una spiegazione materiale del tutto che permette spiegare una serie di fenomeni come la luce” Ed. Garzanti, 1982, p.70.

Secondo Platone i colori erano fiamme provenienti dagli oggetti, mentre Aristotele, nel quarto secolo A.C., sosteneva che i colori (ad eccezione del nero) fossero basati sulla relazione numerica, come avviene nel linguaggio musicale con gli accordi. Effettivamente Newton ha dimostrato l'esistenza di una relazione numerica, però, prima di lui furono elaborate differenti teorie (Darrigol, 2010). Dall'Illuminismo in poi, questa questione assume grande interesse abbracciando la dimensione musicale e quella acustica, grazie anche allo sviluppo della metodologia sperimentale nelle scienze matematiche.

Parte di questa ricerca si è basata sul confronto di alcuni di questi modelli suggeriti in differenti epoche storiche; per applicare un unico modello al primo programma del prototipo proposto più avanti. L'obiettivo di questa parte della tesi, non è stato quello di fare un *excursus* storico dall'antica Grecia fino ad oggi, bensì di proporre al lettore alcuni esempi considerati rilevanti per la teoria di correlazione che si propone investigare. Gli esempi riportati propongono un linguaggio comune tra il campo pittorico e musicale. Per la ricerca di un modello di studio da utilizzare, ho studiato e confrontato alcune importanti teorie quali quelle di Newton, di Vernon, di Pridmore e Sebba, Kandinsky e Scriabin per concludere con Veronesi. Nonostante differenti artisti abbiano dimostrato interesse contribuendo ad ampliare questo campo, come ad esempio Messian o Scriabin, particolare rilievo viene dato al pittore russo Wassily Kandinsky quale rappresentante del panorama pittorico, per il suo lavoro che relaziona emozioni, musica, colori e forme.

In un esperimento visuale condotto nel 2012 (Ou et al., 2012) già citato precedentemente, in cui i partecipanti appartenevano a diverse culture, è stato possibile osservare l'associazione dei colori secondo il parametro *piacevole – non piacevole* (like-dislike) dei soggetti. Questo parametro ha riportato un risultato discordante nella risposta dei partecipanti, portando alla conclusione che la matrice culturale influisce psicologicamente nella risposta alla stimolazione dei colori. Quello che gli osservatori consideravano come piacevole o non piacevole, era legato al concetto culturale di armonia o mancanza di armonia. Tale osservazione, emersa dallo stesso studio, sottolinea che l'impossibilità di proporre un unico sistema generale di corrispondenza tra suono e colore, sia dovuta, oltre che alla matrice culturale, anche alla variabile psicologica di preferenza soggettiva. È per questo, che si è scelto di adottare l'ipotesi in cui si stabilisce che i colori risvegliano una risposta fisica relativa agli stimoli di calore-freddo, oscurità-luce, attivo

passivo e che le risposte a questi stimoli siano universali (2012). Questi stimoli sono rispettivamente associati a tinta, luminosità e saturazione; inoltre, la risposta a queste associazioni, oltre a corrispondersi, è simile anche tra Occidente e Oriente. In questo progetto si propone un'approssimazione è un modello occidentale che possa riassumere e abbracciare alcune delle teorie studiate, secondo principi fisici.

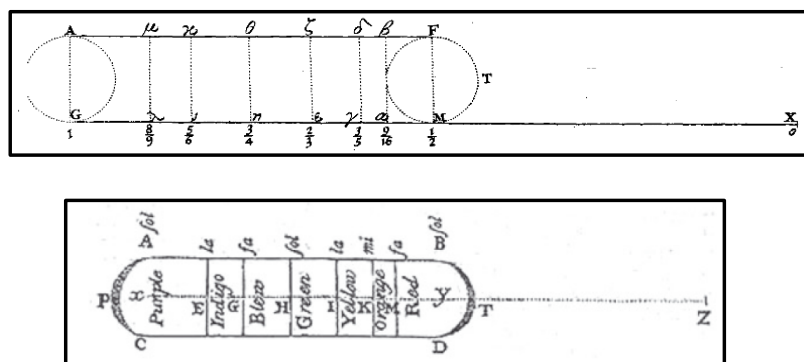
5.4.1. Panorama

Nel XVII secolo, importanti invenzioni e scoperte aiutano allo sviluppo di teorie nel campo dell'acustica e dell'ottica. In particolare, la distanza tra questi due campi viene ridotta significativamente grazie al trattato sull'ottica di Newton nel quale, attraverso esperimenti, fa analogie tra le onde del suono e l'etere che egli considerava il responsabile della visione dei colori (Optick, 1704). Nei suoi esperimenti, per dimostrare che la luce bianca era data dalla mescolanza dei colori dapprima scompone la luce di un prisma, poi ne utilizza un secondo per dimostrare che un fascio rifratto non può essere ulteriormente scomposto. In questo secolo di ferventi studi esperimenti, alcuni predecessori e contemporanei di Newton si avvicinarono alle sue ipotesi, però sempre mantenendo variabili differenti sul suono e i colori. Ad esempio, se da un lato concordavano sul fatto che la propagazione dell'onda sonora abbia una componente periodica, generata come vibrazione dalla sua origine e che si propagava attraverso l'aria nella formulazione della spiegazione, però, paragonata con la teoria ottica di Newton, vi sono sostanziali differenze circa il mezzo di propagazione e la caratteristica della periodicità dell'onda. Newton, nel suo trattato, spiega che il mezzo di propagazione è l'*etere*, confermando la periodicità del suo movimento, e attestando che, come la luce con l'etere, anche il suono si propaga con vibrazioni: un fatto fondamentale per trovare analogie tra la frequenza e la luce, il suono e il colore. Come descrive Caivano (1992), Newton:

especula con la idea de que las armonías o desarmonías de color dependen de las proporciones entre las vibraciones propagadas a través del nervio óptico, de la misma manera que la armonía o desarmonía del sonido se deriva de las proporciones de las vibraciones (p.27).

In **Figura 33** (in alto), si osserva la proporzione armonica della frequenza dei toni, così come Newton la spiega nel suo trattato (1704): essa si compone dello spettro di luce visibile, nel quale l'autore definisce sette colori attraverso diverse proporzioni che associa agli intervalli musicali. La seconda immagine nella **Figura 33** (in basso), rappresenta le analogie tra colori e suoni, in cui le proporzioni che esistono in ogni segmento della figura, coincidono con le proporzioni degli intervalli esistente in una scala diatonica minore antica, con il sesto grado rialzato. In **Figura 34** questo schema è rappresentato da un circolo.

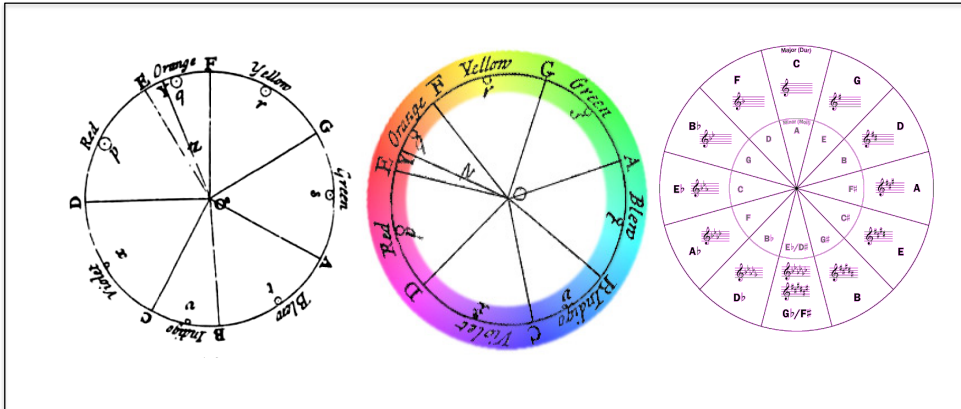
Figura 33. Optick, Netwon



In alto: tavola di Newton, spettro della luce visibile, in cui si osservano le diverse vibrazioni dei colori uno in relazione numerica con i suoni. In basso: tavola delle analogie tra spettro di luce e suoni. Adattato da Optick, di Newton I., 1704

La concezione dei colori dell'epoca, si basava nella credenza che questi nascessero da un'esperienza sensoriale e non dalla proprietà della luce, come sosteneva Newton. In Opticks Newton spiega, attraverso il suo schema dei colori (**Figura 34**), la teoria precursora del circolo delle quinte. In questo schema, infatti, propone una circonferenza, la divide in sette parti che descrive essere proporzionali ai sette toni musicali, o agli intervalli delle otto note (1704, p.115). È necessario tenere a mente che la notazione musicale dal 1700 a oggi è cambiata, nelle attuali notazioni latine come anche nelle frequenze dei suoi suoni relativi.

Figura 34. Schema di Newton con note e colori



Da sinistra: cerchio cromatico di Newton, sulla circonferenza vi sono i colori spettrali, all'interno del cerchio i colori sono ottenuti dalla mescolanza di spettrali, il bianco è al centro ed è collegato all'esterno dai raggi che rappresentano vari gradi di saturazione: nulla/bianco, massima/colori cerchio cromatico con colori, cerchio delle quinte nella notazione occidentale.

Come sottolinea Boscarol (2006)

Il cerchio cromatico di Newton è un modello bidimensionale in quanto specifica esplicitamente solo la parte cromatica del colore (cioè la tinta e la saturazione), ma Newton sapeva bene che un modello bidimensionale non era sufficiente ed infatti usava l'intensità (cioè la parte non cromatica) come terza dimensione implicita (p.256).

Sempre nella **Figura 33**, nello schema di Newton si possono leggere i nomi dei pianeti, sotto quelli dei colori, come li consideravano i pitagorici. A lato, si vede lo stesso schema con i colori corrispondenti e il cerchio delle quinte del sistema di notazione musicale occidentale in cui C (DO) corrisponde alla lettera E (MI) dello schema di Newton. Questo stabilisce una correlazione importante tra colori e suoni, attraverso le stesse regole armoniche. Lo schema risultante dalla teoria di Newton viene riassunto continuazione della **Tabella 35**, per facilitare al lettore

lacomprensione: questo schema rappresenta la scala diatonica, con sette tinte e otto intervalli, toni e semitoni.

Tabella 35. Schema riassuntivo di Newton

Do	Rosso
Re	Arancio
Mi	Giallo
Fa	Verde
Sol	Azzurro
La	Blu scuro
Si	Violetta

Corrispondeza tra note e colori secondo Newton.

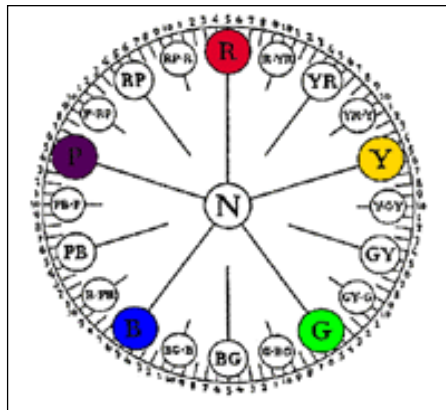
Nel 1971, Vernon afferma che la concezione del colore è associata a sentimenti di piacere e dispiacere. La psicologa stabilisce che l'ordine di preferenze dei colori nella società occidentale, comincia con il colore azzurro (il preferito), per passare al rosso, verde, violetta, arancione, fino al giallo (il meno preferito). Quest'ordine si riferisce ai risultati di studi fatti sulle preferenze dei colori in Occidente, in cui Eysenck (1941), classifica gli osservatori in due gruppi etnici: caucasici e altri. Fin dalla civilizzazione primitiva, i colori più facili da ricordare corrispondevano a sensazioni derivate dalla pratica della vita diaria; oggi lo stimolo emozionale e la discriminazione dei colori si attribuisce anche all'interesse o alle tradizioni culturali e all'intorno lavorativo. In un altro studio sulla preferenza dei colori, emerge che il blu e il bianco sono i due colori preferiti in Giappone, Cina, Corea e Taiwan (Repubblica di Cina) (Saito, 1996). La psicologa considera che esista l'associazione tra colori e note come ci mostra lo schema teorizzato da Newton, e concorda con la teoria del compositore Scriabin nel *Prometheus*, in cui il compositore propone un suo schema personale tra colori e scale musicali, dettato anche dalla sua percezione sinestetica.

Nell'ambito artistico invece, Munsell, nel 1907, osservava che la “[h]armony of color has been still further complicated by the use of terms that belong to musical harmony” (p. 86). Secondo l'autore, infatti, allo stesso modo in cui la musica è dotata di scale, intervalli e armonia

propria, anche il campo pittorico ha la necessità di sviluppare una struttura propria, basata sulla tinta, luminosità e saturazione, per non utilizzare termini del campo musicale e per rendere indipendente il campo pittorico. Il suo schema può essere associato al circolo delle quinte, in cui il rosso sarebbe il DO, il giallo il SOL, il verde il RE, l'azzurro il LA e il viola il MI (**Figura 36**). Lo schema potrebbe anche essere associato a quello di Newton, con la differenza che questo è composto solo da cinque note musicali. La relazione tra colori e suoni viene descritta dallo stesso Munsell:

Music is equipped with a system by which it defines each sound in terms of its pitch, intensity, and duration, without dragging in loose allusions to the endlessly varying sounds of nature. So should color be supplied with an appropriate system, based on the hue, value, and chroma of our sensations, and not attempting to describe them by the indefinite and varying colors of natural objects (1907, p. 11).

Figura 36. Schema di Munsell

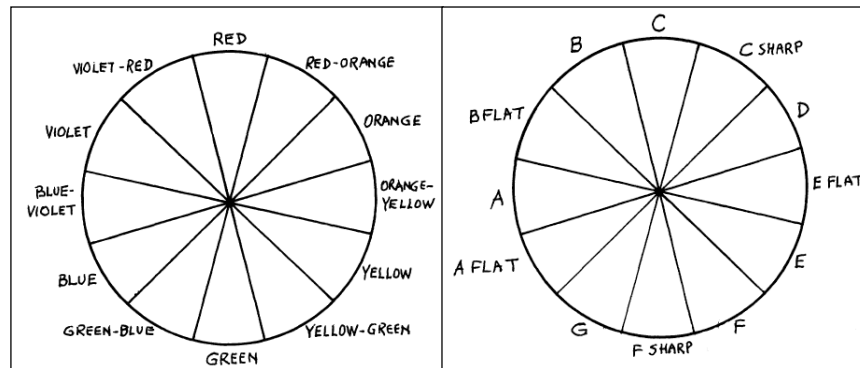


Scala pentatonica con cinque tinte, tra cui vi sono tinte intermedie.

Nel 1991, l'architetto israeliana Rachel Sebba, conduce diversi studi spinti dall'ipotesi che tra colori e suoni ci fosse una relazione più intuitiva che tecnica e cita anche la teoria di corrispondenza tra colori e strumenti di Kandinsky. In uno dei suoi esperimenti, emerge che il messaggio emozionale che accompagna la composizione di suoni, è la variabile utilizzata per

organizzare l'espressività di colori e suoni. Nel suo studio, evidenzia la variabile emozionale come strumento utile per decifrare un codice tra suoni e colori. Questa referenza è utile per comprendere la dimensione dell'emozione nello sviluppo di uno schema generale suono-colore. Come Munsell, anche Pridmore nel 1992 ci parla delle caratteristiche fisiche delle note musicali vincolate alle caratteristiche della luce. L'autore, sostiene che le analogie tra suoni e colori siano fisiche: l'ampiezza, che corrisponde alla luminosità e all'oscurità, e la longitudine che corrisponde alla tonalità del colore. Inoltre, vi sono differenze concrete e tra colore e suono in termini di longitudine, domanda e velocità della luce. Ad esempio, non tutti colori si possono vedere e non tutti i suoni si possono sentire, così Pridmore determina che lo spettro dei colori sia tra 442 e 613 nm e la gamma di suoni sia tra 30 e 15.000 Hertz, per stabilire quali sono percettibili per l'essere umano. Nel 1980, Wells considera la relazione tra suoni e colori associando al circolo cromatico utilizzato nella pittura il circolo delle quinte nella musica, concentrandosi, inoltre, nell'intervallo del tritono e nella corrispondenza tritono colori complementari, che incontra nell'analisi del Prometeo di Scriabin (1980). Nella concezione di una scala cromatica, Wells descrive le analogie incontrate tra Debussy e Scriabin, ed è convinto dell'innovazione portata dalla sinestesia di Scriabin nell'attribuzione di note e colori a tonalità e accordi, come principio di rottura con gli schemi di relazione suono-colore teorizzati dai suoi antecedenti. Il suo schema di correlazione è associato al concetto fisico per cui ogni nota fondamentale di un accordo, contiene gli armonici della tonalità che risuonano con la stessa all'essere toccati, rinforzando così la fondamentale. Il musicista, non vuole imporre uno schema generale che limiti il campo artistico, però sottolinea che esiste una relazione oggettiva di complementarietà tra suoni e colori e introduce la teoria di Maryon. Quest'ultimo, nel suo libro (1924), ipotizza una relazione tra frequenza dei suoni e colori che raggruppa i sei colori primari e secondari separati da sei colori intermedi, ottenendo così, lo schema proposto dallo stesso Wells e rappresentato in **Figura 37**: una scala cromatica di 12 suoni. In questa, si osserva che il LA è di 430,5 Hertz, in altre parole molto vicino alla frequenza attuale di 440 Hertz.

Figura 37. Schema proposto da Wells



Schema riproposto dall'autore: ruota dei colori e circolo delle quinte. Adattato da "Music and Visual Color: a Proposed Correlation" di Wells A., Leonardo, 2, p104, Copyright 1980 The Mit Press.

Nel panorama artistico della seconda guerra mondiale, Kandinsky fu un grande innovatore e pittore astrattista. Dai trent'anni comincia a dedicarsi alla pittura e quasi fin da subito si avvicina allo stile di pittura associata alla musica e alle forme. L'artista crea anche un'opera teatrale simbolista, *Il colore giallo*, in cui emerge la sua ricerca tra i suoni e la fusione di questi con i movimenti e i colori, verso la creazione di una forma di espressione artistica unica. In questo spettacolo teatrale in particolare, Verdi (1996), ci parla del movimento sonoro prodotto con musica e voce, un movimento plastico dato dalla danza e cromatico dato del colore e spiega che nell'applicazione questi aspetti dovevano essere "trattati secondo un progetto unico, interagendo tra loro, subordinati ad un fine interiore, attraverso la fusione di forme, colori, luce, suoni, movimento" (1996 p.33). L'incontro e la relazione epistolare tra Kandinsky e Schoenberg, avvenuto dopo un concerto del compositore che viene tradotto in pittura dall'artista, risulta fondamentale nell'elaborazione della sua teoria di corrispondenza suono-colore. In particolare, il pittore si sente vicino a Schoenberg e alla sua teoria di autonomia di tutti i suoni. Questo concetto viene tradotto in pittura da Kandinsky attraverso l'emancipazione di forme colori, e la scomparsa di soggetti. Schoenberg, invece, compone *La mano felice* nella cui partitura compaiono luci colorate da proiettare durante lo spettacolo. Per questa sua caratteristica di avvicinarsi a un'arte che abbracciava più dimensioni, il pittore russo si avvicina a Scriabin e alla sua opera Prometeo, in cui quest'ultimo unifica luce e suono. Nell'associazione di colori e suoni di Scriabin, infatti, come anche nella teoria kandinskiana, vi sono analogie. Entrambi gli artisti sperimentavano la cromoestesia, ma mentre Scriabin attribuisce un sentimento e un'emozione ad

ogni colore, a cui si corrisponde a sua volta una luce predeterminata, nella concezione di Kandinsky i colori hanno movimenti centrifughi e centripeti (**Tabella 38**) e suscitano sentimenti diversi. Scriabin inoltre:

In writing “Prometheus”, he adopted a unique color scale which, according to Klein, ‘Has no order from the spectroscopic point of view if written in the order of the chromatic scale, but which assumes an approximately spectral order if we commence with the note C and proceed in the circle of fifths’ (citato in Jones, 1974, p.104).

Tabella 38. Schema di Kandinsky e Scriabin

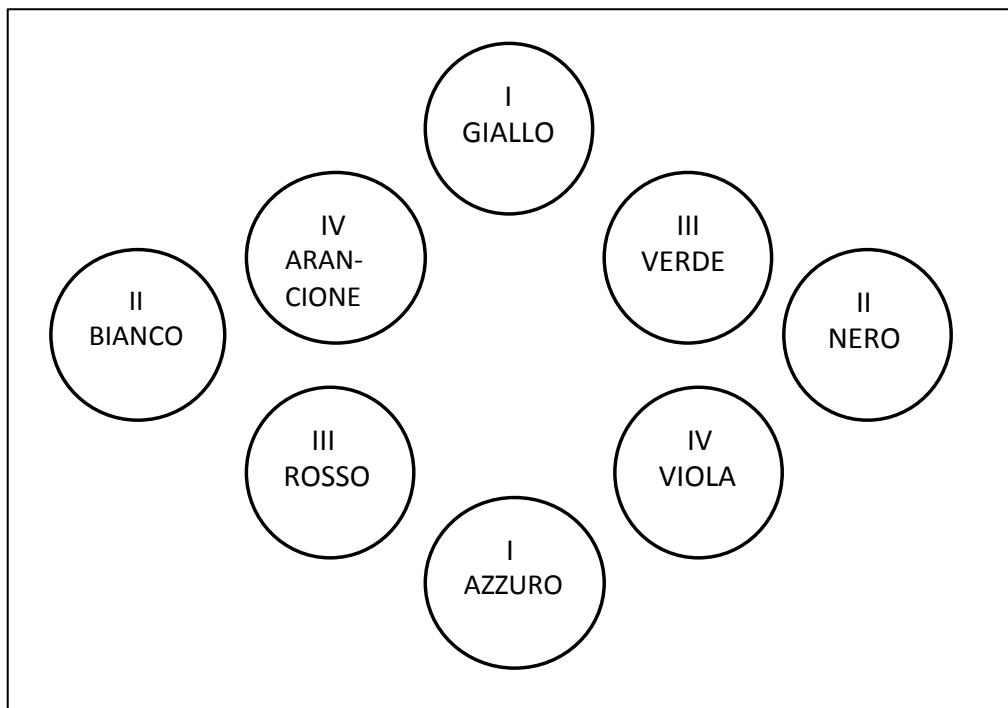
COLORE	EFFETTO-RUMORE	EQUIVALENTE STRUMENTALE	COLORE	NOTA
Nero	Eterno silenzio	Riposo finale, colo quasi privo di suoni	Rosso	DO
Grigio	Immobilita rigida	Nessuno	Rosso-arancione	SOL
Marrone	Inibizione	Nessuno	Giallo	RE
Verde	Apatia, pace, riposo	Violini in registro medio	Verde	LA
Viola	Sensuale, triste	Strumenti di vento, suoni bassi	Bianco-azzurro	MI
Azzurro	Colore concentrico	Violoncello	Bianco-azzurro	SI
Blu - oscuro	Pace, tristezza	Suoni profondi del contrabbasso e organo	Blu	FA #
Blu-chiaro	Più chiaro diventa indefinito	Flauto	Viola	DO #
Rosso freddo – profondo	Attesa energetica	Violoncello, suoni centrali, passione	Porpora	LA b
Vermiglio	Passione continua	Tuba, tamburo profondo	Grigio-metallico	MI b
Rosso caldo – chiaro	Effetto entusiasmante che può arrivare al dolore	Strumenti di vento, suoni forti	Grigio-metallico	SI b
Arancione	Sensazione di	Campane, viola forte	Rosso-bruno	FA
Giallo	Eccitante, dinamico, eccentrico, può rappresentare la pazzia	Strumenti di vento, o tromba più alta a seconda del colore più chiaro		
Bianco	Silenzio ricco di possibilità	Pause musicali		

A sinistra si osserva lo schema della correlazione proposta da Kandinsky, a destra si trova lo schema utilizzato da Scriabin nell’Opera “Prometheus”.

Kandinsky non propone un'analogia con la notazione musicale, al contrario ricerca l'espressività del colore dividendolo in due categorie: caldo-freddo e chiaro-scuro, rispettivamente giallo-azzurro o bianco-nero (**Figura 39** e **Tabella 40**) che contengono quattro suoni fondamentali. Questi colori possono produrre due tipi movimenti: uno centripeto e l'altro centrifugo. Kandinsky però, continua nella sua ricerca, teorizzando uno schema di corrispondenza di forme

e linee in cui colori (e anche le emozioni e i suoni) sono in relazione. L'artista afferma che la forma è dotata di un contenuto interiore che deve essere esternalizzato e dunque la divide in diverse forme utili, alcune per rappresentare oggetti reali e altre per l'astratto.

Figura 39. Antinomie secondo Kandinsky



Le antinomie in anello tra i due poli. I numeri romani rappresentano le coppie di antinomie. Adattato da "Lo spirituale nell'arte", di Kandinsky W., 1989, p.66.

Tabella 40. Il movimento delle antinomie

CALDO		FREDDO		
Colore giallo		Colore azzurro		
Movimento verso lo spettatore (fisico)		Movimento che si allontana dallo spettatore (spirituale)		
Primo movimento orizzontale		Primo movimento orizzontale		
Secondo movimento eccentrico (verso l'esterno)		Secondo movimento concentrico (verso l'interno)		
CHIARO		OSCURO		
Colore bianco		Colore nero		
Primo movimento: Resistenza eterna e nonostante ciò, possibilità (nascita)		Primo movimento: mancanza totale di resistenza e nessuna possibilità (morte)		
Secondo movimento eccentrico		Secondo movimento concentrico		
Come per il colore giallo, ma in forma più rigida		Come per il colore azzurro, ma in forma più rigida		
Rosso		Verde		
Movimento in se				
Mancano completamente i movimenti concentrici ed eccentrici, la mescolanza ottica da il grigio, come anche la mescolanza meccanica del bianco e nero.				
Arancione		Violetta		
Creata dalla I antinomia del primo elemento attivo giallo nel rosso		Creata dalla I antinomia del primo elemento passivo azzurro nel rosso		
Arancione	Giallo	Rosso	Azzurro	
In direzione eccentrica		Movimento in se	In direzione concentrica	

Dall'alto: le prime coppie di antinomie I e II di carattere interiore come effetto animico, seconde coppie di antinomie III e IV di carattere fisico come colori complementari. Adattato da "Lo spirituale denn'arte" di Kandinsky W., 1989, PP.66-72-80.

5.4.2. La teoria di Luigi Veronesi

Il proposito iniziale di questo capitolo e parte di questa ricerca, è stato quello di investigare circa una possibile teorizzazione di un'associazione di carattere generale e scientifico tra suoni e colori, studiando la sinestesia. Tuttavia, per le sue caratteristiche biologiche la sinestesia varia da persona a persona ed è dunque impossibile estrapolarne una teoria unica e generale. Nonostante ciò non sia possibile, mi sono concentrata sulle teorie di Scriabin e Kandinsky, Newton e Maryan, permettendomi di elaborare una prima sintesi di queste teorie, nello schema proposto in **Tabella 38 e 41.**

Tabella 41. Schemi di Scriabin, Marion e Newton

DO	DO#	RE	Mib	MI	FA	FA#	SOL	LA	LA	Sib	SI
Rosso	Viola	Giallo	Grigio-metallico	Azzurro-chiaro	Rosso-bruno	Blu-scuro	Rosa-arancione	Viola-porpora	Arancione-giallo	Grigio-metallico	Azzurro-chiaro
DO	DO#	RE	Mib	MI	FA	FA#	SOL	LA	LA	Sib	SI
Rosso	Rosso-arancione	- Arancione	Arancione-giallo	Giallo	Giallo	Verde	Verde-azzurro	- Azzurro	Viola	Viola-rosso	-
DO	DO#	RE	Mib	MI	FA	FA#	SOL	LA	LA	Sib	SI
Rosso		Arancione		Giallo	Verde		Azzurro		Indaco	Viola	

Gli schemi qui proposti dall'alto riguardano le teorie proposte rispettivamente da Scriabin, Marion e Newton.

L'elezione della scelta finale è avvenuta grazie alla scoperta e allo studio dell'artista italiano Luigi Veronesi, che ricercò una teoria di corrispondenza tra suoni e colori, basata su principi fisici, scrivendo un trattato. Di seguito, dunque, descriverò la sua teoria e il suo schema, utilizzato nella creazione del primo programma educativo del prototipo e-mocomu.

Veronesi (1974) artista milanese della seconda metà del '900, dedica quindici anni allo studio e al rapporto tra suoni e colori, pubblicando i risultati nell'opuscolo "Proposta per una ricerca sui rapporti fra suono e colore" e in cui propone l'associazione tra colori e suoni basata sulla lunghezza d'onda di questi ultimi. Come ci spiega l'autore:

Gli uomini da secoli cercano di creare rapporti interdisciplinari fra le arti, perché queste non restino linguaggi isolati e ciascuna si rafforza e con l'apporto dell'altra, ciò è accaduto soprattutto nei riguardi degli abbinamenti con la pittura, intesa nella sua componente essenziale: il colore. ... Pittori musicisti da tempo cercano di trovare o individuare le possibili relazioni esistenti fra i colori e di suoni, anche in questo caso con lo scopo di integrare le due forme di espressione (p.5).

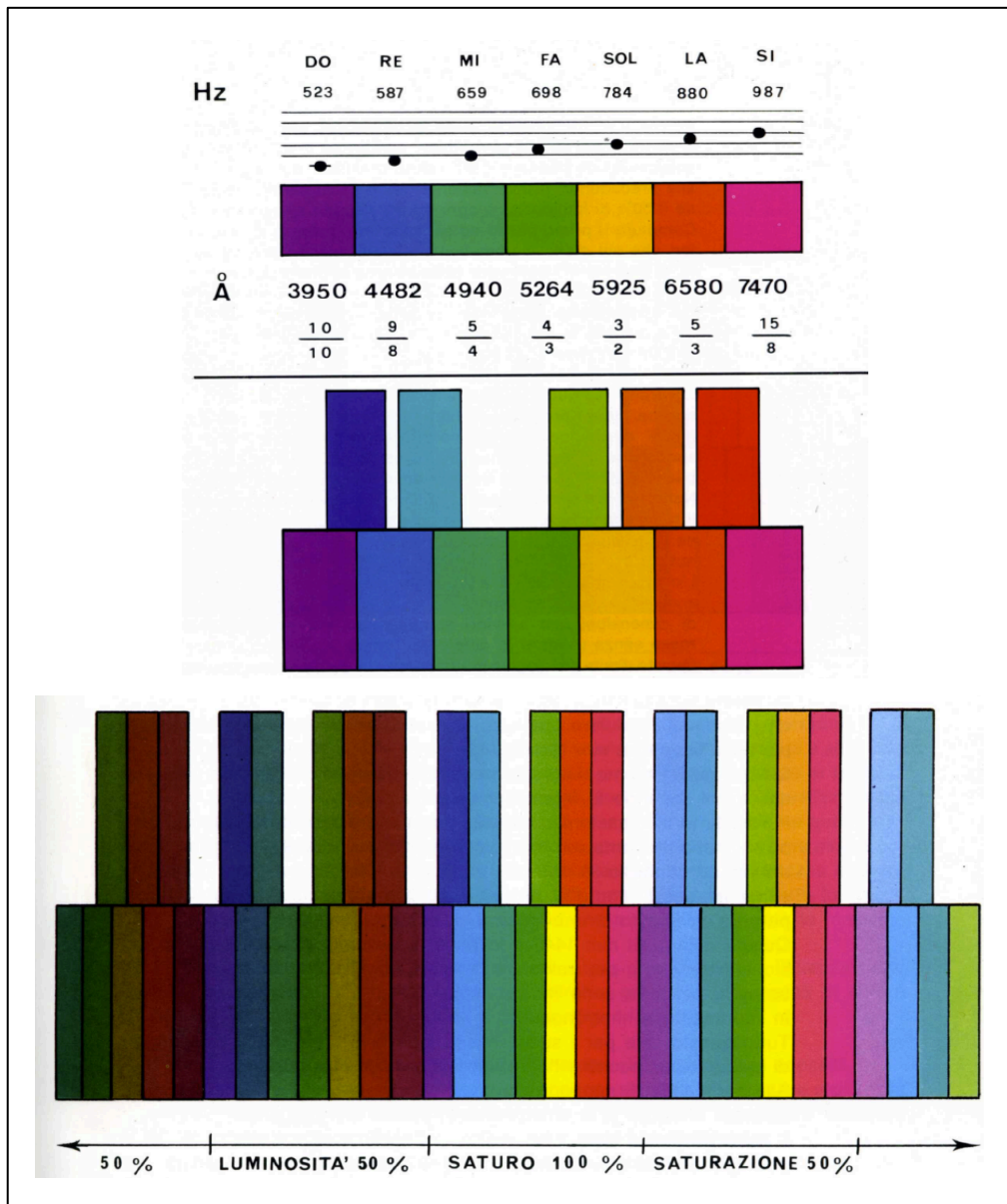
L'artista spiega di essere stato stimolato nella ricerca di possibili convergenze, cercando un metodo "il più possibile controllabile, misurabile e nitidamente estraneo a qualsiasi scelta di carattere emotivo." (1974, p.5). Egli, in altre parole, propone un sistema di lettura della musica tramite l'immagine colorata. Anche l'artista, nei suoi studi, cita Newton, Kandinsky, Scriabin ed altri autori importanti nell'ambito artistico e musicale.

Veronesi sostiene che ci siano affinità tra fenomeni acustici e cromatici, poiché hanno origine entrambi dalle vibrazioni che si propagano con movimenti ondulatori. Così facendo, trasforma le lunghezze d'onda dei colori in Hertz, scoprendo che "il rapporto di frequenze fra l'estremo viola e l'estremo rosso, nello spettro, è di $\frac{1}{2}$ esattamente come nelle frequenze delle ottave musicali fra DO e DO"(p.14). Dunque stabilisce, in senso astratto, un parallelismo tra le tue vibrazioni. Egli propone, per l'associazione suoni colori, una scala naturale di DO, in cui calcola i rapporti tra le frequenze delle note per poi fare lo stesso con i colori, e per trovare un comune denominatore in modo da visualizzare i suoni. Come ci suggerisce:

a partire dalla grandezza numerica più piccola, ho calcolato un gruppo di quozienti compreso fra i due estremi, i cui valori stessero tra loro negli stessi rapporti di quelli della prima serie, rispetto all'unità ... ottenuto così una scala cromatica composta da colori spettrali: tale scala coincide con la scala musicale in termini numerici (p.16).

Il risultato, spiega Veronesi, è stato poi perfezionato per ottenere una correlazione basata sulla scala cromatica di 12 suoni, inoltre, salendo di ogni ottava, l'artista stabilisce che i colori perdono il 50% della saturazione in proporzione al 50% con cui si acutizzano i suoni. E viceversa, il colore perde il 50% della luminosità scendendo verso i toni più bassi ad ogni ottava. Veronesi sceglie il pianoforte per la rappresentazione della sua teoria, per la grande estensione di ottave dello strumento, e rappresenta il suono con la forma rettangolare poiché "facilmente leggibile e sufficientemente astratta da non suggerire simboli e analogie" (p.20). Inoltre, sceglie di rappresentare il tempo, le note, con la grandezza del rettangolo e il silenzio con la mancanza del colore. In **Figura 42** è possibile osservare lo schema di corrispondenza proposto da Veronesi.

Figura 42. Teoria di Veronesi



La scala cromatica e musicale naturale secondo i rapporti delle frequenze calcolati da Veronesi. In basso le ottave del pianoforte rappresentate cromaticamente. Adattato da “Proposta per una teoria sui rapporti tra suoni e colori” da Veronesi, 1977, p. 19-21.

Nella teoria di corrispondenza di Veronesi, come si può osservare nella scala cromatica in alto di **Figura 43** e proposta da Veronesi, all’ottava centrale corrispondono le sette note con i sette

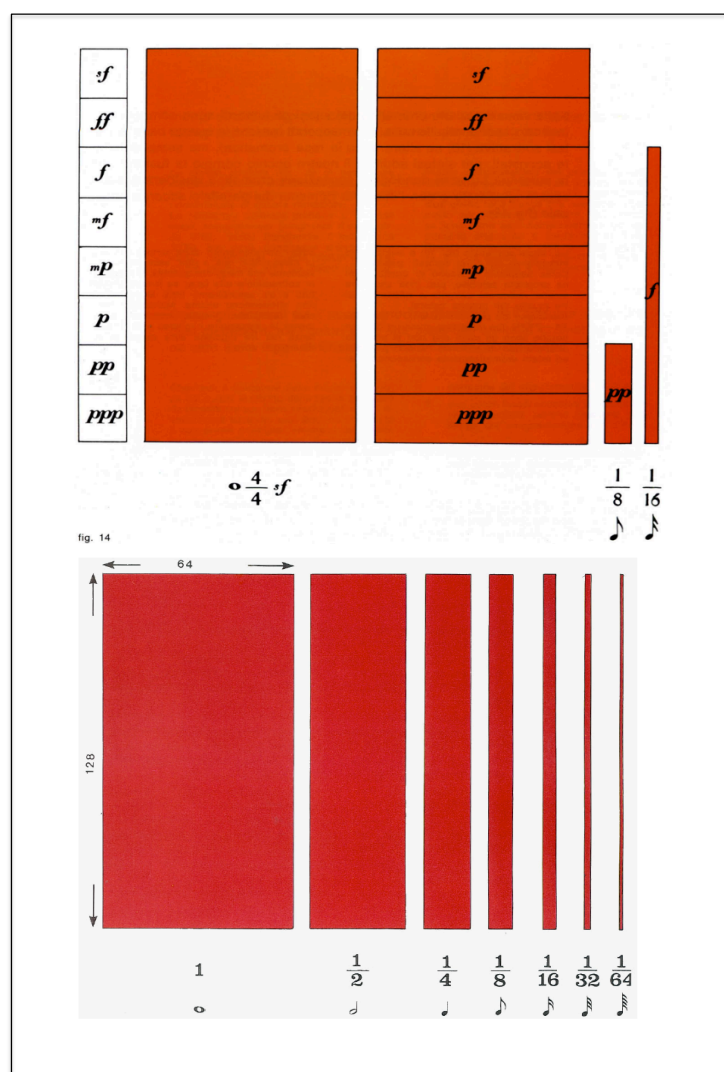
colori che dipendono dal modello di colori additivo RGB. Questo modello si basa appunto sui tre colori: rosso, verde e blu (RGB) la cui mescolanza crea gli altri (magenta, ciano, giallo e bianco).

L'artista propone dunque le sette note e colori dell'ottava centrale mentre le altre ottave si differenziano per la quantità di luminosità e saturazione che vengono collegate all'altezza delle note, secondo il metodo additivo HSB (tonalità saturazione e luminosità). Il colore delle note resta quello della ottava centrale, mentre cambiando la posizione delle ottave ascendenti o discendenti, cambia anche la loro luminosità e saturazione. Pertanto discendendo le ottave saranno più "scure", perdendo il 50% di luminosità, mentre ascendendo risulteranno più "chiare", aumentando del 50% la saturazione.

La scelta della teoria di Veronesi, rispetto alle precedenti descritte, è giustificata da due motivazioni principali: la concezione, provata da alcuni studi descritti, che sottolineerebbe la correlazione, nella cultura occidentale, dell'altezza delle note più basse con colori più scuri e note più alte con colori più chiari. In secondo luogo vi è lo studio approfondito di Veronesi riguardo musica e colori da un punto di vista scientifico-matematico, volto inoltre a rappresentare la durata delle note, delle pause e del silenzio graficamente; attribuendo inoltre ad ogni tono e semitono un colore appropriato (una variazione di luminosità appropriata). Nelle teorie descritte fin qui, infatti, solo Kandinsky aveva descritto il valore e la forma dei colori in rapporto ai suoni, differenziando anche strumenti musicali. La ricerca di Veronesi, però, risulta essere la più completa nella rappresentazione musicale. Riguardo la correlazione basata sulla luminosità dei colori e le altezze delle note, si può notare che la maggior parte delle teorie analizzate proponevano il rosso come colore di partenza, per poi passare gradualmente a colori più scuri. Nel disegno del prototipo proposto nei prossimi capitoli, ho considerato la correlazione di Veronesi la più interessante da applicare nel disegno audiovisuale della tecnologia, giacché rispetta la graduale ascensione di note e colori dal basso all'alto. L'artista, inoltre, si spinse ben oltre la teorizzazione generale di una corrispondenza tra suoni e colori: tradusse alcuni brani musicali secondo l'associazione da lui proposta. Pertanto scelse di rappresentare graficamente il volume dei suoni, considerando "gli otto gradini di intensità (forte, mezzoforte, fortissimo, ecc) e dividendo l'altezza dello spazio ottico in otto interspazi potremmo graduare la quantità di colore in rapporto alla quantità di suono" (p.27, **Figura 43**). Sul valore del suono, propose di rappresentare la semibiscroma con il millimetro, essendo la nota con

valore più breve, e scelse inoltre di utilizzare la figura rettangolare nel rappresentare le note, poiché “facilmente leggibile e sufficientemente astratta da non suggerire simboli ed analogie” (p.24, **Figura 43**). Riguardo, inoltre, gli accordi musicali, Veronesi parla della sintesi additiva nel rappresentare gli accordi musicali accostando i colori verticalmente, infatti, spiega che “il nostro occhio compie la fusione con la massima purezza dandoci la sensazione cromatica desiderata, nello spazio temporale e con l’intensità richiesta dal parallelo accordo musicale” (p.31, **Figura 43**).

Figura 43. Rappresentazione della dinamica musicale



Rappresentazione grafica della dinamica musicale e del valore delle note. Adattato da “Proposta per una ricerca fra suono e colore” di L.Veronesi, 1977, pp, 10-11.

Per quanto riguarda pause e silenzi, Veronesi applica i concetti del fisiologo Hering, secondo il quale al grigio neutro o medio “produce nell’occhio uno stato di equilibrio, una mancanza di eccitazione cromatica” (Hering, citato in Veronesi, p.27).

Figura 44. Rappresentazione cromatica musicale



Interpretazione cromatica del brano di Eric Satie, Gnossienne (in alto) adattato da “Il rapporto suono-colore nella metodologia di Luigi Veronesi” di Della Marina A., in <http://www.antoniodelamarina.com>, p.8. In basso, rappresentazione grafica di due accordi e due pause all’interno un brano musicale. Adattato da “Proposta per una ricerca fra suono e colore”, di L. Veronesi, 1977, p.13.

In **Figura 44**, propongo due brani tradotti da Veronesi in colori e immagini, seguendo la propria teoria. Il primo brano tradotto cromaticamente *Gnossienne* di Eric Satie, mentre la seconda immagine rappresenta l'interpretazione grafica di alcune note di un brano musicale sconosciuto.

In questo ultimo capitolo ho descritto al lettore la sinestesia, all'interno dell'interazione incorciata modale, la comprensione e percezione del colore secondo Veronesi, soffermandomi, in particolare, su alcune delle teorie considerate rappresentative per la ricerca di una teoria tra suono e colore da implementare nel disegno audiovisuale del prototipo e-mocomu. Nel prossimo capitolo, mi concentrerò sulla Filosofia dell'Empowerment, utile per comprendere un concetto descritto nella quarta parte della tesi.

6. Filosofia dell'Empowerment

Il termine *empowerment*, coniato da Rappaport, nasce nella seconda metà del 900' negli Stati Uniti nel contesto scientifico della psicologia di comunità, e in seguito viene adottato anche da altre discipline quali la politica, il lavoro, il trattamento psicoterapeutico, la pedagogia. Ad utilizzare questo termine per la prima volta è Rappaport nel 1981 (citato in Dallago, 2006, p.45), indicando un processo di acquisizione del potere ed anche un processo-risultato; oggi questo termine viene utilizzato ed accettato nella sua origine inglese poiché risulterebbe difficile la traduzione di un termine così complesso (Dallago, 2006). In politica, ad esempio, l'empowerment promuove l'emancipazione, l'uguaglianza sociale, la partecipazione attiva e l'impegno sociale. In generale, come spiegato da Dallago (2006):

La logica dell'empowerment impone di individuare modalità per sconfiggere i problemi legati all'alienazione e di riconsiderare attraverso il rispetto e la dignità umana, il ruolo di ogni individuo all'interno del contesto sociale in cui si trova e la necessità di avere un equo accesso alle risorse (p. 11).

L'empowerment in psicoterapia si utilizza nei processi riabilitativi o interventi clinici, per la prevenzione e promozione della salute, la co-responsabilità del paziente nel processo terapeutico,

e per superare le barriere che limitano la partecipazione come processo per la guarigione (2006). In pedagogia si utilizza per promuovere l'autonomia, la cooperazione, l'interazione e coinvolgimento attivo, ma anche la creatività a discapito dell'omologazione e la tolleranza alle diversità (2006). Nel lavoro, in particolare nel settore aziendale, promuove il comportamento responsabile, l'iniziativa, il rispetto e la motivazione. Infine, la psicologia dell'empowerment (PE) promuove la fiducia in sé, il controllo percepito e la consapevolezza critica, ma anche la partecipazione (2006), tutti concetti fondamentali per la proposta di uno strumento tecnologico RMI come e-mocomu. In particolare, l'empowerment psicologico e pedagogico sono fondamentali per il contributo all'empowerment creativo descritto nella parte III di questa tesi. Esistono diverse definizioni dell'Empowerment. Tra queste è importante riportare quella di Kiefer (1984), per cui rappresenta un processo di acquisizione di competenze, abilità e informazioni utili per l'aspetto sociale e individuale delle persone. Secondo Zimmerman (2000, p.44), "Empowerment suggests a distinct approach for developing interventions and creating social change". A livello individuale, l'empowerment rappresenta un processo che collega gli sforzi del soggetto con i suoi risultati.

Molti sono i valori e le capacità acquisite attraverso l'empowerment, in generale però vi sono tre concetti chiave che distinguono questo processo e che sono (2006, p.45):

- *Controllo* ovvero la capacità del singolo o della comunità di influenzare le decisioni che li riguardano.
- *Consapevolezza critica*, ovvero la comprensione dei processi decisionali e di come funzionano le strutture di potere.
- *Partecipazione*, ovvero la possibilità di ogni individuo di interagire e cambiare la propria situazione verso gli obiettivi desiderati, come soggetti attivi.

Interventi mirati all'empowerment, rafforzano il benessere e forniscono gli strumenti necessari per migliorare le capacità e le conoscenze del soggetto, permettendo e supportando il controllo della propria vita (Perkins & Zimmerman, 1995). In altre parole si tratta di accrescere e attivare nei soggetti capacità che possano essere positive nel raggiungimento di obiettivi necessari, come ad esempio l'attivazione di risorse e competenze per l'autodeterminazione, la consapevolezza delle proprie capacità e qualità. Questo processo, come spiegato dagli autori,

dipende soprattutto dai risultati che si possono ottenere, che diventano il criterio di misurazione del processo di empowerment. Il concetto fondamentale di questo processo, spiegato da Zimmerman (il referente e studioso più importante del processo di empowerment, in particolare di Empowerment Psicologico) è che si tratta di un processo che permette, attraverso diversi livelli di compromesso e sforzi individuali e collettivi, di raggiungere il controllo su di una determinata situazione, o risorsa, e che dipende dal contesto in cui avviene (1995).

Nonostante i risultati del processo di empowerment, come sopra accennato, possano essere utilizzati come misurazione di efficacia, lo stesso Zimmerman sottolinea la difficoltà di stabilire un preciso metodo di misurazione di questo processo, valido in diversi settori d'applicazione. L'autore, infatti, sostiene che la ricerca di una metodologia globale per misurarlo può risultare inutile (1995); allo stesso tempo sono state sviluppate delle scale di valorizzazione, questionari, indici per settori specifici, volti alla misurazione dell'empowerment, (Dallago, 2006). Di conseguenza, è emerso che per la misurazione, a livello individuale, di comunità e delle organizzazioni, vi sono punti in comune. Questi sono rappresentati dalla considerazione dei tre concetti chiave sopra citati (controllo, consapevolezza critica e partecipazione), l'applicazione di una metodologia qualitativa e quantitativa, e l'utilità di ricorrere alla partecipazione anche da parte del ricercatore (2006). In altre parole, il ruolo del professionista nel processo di empowerment è fondamentale nel fornire gli strumenti, facilitare il rilascio delle competenze e collaborare allo stesso livello con il soggetto. Questa caratteristica di collaborazione, infatti, contraddistingue la psicologia dell'empowerment giacché il professionista coopera assieme al cliente anziché porsi in un ruolo di esperto, evitando in questo modo l'accettazione passiva da parte del cliente. L'individuo con le sue potenzialità e risorse, e non i suoi sintomi, rappresenta il centro d'attenzione dell'empowerment, che da questo punto di vista si avvicina alla celebre *Terapia basata sul cliente* di Carl Rogers, sviluppata nel 1940 nell'ambito della psicologia clinica. Questa terapia allora innovativa, infatti, si basava sulla promozione, del cliente (non più "paziente" poiché il termine era considerato riduttivo dallo stesso Rogers) verso la realizzazione e la consapevolezza delle proprie emozioni. Come sottolineato da Zimmerman stesso (2000), "[a]n empowerment approach to interventions design, implementation and evaluation redefines the professional's role relationship with the target population. The professional's role becomes one of collaborator and facilitator rather than expert and counsellor" (p. 45).

Di seguito propongo la tabella riassuntiva dell'empowerment individuale, considerato importante per la proposta di un modello tecnologico RMI per l'interpretazione musicale (Figura 44).

Figura 45. Indicatori di Empowerment

Livello individuale	
Indicatori di processo	Indicatori di risultato
Coinvolgimento, partecipazione a avvenimenti/attività della comunità.	Raggiungimento di un obiettivo.
Coinvolgimento in gruppi di lavoro.	Comportamento proattivo (atteggiamento volto al cambiamento e all'auto-iniziativa).
Collaborazione con terzi per il raggiungimento di un obiettivo comune.	Controllo percepito su azioni specifiche.
Comportamento di controllo, Impegno politico-sociale.	

Indicatori di processo e risultato per l'empowerment individuale, Riadattata da L.

Dallago "Che cos'è l'empowerment", copyright 2006 Carocci ed. p. 90.

I livelli di misurazione non sono definitivi, anzi, Perkins & Zimmerman (1995) ci dicono che è compito dei ricercatori di sviluppare e proporre ulteriori livelli di analisi ed esempi in cui l'empowerment si manifesta.

6.1. Empowerment Psicologico e musicoterapia

Per introdurre la prossima parte della tesi, è utile soffermarci sulla psicologia dell'empowerment (EP) a livello individuale, poiché decisiva nell'applicazione di una tecnologia musicale RMI, nell'ambito della musicoterapia e della creatività.

Come spiegato da Zimmerman (1995, p.534), l' EP è un costrutto aperto, indeterminato, che assume diverse forme in diversi contesti, dunque di più livelli e non riducibile a definizione universale, perché:

- Assume diverse forme per diverse persone in modo diverso.
- Assume diverse forme in contesti differenti.
- Può variare secondo i diversi ambiti in cui si verifica, nella vita quotidiana.
- Varia nel tempo, fluttua (1995, p.508), non è statico.

A livello psicologico, l'empowerment comprende la componente intrapersonale, interpersonale e comportamentale. Queste tre categorie sono collegate anche alle tre basi della filosofia dell'empowerment descritte in precedenza (controllo, consapevolezza critica, partecipazione) (Perkins & Zimmerman, 1995), che non sono interdipendenti e non seguono un ordine gerarchico. Come descritte da Dallago (2006, pp.51-52):

- Componente intrapersonale

Riguarda inoltre il controllo percepito (locus of control), l'opinione che hanno gli individui di sé, le caratteristiche della personalità e le caratteristiche cognitive. Le prime caratteristiche riguardano la valutazione degli esiti delle proprie azioni; le seconde si basano sull'autoefficienza e il giudizio che il soggetto ha rispetto alle sue capacità. La motivazione in particolare, è considerata fondamentale per il processo di empowerment.

- Componente interpersonale

Corrisponde alla capacità critica in precedenza descritta, in altre parole la capacità di comprendere e analizzare il contesto socio-politico, di individuare le risorse per raggiungere gli obiettivi prefissati e la scelta delle opportune strategie d'azione.

- Componente comportamentale

Riguarda la partecipazione degli individui, cioè comprende il coinvolgimento attivo che può avvenire nella comunità e che permette lo sviluppo di un maggior senso di controllo. In generale,

riguarda l'abilità del singolo di agire, partecipare e essere consapevole di possedere questo diritto (Rolvsjord, 2004).

Riassumendo, la EP riguarda cambi comportamentali, cognitivi e emotivi; include la credenza circa le proprie competenze e gli sforzi nell'esercitare il controllo, oltre alla comprensione dell'intorno socio-politico (2000). Nella musicoterapia, Rolvsjord (2004) sostiene che vi siano diversi tipi di interazione (subordinazione, collaborazione, dominazione) secondo la necessità del cliente

Secondo la musicoterapeuta norvegese (2004), inoltre, la EP è collegata a svariati campi accademici e variando secondo il contesto, dipende dalle caratteristiche degli stessi. Vi sono, secondo l'autrice, diverse definizioni di questo processo proprio per questa sua caratteristica di rappresentare un costrutto a più livelli. Rolvsjord infatti conclude che (2004):

- per raggiungere un EP nella musicoterapia, si dovrebbe avere un approccio orientato alle risorse, collaborativo e partecipativo.
- Il concetto di Empowerment pone interrogativi circa la salute generica e intellettuale individuale oltre che sulle pratiche terapeutiche in generale.
- Questo concetto invita ad osservare la relazione terapeutica ed osservare la dinamica del "potere" e della conoscenza relazionata a questa relazione.
- Implica una dimensione politica verso la pratica clinica e conferisce un confine politico alla ricerca, stimolando una discussione tra soggettività, oggettività, ricerca e politica.
- Riguarda il riconoscimento dei diritti del cliente verso la musica.

In conclusione, con le parole della musicoterapeuta che ben riassumono i concetti descritti, l'Empowerment è alla base dello sviluppo di una pratica orientata alle risorse e di un approccio che presuppone collaborazione da parte del terapeuta, oltre che la figura di esperto (2004).

IV PARTE

CONTRIBUTI

Dopo aver spiegato al lettore le principali teorie cognitive applicabili anche in una tecnologia di Realtà Mista Interattiva, in questa sezione si vuole contribuire a livello concettuale con delle riflessioni circa alcune di queste teorie.

Questi contributi, rappresentano dei concetti già impliciti nel panorama IUM dei sistemi interattivi musicali, la Teoria ecologia della Percezione Visuale di Gibson e il concetto di Empowerment Psicologico di Zimmerman. Si tratta del concetto di Affordances Molteplici e Empowerment Creativo, già esistenti implicitamente all'interno delle teorie trattate, ed emersi durante lo studio, l'osservazione e l'esperimento effettuato, di cui parlerò nel capitolo 9.6. Pertanto, rappresentano dei concetti presenti all'interno della tecnologia RMI e-mocomu. Per comprendere questi concetti nell'ambito della terapia, è necessario dapprima avvicinarsi al campo della musicoterapia, in cui e-mocomu, come molte tecnologie interattive, vede il suo impiego. Il capitolo 9, pertanto, introduce al lettore il modello tecnologico interattivo progettato e sviluppato durante gli studi dottorali, ed applicato a livello sperimentale. E-mocomu rappresenta un prototipo in cui convergono le teorie e i concetti spiegati durante la tesi, riassunti nello schema concettuale del capitolo 8.3.

7 Musicoterapia

Secondo DeNora, (2000) la musica diventa un medium per descrivere il *come* muoversi, pensare, socializzare (p.93), diventando una risorsa del corpo che può essere concepita come una protesi tecnologica, ovvero un materiale che estende le capacità e le azioni del corpo “[m]usic is an accomplice of body configuration. It is a technology of body building, a device that affords capacity, motivation, co-ordination, energy and endurance” (DeNora, 2000, p.103). In comune con strumenti musicali e sistemi tecnologici, la musica deve essere compresa per le sue capacità non-verbali, l'attivazione e l'imitazione dell'utilizzatore (p.7). Come DeNora sottolinea:

Music's role as a resource for configuring emotional and embodied agency is not one that can be predetermined ... Music not only offers how people feel emotionally, it also affects the physical body by providing a ground for self-perception of the body, and by providing entrainment devices and prosthetic technologies for the body (2000, p.107-108).

La musica, considerata come un mezzo per il trattamento medico e il benessere psico-fisico già nelle società primitive (2000 A.C.), viene impiegata come strumento terapeutico per apportare benefici psico-fisiologici e fisici nella persona, acquisendo il nome di musicoterapia, disciplina che viene studiata in questi anni per gli effetti neuro-fisiologici che stimola nell'essere umano. Dal punto di vista fisiologico, ad esempio, la musicoterapia, influenza il sistema immunitario (Koelsch et al., 2011) e neuroormonale, modulando, in particolare, la funzione del sistema nervoso autonomo e del metabolismo (Yamasaki et al., 2012). Un altro studio (Fukui & Toyoshima, 2008) ha evidenziato la relazione tra ascolto, produzione musicale e produzione di steroidi implicati nella neurogenesi, riparazione e rigenerazione neuronale, utili, ad esempio, nel trattamento di pazienti con Alzheimer o con degenerazione senile nella terapia musicale. Dal 1950 la neuroscienza ha, pertanto, cominciato a studiare i benefici della terapia musicale nelle persone, da una prospettiva psicologica, fisiologica e fisica. Investigazioni in quest'ambito, infatti, dimostrano che la musicoterapia rinforza le funzioni cerebrali, come ad esempio il livello di ossitocina, melatonina (ormoni presenti nel cervello e responsabili dei comportamenti sociali e regolatori del ritmo circadiano dell'essere umano), inoltre influisce nel sistema nervoso e modificando i livelli di dopamina, norepinefrina e serotonina (neurotrasmettitori del sistema nervoso centrale) (Hirokawa & Ohira, 2003; Koelsch, 2009).

La musica viene applicata in terapia per i benefici che apporta anche sul piano psicologico e emozionale, e nella comunità di musicoterapia sono molti i professionisti, come evidenziano gli autori Darnley-Smith & Pathey (2003), che considerano i benefici della relazione istituita con il proprio cliente, in grado di stimolare la propria espressione e l'interazione (singola o di gruppo). All'interno dell'improvvisazione clinica Nordoff-Robbins, la musicoterapia stimola l'interazione su diversi livelli. La definizione della Federazione Mondiale di Musicoterapia (WFMT) definisce questa disciplina come:

the use of music and/or musical elements (sound rhythm, melody and harmony) by a qualified music therapist, with a client or group, in a process designed to facilitate and promote communication, relationships, learning, mobilization, expression, organization, and other relevant therapeutic objectives, in order to meet physical, emotional, mental, social and cognitive needs. Music therapy aims to develop potentials and/or restore functions of the individual so that he or she can achieve better intra- and interpersonal

integration and consequently a better quality of life through prevention, rehabilitation or treatment (1997, p.1).

Dunque la musicoterapia impiega la musica per conseguire obiettivi terapeutici di restaurazione, mantenimento e miglioramento della salute intellettuale e fisica della persona. È l'applicazione sistematica della musica, diretta da un professionista in un ambiente terapeutico con il fine di facilitarne il cambio comportamentale.

La Musicoterapia venne ufficialmente riconosciuta in periodi differenti in diverse culture. Negli Stati Uniti, ad esempio, la professione di musicoterapeuta divenne ufficiale solo nel secolo XX; mentre nel 1998 nacque l'American Music Therapy Association. In Europa, invece, nel 1990 nacque la European Music Therapy Confederation. Da un punto di vista storico, l'uso della musica per fini terapeutici e trascendenti ha origini millenarie. Sono molte le culture nel mondo che consideravano la musica e il suono per le loro caratteristiche curative e spirituali. Queste culture, trattavano l'essere umano da un punto di vista olistico, e cercavano di comprendere la causa della malattia considerandolo nella sua totalità. Come riportano Davis & Gfeller (in Davis, Gfeller & Thaut, 2008), nella Grecia di Paltone e Aristotele, ad esempio, la musica (considerata da questi una medicina dell'anima) veniva prescritta per curare problematiche cognitive, emozionali e caratteriali. Dal VI secolo in poi nacque e si diffuse gradualmente la medicina tradizionale, che vide il suo splendore nell'età media, e la musicoterapia venne rilegata in seconda posizione rispetto a questa. Nel rinascimento, infine, con le scoperte anatomiche e fisiologiche sul corpo umano, la medicina divenne una medicina scientifica, e dall'epoca dei lumi (nel diciassettesimo secolo), la musica venne definitivamente allontanata dall'ambito medico. La disciplina della musicoterapia, venne organizzata solo nel XX secolo, nonostante alcuni episodi antecedenti di musicoterapia attestati soprattutto negli Stati Uniti, nel 1800. Come difende Merriam (1983), la musica riflette i valori e i comportamenti di una cultura determinata, quindi appartiene al baglio culturale delle popolazioni del mondo. In linea con questa affermazione, Cámara (2011, p.81) sottolinea che nella letteratura della musicoterapia vengono fatti diversi rimandi all'etnomusicologia. Sottolineando, infatti, le parole di Benezon e Yepes, l'etnomusicologo riferisce l'impossibilità di fare musicoterapia senza considerare la matrice culturale (e la cultura musicale) del cliente, come base di partenza (citati in Cámara, 2011, p.81). Anche per Schiavio (2012) la musica può essere considerata da una prospettiva

etnomusicologica, sia sociologica che culturale. Questa disciplina viene attualmente applicata nella DSA²⁴, in programmi di intervento familiare con bambini con disabilità, negli ospedali con bambini ricoverati in terapia intensiva o per cancro, nel caso di malattie terminali nel qual caso l'intervento abbraccia anche le famiglie, negli adolescenti con disturbi alimentari o problematiche psicologiche diverse, in casi di abusi sessuali o stress post-traumatico di diverso genere, o nel caso di clienti con lesioni cerebrali (Trevarthen & Malloch, 2000, p.93; Sutton, 2002).

L'approccio musicoterapeutico vanta diverse metodologie che il professionista può applicare secondo la propria formazione, nelle sessioni con i pazienti. Tra queste, le cinque principali riconosciute nel nono Congresso Mondiale di Musicoterapia del 1999, a Washington, sono: Metodo Benezon²⁵ (R. O. Benezon, Argentina), Immaginario Guidato e Musica - GIM²⁶ (H. Bonny, U.S.A.), Metodo Comportamentale - BMT²⁷ (C. Madsen, U.S.A.), Metodo Analitico - AOM²⁸ (M. Priestley, U.K.) e infine il metodo Nordoff-Robbins²⁹ – musicoterapia creativa (U.S.A.). Quest'ultimo modello, è conosciuto anche con il nome di Improvvisazione Clinica o Creativa.

Uno degli aspetti considerati più importanti nella terapia musicale, è il concetto di musicalità innata, ripreso dalla metodologia Nordoff-Robbins ed applicato attraverso l'improvvisazione clinica. Chiamato anche “music child”, questo concetto considera che qualsiasi persona, nonostante il tipo di patologia, mantenga la sua intelligenza musicale intatta, e sia capace di rispondere in modo naturale e spontaneo allo stimolo sonoro:

²⁴ Disturbi dello Spettro Autistico

²⁵ Benezon, R. (1988). Musicoterapia: definição, esclarecimento dos termos, música, complementos sonoros, complexo som-ser humano-som. *Benezon R. Teoria da musicoterapia. 2a ed. São Paulo: Summus.*

²⁶ Bruscia, K. E., Grocke, D. E., & Grocke, D. E. (Eds.). (2002). *Guided imagery and music: The Bonny method and beyond* (Vol. 1). Barcelona Publishers.

²⁷ De Toro, M. B. (2000). *Fundamentos de musicoterapia.*

²⁸ Eschen, J. T. (2002). *Analytical music therapy.* Jessica Kingsley Publishers.

²⁹ Nordoff, P., & Robbins, C. (2007). *Creative music therapy: A guide to fostering clinical musicianship.* Barcelona Pub.

the individualized musicality inborn in each child: the term has reference to the universality of musical sensitivity – the heritage of complex sensitivity to the ordering and relationship of tonal and rhythmic movement; it also points to the distinctly personal significance of each child’s musical responsiveness. This responsiveness, however, was not immediately forthcoming (Nordoff & Robbins, 1977, p.1).

In uno studio, Trevarthen & Malloch (2000) sottolineano come che la componente musicale sia presente nel bambino sin dalla nascita e sia necessaria nella comunicazione con la madre e per una “musicalità comunicativa” (2000, p.5). Nella metodologia Nordoff-Robbins viene, infatti, sottolineata questa peculiarità della musica in quanto innata, indipendentemente dalla problematica psico-fisiologica del soggetto, aprendo dunque alla possibilità di una comunicazione diretta con il cliente. La metodologia Nordoff-Robbins inoltre, consta di diverse tecniche suggerite dai creatori, che possono essere modificate e adattate secondo il bisogno del cliente. Tradizionalmente una sessione di musicoterapia prevede la partecipazione di 2 terapeuti: un pianista che accompagna e un terapeuta che gestisce la sessione e si relaziona con il cliente, ma può essere gestita anche da un solo musicoterapeuta.

In questa metodologia, un punto fondamentale è rappresentato dall’improvvisazione con il cliente, che occupa una parte centrale giacchè per il terapeuta “the music improvised in sessions is an embodiment or expression of the client in any one moment” (2000, p.39), infatti, nell’improvvisazione la creatività emotiva emerge nell’atto musicale comunicativo (2000). Come sottolinea, inoltre, Smyth:

Creativity is necessary in the process of rebuilding a new schema after the shattering of one’s belief system, of reconnecting with a changed ‘reality’ and of rediscovery of the mind–body connection...Adaptation, problem solving to find solutions to new problems, relies on creativity (Smyth, 2002, p.76-77).

Ecco dunque che si applica il termine di “improvvisazione clinica/creativa”, una tecnica che rappresenta “specific therapeutic meaning and purpose in an environment facilitating response and interaction” (APMT, 1985, p. 5). Come spiegato dagli autori (Trevarthen & Malloch, 2000), l’improvvisazione clinica è libera e non viene preparata dai terapisti: si tratta al contrario di un

un'osservazione costante riguardo il tipo di materiale che emerge tra terapeuta e cliente, instaurando un dialogo di ascolto-risposta (2000, p.42).

In Nordoff-Robbins, il processo terapeutico prevede un periodo di tempo di diverse fasi, queste variano a seconda delle necessità del cliente, e che solitamente non è inferiore alle 17 sessioni e generalmente comprende un periodo di tre anni. Queste fasi, riportate da Lorenzo (2000) si dividono solitamente in tre passaggi:

1. *Riflesso*. Il terapeuta fa da “specchio” al cliente, quindi riflette le sue reazioni e attitudini, facendolo sentire ascoltato ed accettato ed aiutandolo/la nel raggiungimento di una consapevolezza del sé.
2. *Identificazione*. In questa fase il cliente ha raggiunto già un livello di consapevolezza delle proprie attitudini e reazioni, accettandole.
3. *Contatto*. Questa tappa prevede il consolidamento del vincolo di fiducia cliente-terapeuta, in cui il soggetto accetta gli interventi ed aiuti del terapeuta e avanza nel processo terapeutico positivamente.

Sull'importanza di questa prima fase, in cui il musicoterapeuta fa da “specchio” e riflette il comportamento musicale del cliente, anche Trevarthen & Malloch (2000) sottolineano:

... the music created during sessions provides a mirror for the client, in which they can see a reflection of themselves. The client's self-understanding can develop in a new and different way through music and through the subsequent verbal discussion (p.30).

Nel processo di musicoterapia Nordoff-Robbins, quindi, come riportato da Lorenzo (2000, pp.77-82), queste fasi prevedono l'utilizzo della musica in 3 diversi modi, che possono essere mescolati o meno in funzione dalla scelta del terapeuta durante la sessione:

- *Musica improvvisata*, o improvvisazione clinica, ovvero musica vocale o strumentale improvvisata al momento con o senza testo.
- *Musica composta*, di ogni genere, stile e origini etniche, strumentale o vocale (o entrambe).

- *Musica adattata*, ovvero musiche di tutti i generi e gli stili anche etnici, vocale o strumentale (o entrambe).

Di queste tre forme, indubbiamente la prima è fondamentale poiché, come già accennato in precedenza, permette l'autoespressione spontanea del cliente, la comunicazione con il terapeuta, l'osservazione fisico-emotiva del cliente. In questa forma, il terapeuta cerca di riflettere il "qui e ora" del cliente per poterlo/la rendere partecipe di un intercambio musicale libero ed allo stesso tempo per creare il vincolo con il musicoterapeuta (con il gruppo se la sessione non è individuale). Questa tecnica prevede un'alta sensibilità da parte del musicoterapeuta, per vincolare ogni risposta in forma di supporto al cliente, per permettergli di raggiungere uno stato di controllo delle proprie azioni e consapevolezza. La fase improvvisativa assume un ruolo privilegiato anche all'interno delle tecnologie RMI proposte in questa tesi, come anche nel prototipo e-mocomu sviluppato in Brasile a fini terapeutici. In conclusione, questa fase, secondo Lorenzo (2000) permette:

1. Stabilire un contatto con la persona o il gruppo.
2. Creare empatia con il singolo e/o il gruppo, sintonizzare con lui/loro.
3. Accettarli e riconoscerli, e fare in modo che questo avvenga anche tra di loro, nel tradurre e strutturare le loro azioni in distinte forme musicali.
4. Aiutarli a raggiungere il controllo sulle loro azioni attraverso l'orientazione del terapeuta
5. Stimolare la comunicazione sia musicale che verbale.
6. Personalizzare e individualizzare le loro necessità, problemi, interessi, comportamenti, punti forti e situazioni affettive.

Nella musica composta, invece, il terapeuta deve scegliere la musica da suonare secondo criteri precisi, che la musica abbia:

- Ampio livello di applicazione, in senso generale
- Applicazione specifica che permette conseguire gli obiettivi concreti, le aree problematiche (capacità di comunicazione, motorie e intellettive, etc.), comportamenti problematici, apprendimenti specifici (coordinazione etc.)

- È versatile
- Rappresenta un potenziale per la improvvisazione giacché permette cambi di ritmo, accompagnamento etc.
- Messaggio del testo della canzone, che permette di trattare problematiche diverse del cliente.

Infine, la musica adattata, che verrà proposta dal terapeuta al cliente secondo le sue condizioni emozionali, ritmo individuale, necessità funzionali (condizioni fisiche, possibilità vocali), azioni iniziate dal soggetto ed espressione creativa del cliente.

In molti centri universitari, l'approccio alla terapia musicale viene avvicinato da altre scienze sperimentali, come la IUM, con lo scopo di conoscere, divulgare e comprendere i meccanismi e le risposte che la musica provoca nell'essere umano implementando nuovi mezzi tecnologici. Kontogeorgakopoulos, Wechsler & Keay-Bright (2013, p.2), osservano l'efficacia dell'applicazione tecnologica nella terapia, poiché non è invasiva e risulta semplice da utilizzare per i soggetti. In linea con le possibilità offerte dal legame interdisciplinare tra musica e tecnologia, nello sviluppo del prototipo tecnologico e-mocomu, uno dei principali obiettivi è proprio quello terapeutico, all'interno delle sessioni di musicoterapia. Riguardo le applicazioni che il connubio tra arte e tecnologia potrebbe avere da un punto di vista terapeutico (e talvolta anche didattico), è interessante accennare alla teoria delle intelligenze multiple proposta da Gardner nel 1987 (2011), poiché attraverso l'unione di tecnologie RMI e musicoterapia, è possibile migliorare almeno in parte le intelligenze di cui parla. Questa teoria, proposta nel 1987 da Gardner, critica la vecchia nozione di quoziente intellettuale come strumento di valutazione delle capacità dell'individuo, sostenendo l'esistenza di dieci tipologie di intelligenze, suddivise in tre categorie, da cui dipendono le abilità delle stesse. Secondo lo psicologo, infatti, in ogni persona queste intelligenze sono mescolate e presenti in percentuali diverse. Queste sono: linguistica, spaziale, musicale, cinestetica, interpersonale e intrapersonale, naturalistica, etica e filosofo-esistenziale. Le ultime tre, in particolare, sono state formulate da Gardner negli anni novanta.

Con la musicoterapia, infatti è possibile esercitare l'intelligenza musicale evidenziata da Gardner attraverso, ad esempio, il riconoscimento del timbro, degli strumenti, del ritmo, della melodia applicati nella composizione, l'intelligenza spaziale e cinestetica attraverso la propriocezione e la consapevolezza del proprio corpo e quella spaziale e corporeo-cinestetica attraverso la memoria, la coordinazione e il movimento, che il maneggio della situazione richiede. È possibile stimolare anche l'intelligenza linguistica attraverso la comunicazione e autoespressione, la logico-matematica attraverso la comprensione di ritmi e della struttura musicale, nella creazione di Mappe Sensorimotorie e nella composizione musicale, la interpersonale e intrapersonale favorendo socializzazione, autostima, la consapevolezza emozionale e l'integrazione di gruppo. L'intelligenza digitale, inoltre, va considerata in primo luogo quando si parla di tecnologie terapeutiche. Non è una novità che l'utilizzatore possa mostrare certe affinità e interesse verso sistemi interattivi, molto spesso i clienti riescono ad utilizzare la tecnologia più facilmente rispetto agli strumenti tradizionali, dal punto di vista educativo. Nell'era digitale si fa strada dunque questo nuovo tipo d'intelligenza (Adams, 2004) già paventata da Gardner. L'obiettivo della musicoterapia è di aiutare nel processo terapeutico il cliente attraverso metodi non invasivi utilizzando, e sviluppando, il potenziale musicale innato che è presente in ogni essere umano. Attraverso l'unione della terapia musicale con la tecnologia, si può dunque accedere a questo potenziale, che è presente indipendentemente da problemi fisici e/o psicologici, capacità tecnica o formazione musicale, di ogni persona. La musicoterapia è, pertanto, un'esperienza integrale che attiva i meccanismi biologici, psicologici, intellettuali, fisiologici, sociali e spirituali; risultanti dalle attività musicali proposte e stabilite da un terapeuta professionista.

7.1 Il campo applicativo della musicoterapia e alcune implementazioni tecnologiche

In questa epoca di grandi cambi e innovazioni tecnologiche, il ruolo delle arti e della cultura scientifica diventa sempre più importante. La tecnologia entra a far parte della nostra quotidianità, avvicinandosi anche al settore terapeutico. In diversi centri universitari e laboratori di ricerca, si stanno sviluppando progetti mirati alla ricerca in questi due ambiti. Tra questi

laboratori citiamo: *InfoMus Lab* di Génova, il laboratorio *NICS* nell'Università di Campinas in Brasile, il laboratorio *SPECS* dell'Università Peompeu Fabra di Barcellona, il *Marcus Auditory Laboratories* di Western University in Australia, il *Input Devices and Music Interaction Laboratory* dell'Università McGill, Canada, etc. Questi centri sono specializzati in progetti di ricerca che uniscono la tecnologia con la musica. Come abbiamo, visto nel primo capitolo, anche il campo artistico di consumo sta evolvendo verso nuove proposte tecnologiche, come nel caso dell'artista Björk, che collabora nella creazione di tecnologie musicali interattive. L'importanza di offrire, in questo contesto, un sistema interattivo basato sull'elemento audiovisuale come *CareHere*, è stata confermata da diversi studi, molti dei quali dimostrano il successo dell'applicazione di questa tipologia di sistemi interattivi nell'ambito terapeutico (Brooks & Husselblad, 2004; Hunt, Kirk & Neighbour, 2004; Brooks et al., 2002).

L'importanza di questa unione tra arte e tecnologia assume grande rilevanza nel campo clinico-terapeutico. L'uso di queste risorse tecnologiche, oltre a rappresentare uno strumento per promuovere la prevenzione e il trattamento di alcune patologie psicologiche e fisiche; in alcuni casi costituisce uno strumento per migliorare la qualità di vita dei clienti e appoggiare il musicoterapeuta.

Ad esempio, i concetti di *Aesthetic Resonance* proposto da Swingler (1998) e Ellis (1995) e di *Aesthetic Resonance* (Brooks et al., 2002; Brooks, 2011) (capitoli 2.3.4. e 2.3.5.), che sottolineano uno stato di immersione del soggetto, tale da far dimenticare gli sforzi impiegati, ci permette anche di riflettere sull'aspetto ludico e implicito di queste tecnologie, poiché spesso il soggetto, senza rendersene conto, mentre riceve feedback piacevoli dal sistema si sottopone a riabilitazione motoria o avanza in un processo psicologico-emozionale. Anche Holden (2005) dimostra l'effettività di sistemi interattivi per la riabilitazione motoria, estendendo questo concetto a pazienti con diverse patologie (come descriverò in seguito). Holden, in particolare, sottolinea la mancanza di effetti negativi nell'utilizzo di tecnologie virtuali nella terapia, e al contrario evidenzia che l'esercizio tramite sistemi interattivi facilita il loro trasferimento all'interno nella vita quotidiana, oltre ad accelerare il recupero motorio (p.207). Riguardo al trasferimento degli esercizi dalla sfera virtuale a quella reale, Rizzo & Kim (2005) introducono il concetto di "validità ecologica" da parte della pratica riabilitativa, ovvero l'implementazione dell'apprendimento motorio, avvenuto attraverso l'esercizio con una tecnologia interattiva, nelle

azioni della vita quotidiana (p.122). Nel campo riabilitativo, una questione fondamentale riguarda la prospettiva di auto-espressione (Koelsch, 2005; Lin et al., 2011) e creazione artistica, che, come illustrato dall'esperimento concluso all'università di Campinas, (capitolo 8.5) si rivela essere un elemento fondamentale per coinvolgere e motivare i clienti. Anche Kontogeorgakopoulos, Wechsler & Keay-Bright (2013, p.2), parlano dell'utilità delle tecnologie interattive applicate nel processo di riabilitazione terapeutica, introducendo il concetto di *espressione e arte performativa* che offrono in clienti con disabilità, grazie alla loro facile accessibilità. Ad oggi, infatti, diverse ricerche evidenziano l'efficacia e l'utilità dell'applicazione tecnologica, in diverse forme, per stimolare il linguaggio, le abilità sociali e comunicative l'espressione emotiva nei bambini con DSA (sindrome di spettro autistico) (Piper, 2006; Keay-Bright, 2007; Keay-Bright & Howart, 2012; Lehnman, 1998; Koliouby & Robinson, 2005, Kientz et al., 2007).

Di seguito elenco alcune delle patologie trattate in musicoterapia. In alcune di queste patologie, l'implementazione, seppur iniziale, di sistemi interattivi è stata già sperimentata con successo, in altre la tecnologia non è stata impiegata, ed in altri casi i musicoterapeuti hanno evidenziato l'importanza di questa implementazione.

In musicoterapia, esistono tuttavia resistenze nella implementazione tecnologica durante le sessioni. Nonostante ciò, diverse voci importanti sottolinearono l'importanza, da parte dei terapeuti, di mantenersi aggiornati e di poter applicare tecnologie appropriate (Bruscia, 1986), di offrire nuove prospettive accessibili rispetto a quelle ordinarie (Campbell, 1988; Nagler, 1995; Krüger, 2000), mentre Magee & Burland (2009) evidenziano la grande domanda di applicazione tecnologica durante sessioni. Di seguito, pertanto, propongo solo alcune delle patologie trattate nella musicoterapia, che potrebbero essere avvicinate dal campo tecnologico, con alcuni esempi.

Nel caso del *D-Jogger* sviluppato all'Università di Ghent, nel laboratorio IPeM, il sistema sincronizza la musica in tempo reale secondo il movimento effettuato dell'utilizzatore, per stimolare la riabilitazione motoria, ad esempio nella patologia di Parkinson³⁰ (Moens et al., 2014). Poiché si tratta di pazienti con difficoltà ad iniziare e mantenere un movimento, in un

³⁰ Con questo termine ci si riferisce ad un disordine neurologico cronico, caratterizzato da disfunzioni motorie (tremori a riposo), rigidità, lentezza del movimento, e instabilità posturale.

altro studio (Camurri et al., 2003) un sistema interattivo viene applicato nel trattamento di pazienti con Parkinson, all'interno di sessioni di musicoterapia strutturate in un periodo di sei mesi, in cui viene proporzionato un feedback audiovisuale sulla qualità del movimento eseguito dal cliente. Dopo due mesi di terapia, i clienti hanno mostrato un miglioramento dal 33% al 60%. Si applica pertanto la tecnologia come strumento di terapia per aiutare a diminuire una disfunzione motoria, possibilmente correggendo questo comportamento. Come già evidenziato da questi autori, l'efficacia di un sistema interattivo nel trattamento del Parkinson aiuta dal punto di vista fisico e psicologico. Magee (2008) e Miller (2008), affrontando invece le problematiche legate alla paralisi cerebrale³¹(disabilità neuronali congenite o dovute a incidenti, atassia etc.), che condividono con il DP (Disturbo di Parkinson) difficoltà motorie, in particolare evidenziano la mancanza di coordinazione e la scarsa motricità della muscolatura grossa e fine, il disordine dei movimenti nei clienti trattati che porta, anche in questi casi, allo sviluppo di depressione e stress. Pertanto, gli autori difendono l'impiego di strumentazioni interattive appropriate, sicure, piacevoli e responsive, e aggiungono l'importanza di incorporare la tecnologia elettronica nel trattamento di patologie così severe (p.156). Peñalba e Wechsler (2010), ad esempio, in uno studio con persone con paralisi cerebrale all'Università di Valladolid, hanno applicato la tecnologia eyesweb, osservando come questa proporzionasse un nuovo linguaggio al cliente e una forma di interazione attiva, adattabile, nonostante le grandi limitazioni dei soggetti. In un altro studio (Peñalba, 2015), emerge che l'interattività con strumenti digitali permette a questa tipologia di clienti di raggiungere un maggior grado di autonomia, oltre che permettergli di controllare l'attività musicale. La revisione e l'esperimento di Holden (2005), inoltre, sottolineano l'efficacia dell'implementazione tecnologica in soggetti con lesioni cerebrali, con pazienti con DP, nella riabilitazione ortopedica, e in soggetti con mobilità ridotta. L'autore, sottolinea come la tecnologia rappresenti "a powerful new tool that can be utilized to test different methods of motor training, types of feedback provided, and different practice schedules for comparative effectiveness in improving motor function in patients" (p.190). Questo training motorio, inoltre, una volta appreso nel dominio virtuale tecnologico, viene trasferito con successo nell'ambito della performance del mondo reale, cioè nelle azioni del quotidiano

³¹ La paralisi cerebrale condiziona il movimento del corpo e la coordinazione dei movimenti, inoltre con questo termine si intende un disordine neurologico causato da una lesione non progressiva del cervello o dato dalla malformazione del cervello nella fase di sviluppo.

(p.190). Uno dei punti fondamentali che emerge dallo studio, è l'importanza del feedback nell'apprendimento motorio, poiché induce plasticità corticale e subcorticale, indotti dai feedback propriocettivi e eterocettivi associati all'esecuzione di precise azioni. Questi feedback, così come l'apprendimento motorio, possono essere proporzionati e facilmente programmati proprio grazie al medio tecnologico, inoltre nell'apprendimento di azioni motorie attraverso l'imitazione (neuroni specchio), significherebbe, secondo l'autore, sviluppare la formazione di schemi appropriati dell'attività cellulare all'interno del sistema nervoso centrale (p.191).

I clienti con ritardo dell'apprendimento, dimostrano una comprensione lenta unita a poca memorizzazione, scarsa acquisizione del linguaggio, oltre che con problemi fisici nel controllo della motricità grossa e fina. Questo presuppone, dal punto di vista emotivo e sociale, un comportamento improprio, iperattività e mancanza di autostima (Davis, 2000; Magee, 2008). Davis (2000), sottolinea l'importanza della stimolazione e dell'educazione primaria attraverso programmi interdisciplinari nella prevenzione con bambini con disabilità intellettiva.

Il cliente con sindrome Down o spettro autistico, condivide il ritardo dell'apprendimento, queste due situazioni comportano infatti delle somiglianze. Magee (2008), evidenzia che le problematiche cognitive e motorie possono infatti combinarsi, creando anche problematiche di comportamento (Doh, 2005 citato in Magee, 2008) in cui vengono condizionate alcune delle modalità sensoriali solitamente integrate nell'esperienza quotidiana (vista, udito etc.). Ciò comporta conseguenze nella sfera emotiva che generano stress e depressione (2008, p.157). Anche nei clienti adulti con problematiche di apprendimento, come evidenzia Watson (2007), emergono problemi di comunicazione, difficoltà sensoriali emotive e comportamentali (Emerson citato in Watson, 2007 p.192). Inoltre in uno studio condotto per quattro mesi con dei clienti adolescenti (Montello & Coons, 1998), le sessioni di musicoterapia hanno cambiato il loro comportamento aggressivo e ostile, stimolando la creatività e migliorando le capacità intellettive, emozionali e comportamentali dei soggetti. Nella loro revisione di tecnologie per la terapia in dieci anni, Cobb & Sharkey (2007), evidenziano come le tecnologie basate sulla realtà virtuale possano rappresentare il medio efficace per migliorare e apprendere una corretta interazione sociale ai bambini con DSA (Leonard, Mitchell & Parsons 2002), La musicoterapeuta Warwick (in Richer & Coates, 2001), in uno studio condotto per quattro anni con un bambino affetto da autismo, evidenzia i benefici dal punto di vista comunicativo, di interazione, espressione e

comprensione emozionale. Ciò che emerge da queste descrizioni, è che l'implementazione tecnologica potrebbe sopperire l'addove sussistono problematiche percettivo-sensoriali, o situazioni di stress ed ansia date dalla difficoltà di comprensione. Attraverso il gioco ludico, ad esempio, si potrebbe controllare l'iperattività tipica di questi clienti, stimolandone l'autoespressione creativa. Il soggetto potrebbe così raggiungere un grado di controllo e Empowerment Creativo tale da permettergli un'autoregolazione ed una maggiore autostima. Come sottolineato già da Davis (2000), tecnologie interattive apposite potrebbero esercitare la motricità grossa e fina, come anche dimostrato dalle tecnologie ideate per il trattamento del Parkinson. Inoltre Brooks & Hasselblad (2004) hanno evidenziato, in CareHere, uno strumento applicabile in ambito terapeutico per disabilità cognitive oltre che fisiche. Per migliorare gli aspetti sopra indicati, quindi, la tecnologia potrebbe essere implementata all'interno dell'improvvisazione clinica e della musica composta (vedi capitolo precedente).

Le persone con DSA (termine con il quale si indica anche la sindrome di Asperger e di Rett) sono affette da diversi disturbi peculiari. Secondo la descrizione di Berger (2002), alcuni di questi sono: deficit di comunicazione e dell'uso del linguaggio, difficoltà nell'instaurare rapporti interpersonali, bisogno di routine ripetitive, auto stimolazione di parti del corpo (movimenti stereotipati), vocalizzazioni, dondolio del corpo e battimento di mani, mancanza nel contatto visuale, disprassia (poco controllo motorio), deficit del linguaggio, disfunzioni cognitive. Da un esperimento condotto da Ramachandran & Oberdan (2006), emerge come i bambini con DSA abbiano intatta la padronanza del sistema motorio, al contrario del sistema dei neuroni specchio che è inefficiente. Berger (2002), infatti, parlando di clienti con autismo, evidenzia l'importanza dell'esercizio motorio per la muscolatura fina e grossa, della coordinazione fisica, della comunicazione e del linguaggio:

Music therapy treatments for autism and many other diagnoses, when based on physiologic information, address: motor planning, vestibular and proprioceptive deficits, tactile defensiveness, auditory function, audio-visual coordination, physical coordination, communication and language. Incorporated into and often resulting from adaptation in these areas are: creativity, self-initiative, social interaction, sense of self and others, body pacing and self-organization, task organization, and general functional adaptation to environment (p.138).

Come sottolineato dalla musicoterapeuta il cervello di un bambino con DSA è prevalentemente sovraccarico e sotto stress poiché si ritrova in uno stato di sopravvivenza costante dovuto ai continui stimoli che riceve (2002, p.68-132.) La musicoterapia in questi casi prevede la ripetizione rituale di esercizi volti a promuovere la percezione sensoriale, attraverso la precisione dei compiti proposti. In questo modo si rinforza la coordinazione di tutti i sensi, la cenestesia, che porta allo sviluppo del controllo della situazione in cui il soggetto riceve stimoli positivi dall'ambiente (p.132). Inoltre, l'autrice sottolinea che l'integrazione sensoriale, nella sessione di musicoterapia, dipenderà sempre dal terapeuta:

The music therapist has a distinct advantage in addressing sensory integration issues: music can focus on many deficiencies simultaneously, tap the limbic system for emotional support, balance cognitive and intuitive brain processes (right and left cortical hemispheres), and provide interventions that are fun, creative, transferable to other areas of learning, familiar and functional to physiologic repatterning (2002, p.173).

Ed ancora:

The premise of music therapy treatment for sensory integration is that it can develop both the cognitive and intuitive/emotional adaptive responses on both the sub-cortical and the cortical levels. Music therapy works with what is there (not what's missing), building upon that which is already functioning by providing new input which the brain can use to help expand its knowledge on all levels. Whatever the child presents, whoever the child is, provides material upon which to expand (2002, p.138).

Berger, pertanto, rileva l'importanza dell'integrazione sensoriale in musicoterapia. Infatti, i clienti con DSA, a causa del mal funzionamento percettivo-sensoriale, mancano di curiosità e gioco creativo (p.163), tutte dinamiche che devono essere trattate nelle sessioni di musicoterapia, offrendo un sistema di adattamento, attraverso la musica, volto a generare concentrazione, routine e struttura. Il musicoterapeuta, evidenziando l'importanza di un approccio olistico, ricorda che, nel bambino autistico, l'elemento "sorpresa - sconosciuto" genera paura, tensione, ansietà e confusione (2000, p.31). Al contrario, si richiede ripetizione in modo da permettere la memorizzazione e l'internalizzazione degli elementi e delle attività che potranno poi essere

estese gradualmente. Negli studi effettuati da Koelsch (2005) e le revisioni di Lin et al., (2011), emerge come in questa patologia la musicoterapia migliori la comunicazione non verbale, oltre all'interazione sociale e l'auto-espressione; punti chiave, questi, per controllare la depressione e ansietà del cliente. In questa prospettiva, tipicamente, una tecnologia interattiva con clienti con DSA, dovrebbe proporre programmi modificabili in tempo reale secondo il comportamento del partecipante e capaci, ad esempio, di riconoscere la direzione degli occhi del soggetto per proporre una continua interazione (non aggressiva) ed offrire un ambiente privo di rischi per il cliente. Il progetto ECHOES (Porayska-Pomsta et al., 2012) ad esempio, ha proposto attività d'apprendimento con clienti con DSA con diversi obiettivi, che cambiano a seconda dell'attenzione del partecipante e della sua esplorazione nell'ambiente. Alla luce di queste affermazioni e dell'importanza di considerare, da parte del terapeuta, l'integrazione sensoriale nel bambino con DSA, gli attuali sistemi interattivi esistenti potrebbero divenire uno strumento importante nel potenziare l'espressione e il gioco creativo. Non solo creando programmi specifici per ogni cliente, in modo da ottenere una tecnologia altamente sensibile, ma potrebbero ad esempio essere utilizzati facilmente dal soggetto, per l'auto-espressione e la comunicazione con il terapeuta e con la famiglia. Questa implementazione riguarderebbe prevalentemente (ma non riduttivamente) l'improvvisazione clinica e la musica composta. Nella musicoterapia con clienti con DSA, una tecnologia interattiva potrebbe proporre programmi modificabili in tempo reale secondo il comportamento del partecipante, e capace di riconoscere la direzione degli occhi del soggetto per proporre una continua interazione (non aggressiva) ed offrire un ambiente privo di rischi per il cliente.

Riguardo la demenza³² senile nell'anziano comporta diversi sintomi, alcuni dei quali coinvolgono la degenerazione di altre patologie (Parkinson, Alzheimer, etc.). Da una revisione effettuata da Raglio et al., (2012), sono stati evidenziati i risultati positivi dell'intervento musicoterapeutico nella BPDS (behavioral and psychological symptoms of dementia). Nonostante le limitazioni gli autori sottolineano che i risultati degli studi evidenziano l'efficacia dell'approccio della musicoterapia nel trattamento dei sintomi (p.305) “[a]s a whole, these MT approaches showed an improvement of BPSD when compared to usual care or no treatment.

³² Secondo la U.S. National Library of Medicine, MedPlus, il termine demenza raggruppa diversi sintomi causati da disordini che colpiscono il cervello, pertanto non è un disease specifico. La perdita di memoria è un sintomo tipico. Ultima consultazione, 1 ottobre 2015.

Studies with using the listening to music showed controversial results in BPSD reduction” (p.309). Gli autori, nelle conclusioni, riportano l’importanza, attraverso la terapia musicale, di identificare quale tipologia di demenza senile possa venire migliorata durante le sessioni.

Nello studio di Brotons & Koger (2000) di quattro settimane con 20 pazienti affetti da demenza senile con problematiche di linguaggio, è emerso come la musicoterapia abbia migliorato la performance espressiva dei clienti sia sul contenuto del linguaggio che sulla sua fluidità. Gli autori sottolineano inoltre che nell’Alzheimer vi è un deterioramento progressivo del funzionamento del linguaggio. Da uno studio (Brotons & Koger, 2000) si è evidenziato come l’intervento di musicoterapia influenza positivamente la fluidità del linguaggio e la auto-espressione, mentre in un altro studio (Koger, Chaplin & Brotons, 1999) emerge l’effettività della musicoterapia nel mantenimento e miglioramento della partecipazione sociale e espressione emotiva, nell’aumento di funzionalità cognitive, e nella diminuzione di problematiche comportamentali (aggressività etc.) legate alla demenza senile. Lin et al., (2011) riferiscono il potenziale della terapia musicale anche nel migliorare i disordini nutrizionali, il comportamento e l’umore, abbassando il livello di confusione intellettuale dei clienti e facilitandone la performance cognitiva di questi clienti.

Takahashi e Matsushita (2006) hanno condotto uno studio di due anni per valutare l’intervento di sessioni di musicoterapia di gruppo a lungo termine, effettuate una volta a settimana. I clienti partecipanti, con gradazioni diverse di demenza senile, sottoposti a musicoterapia hanno mantenuto invariato il loro stato intellettuale per due anni, mostrando un risultato migliore rispetto ai partecipanti che non partecipavano alle sessioni e dimostrando che gli effetti sono da ritrovarsi anche nella prevenzione di problematiche cardiache e cerebrali. Anche nell’esperimento di Raglio, Oasi & Gianotti (2010), che hanno valutato gli effetti delle sessioni di musicoterapia sia sui sintomi di BPSD che sui parametri psicologici mostrati dai clienti, i risultati hanno mostrato una riduzione dei sintomi ossessivi combinati con il miglioramento delle funzioni cardiovascolari.

Come sottolineato dallo studio di Sherratt, Thornton & Hatton (2004), la terapia musicale comporta miglioramenti nel comportamento sociale. Nell’Alzheimer, collegato alla demenza senile, molti studi riportati dai ricercatori, hanno evidenziato l’effetto positivo della musica

applicata per modificare comportamenti negativi quali la aggressività, agitazione e irritabilità (Clarke et al., 1998; Thomas, Heitman & Alexander, 1997; Brotons & Pickett-Cooper, 1996 citati in Sherratt, Thornton & Hatton, 2004, p.6).

Trevarthen & Malloch (2004), riportando le parole di Aldridge and Brandt, sottolineano che:

The responsiveness of clients with Alzheimer's disease to music is a remarkable phenomenon. While language deterioration is a feature of cognitive deficit, musical abilities appear to be preserved. This may be because the fundamentals of language are musical and are prior to semantic and lexical functions, in language development (citato in Trevarthen & Malloch, p. 37).

Considerando tutti questi studi, alcuni degli obiettivi fondamentali trattabili con la musicoterapia, potrebbero essere migliorati anche con l'introduzione di tecnologie interattive nel trattamento, ad esempio, di clienti con demenza senile e Alzheimer. Alcuni di questi punti potrebbero essere: la memoria, la motivazione, comunicazione e aspetto sociale, migliorabili ad esempio attraverso il gioco creativo di gruppo (game therapy) con la tecnologia, mediato dal terapeuta; o ancora l'attivazione fisica con tecnologie che prevedono il movimento nel raggiungimento dell'Empowerment Creativo. Questi obiettivi verrebbero trattati, all'interno delle sessioni, nella proposta di musica adattata, nell'adattamento di musiche (in base al ritmo ad esempio) scelto a priori dal terapeuta in funzione degli obiettivi da raggiungere.

Nella musicoterapia, diversi studi sottolineano l'efficacia del trattamento terapeutico con clienti affetti da patologie come la depressione. Ad esempio, nell'ambito della neuroscienza, Steinbeis, Koelsch & Sloboda (2005) sottolineano il ruolo della struttura musicale nell'esperienza emotiva del soggetto e l'utilità ed effettività della musicoterapia a livello emozionale nel cliente che viene trattato (Koelsch, 2005; Meyer, 1956). Il neuroscienziato e musicoterapeuta Koelsch, evidenzia come le correlazioni neurali attivate dalla musica abbiano, infatti, grande rilevanza nel trattamento terapeutico di pazienti con depressione, poiché cambiano l'attività della struttura cerebrale che altrimenti funzionerebbe in modo anormale. Il ricercatore pone l'accento sul fatto che la musica regola e stimola le zone cerebrali dell'amigdala e dell'ippocampo, producendo un miglioramento fisico e psicologico, riducendo anche il livello di

sedativo necessario nei pazienti sottoposti a questo tipo di terapia musicale (Kolesch, 2011; 2005). Moratos, Crawford & Procter (2011), evidenziano l'efficacia della musicoterapia nei clienti con sindrome depressiva, che li stimola su tre livelli: estetico, fisico e relazionale, attraverso un "fare attivo", che coinvolge i clienti e permette loro il miglioramento. Questi tre livelli, ad esempio, potrebbero essere offerti attraverso l'introduzione di tecnologie interattive che permettono di sviluppare l'Empowerment Creativo, tramite il loro pieno controllo da parte dei clienti e nell'espressione creativa che una tecnologia multisensoriale può offrire (come CARE HERE, Sound Beam e Motion Composer, si veda la seconda parte della tesi), soprattutto all'interno dell'improvvisazione clinica.

In conclusione, dalle descrizioni fornite poc'anzi, emerge che l'applicazione di una tecnologia RMI, con caratteristiche multisensoriali (ovvero che stimola diverse contingenze sensorimotorie: visuo-proprioceptive, sonoro-proprioceptive, proprioceptive), offrirebbero alcune fondamentali potenzialità di appoggio alla musicoterapia. Potenzierebbero pertanto la comunicazione e l'aspetto sociale, la memoria, l'attivazione fisica, l'autoregolazione, migliorerebbero il comportamento, la relazione con la famiglia, stimolerebbero l'espressione, la creatività e l'autostima. Queste potenzialità, emergono soprattutto nell'improvvisazione clinica e nella musica adattata e composta descritte anteriormente, all'interno della fase che il terapeuta ritenga più opportuna.

Concludiamo questo capitolo generale sulla musicoterapia e gli effetti benefici nel trattamento di alcune patologie, con una riflessione di Berger (2002) rivolta ai terapeuti. La musicoterapeuta, infatti, sottolinea la mancanza di un modello comune per i musicoterapeuti, che possa essere applicato nella valutazione del cliente da un punto di vista olistico, ovvero unendo la sfera emotiva, cognitiva, musicale e fisiologica:

there are no standardized testing tools for music therapy that look at the whole person from the physiologic, psycho-emotional, cognitive and musical perspective. Various attempts have been made to "assess" a child for music therapy (2002, p.164).

Questa strumentazione di appoggio nella valutazione del cliente, potrebbe essere offerta dal campo della IUM, con l'implementazione di tecnologie RMI.

7.2 Affordances Molteplici

Come ci fa notare Kirk nella prefazione del libro di Miranda & Wanderley (2006), attualmente ci troviamo a un punto molto particolare nell'evoluzione della musica elettronica. Grazie alla diffusione massiccia di nuove tecnologie, molte discipline si stanno muovendo verso nuovi orizzonti interdisciplinari, come, ad esempio, l'arte performativa e musicale con la terapia. Nell'ambiente artistico performativo, si inserisce la visione dell'artista Kozel (2007), che può essere trasposta alle tecnologie musicali RMI, aiutandoci a riflettere sull'importanza di questa commistione interdisciplinare. L'artista, basandosi sulla fenomenologia merlau-pontiana, difende l'idea che nell'azione percettiva noi stessi diventiamo soggetto e oggetto. Quando tocchiamo un oggetto, l'oggetto toccherà noi, in una reazione biunivoca. "The significance of this juxtaposition is that phenomenology is relevant to the creation and to reception of work, particularly to the reception of interactive art where the public is more actively involved in shaping the experience" (p.36). Ecco, quindi, che il corpo assume una grande importanza nel processo di comprensione fisico e fenomenologico ed assieme al corpo anche la tecnologia in quanto arte, diventa uno strumento utile nella comprensione della relazione tra dimensione interna ed esterna: "[t]echnology that employ visual, sound, and haptics, like art, create a much more complex relationship between inside and the outside, between bodies and the world" (p.32).

Le nuove prospettive IUM, quindi, non abbracciano solamente la dimensione tecnologica, ma anche filosofica, poiché i sistemi interattivi attuali impongono un nuovo dialogo tra interfaccia, utilizzatore e ambiente, obbligando l'utilizzatore a divenire protagonista della performance visuale e sonora che sta creando in tempo reale, concettualizzandola nell'esperienza attraverso una *mappa sensorimotoria*. Come suggerito da Kozel, infatti, nell'atto performativo e all'interno di uno spazio tecnologico, il soggetto cambia continuamente la mappa corporale ristrutturandola, e ciò avviene anche attraverso la percezione incorporata ("embodied perception" p.70):

When I perform I am aware of inserting myself into a context, almost an inhalation and on exhalation. Performance is never one-directional ... performance involves the awareness of being in a state of reception and initiation between inside and outside, modulation and response (p.70).

Lo stesso Merleau-Ponty spiegava che i nostri corpi si estendono oltre noi stessi, attraverso i nostri sensi (citato in Kozel, 2007, p.33). Accanto al concetto che denomino mappa sensorimotoria, vi è quello di *mappa cognitiva* sviluppato da Benford & Giannachi (2011), che sta a indicare l'adattamento continuo operato dall'utilizzatore in un ambiente misto, che è cioè sia reale che virtuale, che lo obbliga ad un continuo monitoraggio e dialogo tra le due realtà attraverso la percezione e l'uso di queste mappe cognitive. A questo concetto, aggiungo, come già sopra citato, quello di mappa sensorimotoria che contiene già la dimensione cognitiva. La propriocezione gioca un ruolo fondamentale nella creazione di Mappe Sensorimotorie, poiché il partecipante all'interno dell'ambiente RMI potrà avere non solo una libera elezione dei movimenti basati sull'esplorazione dell'ambiente attraverso le contingenze sensorimotorie, ma anche una libera espressione artistico-espressiva di cui è il diretto protagonista. È doveroso puntualizzare che, secondo la TCS e secondo il concetto di mappa sensorimotoria qui proposto, le contingenze sensorimotorie all'interno di una tecnologia RMI dipenderanno dalla maestria acquisita dal soggetto attraverso la conoscenza pratica. In altre parole, l'utilizzatore percepirà i cambiamenti delle diverse modalità sensoriali della tecnologia in cui è immerso, in rapporto al suo stesso movimento e imparerà a padroneggiarle.

Questa interpretazione si basa in parte sul concetto di Johnson della metaforizzazione, che è possibile applicare anche in ambito musicale come suggerito da Peñalba (2005) (si veda il paragrafo 4.1.3), nonché in un contesto di tecnologia RMI. Pertanto, una tecnologia RMI, combinando la realtà virtuale e reale (mista) attraverso l'interazione, permette al soggetto di entrare a fare parte di un processo di carattere individuale attraverso una mappa sensorimotoria: cosa possibile, questa, grazie all'uso di diversi percorsi che egli stesso genera, di cui una parte è preimpostata nel mapping. Come suggerito da Benford & Giannachi (2011), questi percorsi si presentano all'interno di uno spazio ibrido, in cui la dimensione digitale e fisica s'intersecano e contaminano tra loro “[a] hybrid space therefore emerges out of the relationship between perceived, conceive, lived physical and digital spaces” (p.44).

Pertanto, la realtà ibrida di un ambiente performativo a cui si riferiscono Benford & Giannachi, in questa ricerca è rappresentata da una tecnologia RMI, in cui la dimensione mista emerge attraverso la percezione delle contingenze sensorimotorie propriocettive, visuali e uditive

e dall'interazione continua con la tecnologia. Infatti, le CSM sono le regole che governano i cambiamenti sensoriali prodotti dal movimento (O'Regan, J.K & Noe 2001, p.941).

Nell'utilizzo di un sistema musicale RMI, è fondamentale, da parte dell'utilizzatore, controllare il movimento e i feedback, cioè sapere in che modo un cambio nel movimento condiziona il risultato audiovisuale. L'interprete dovrebbe conoscere quali sono i movimenti che producono determinati feedback, ed è proprio attraverso la TCS che l'utilizzatore comprova costantemente che le sue azioni siano quelle adeguate e che producano il risultato previsto soddisfacendo le aspettative dell'utilizzatore. Se questo viene a mancare, ci sarà una profonda esplorazione del sistema interattivo, per scoprire la dinamica movimento-feedback, costituito da un alto grado di percezione sensorimotoria. Come sottolineato da Peñalba (2008), conoscere le contingenze sensorimotorie significa conoscere quali sono i movimenti necessari per produrre determinati cambi anche nel design tecnologico, e quali modalità sensoriali ci guidano verso determinati movimenti volti ad ottenerli. Dunque, a seconda della tipologia di strumento tecnologico che viene utilizzato, vi sarà una differente schema sensorimotorio secondo l'esperienza del soggetto, applicato al sistema in cui è immerso.

Applicando questa nozione all'interno di una tecnologia RMI, il soggetto si muoverà seguendo uno stimolo sensoriale dato, e questo movimento indotto dallo stimolo produrrà a sua volta nuovi stimoli sensoriali che dipenderanno proprio dal movimento continuo del soggetto. Si genererà così una retro-alimentazione e codeterminazione basata sull'interazione tra soggetto e tecnologia, che permette al soggetto stesso di percepire i cambi sensoriali attraverso il suo movimento nello spazio. I movimenti sono regolati, quindi, dall'esplorazione dell'ambiente attraverso le abilità della persona nel padroneggiare le contingenze sensorimotorie, un controllo che dipende anche dalla pratica (O'Regan, J.K & Noe, 2001). Pertanto, percepire significa conoscere i cambiamenti delle contingenze dell'oggetto in rapporto al movimento (2001). La teoria delle contingenze sensorimotorie, dunque, assume un ruolo fondamentale nella creazione delle Mappe Sensorimotorie all'interno di un ambiente multidisciplinare come e-mocomu, che implica diverse modalità sensoriali quali la vista, l'udito e la propriocezione. Nel processo di interazione, secondo gli autori (Benford & Giannachi, 2011), gli spettatori-utilizzatori "... are feeling their way through an unknown environment precisely in order to know it, constantly

renegotiating the real and the virtual elements that form it, learning to move *between* them, *affording one through the other*” (p.19).

Entrambe queste riflessioni suggeriscono un concetto di *Multiple Affordances*. Con questo termine definisco la presenza di molteplici affordances, potenziali e reali, che vengono offerte all'interno dello spazio interattivo all'utilizzatore. Queste affordances rappresentano le possibilità che il soggetto ha, di interagire con lo spazio, attraverso le Mappe Sensorimotorie che vengono costruite internamente (Figura 45). Le Affordances Molteplici dunque, non sono prestabilite però saranno pur sempre comprese all'interno del set di possibili azioni che un utente può effettuare sull'oggetto. In particolare le Affordances Molteplici continuano a svilupparsi e a cambiare a seconda del livello di controllo ed esperienza (dato dall'esplorazione dalle MS) che il soggetto ottiene sulle stesse. Pertanto più l'utente reagisce e interagisce con i feedback, e più le affordances si trasformeranno ulteriormente. In altre parole, il livello di esperienza può invitare ad azioni molto più complesse di quelle “suggerite” dall'oggetto all'inizio dell'esplorazione. Per questo l'affordance si co-determina tramite le caratteristiche oggettive e i dati dell'esperienza del soggetto (ad esempio determinate azioni). Anche Benford & Giannachi (2011), parlando di traiettorie, sottolineano che queste “allow for the possibility of replaying, and thus regenerating the perspectival view of the intersection between trajectories over time” (p.21). Se una realtà virtuale si compone di un tipo di affordance virtuale, ad esempio la rappresentazione antropomorfa che avviene con l'utilizzo di un videogioco (Collins, 2012), all'interno di una realtà mista interattiva in cui lo spazio è misto, sussiste una molteplicità di affordances. Anche Porayska-Pomsta et al., (2012) evidenziano che la presenza di affordances nell'ambiente digitale, diverse dal contesto quotidiano “[a]n important design consideration is that the affordances of digital environments are different to those of human-human contexts.” (2007, p.10). Queste sono pertanto stabilite dal mapping della tecnologia e sono continuamente proposte grazie all'interconnettività con l'ambiente. Inoltre, queste affordances molteplici saranno utilizzate ed esplorate volontariamente dall'utilizzatore.

Ciò significa che in questa dimensione mista è possibile riflettere sul concetto di Affordances Molteplici, dato dalla continua interazione e scambio tra Mappe Sensorimotorie dell'utilizzatore, e schemi computazionali dell'ambiente interattivo (mapping). Grazie, poi, all'esplorazione e al controllo acquisito da parte dell'utilizzatore sulle affordances disponibili e all'utilizzo di queste

mappe, avviene l'interazione tra soggetto e ambiente. Poiché le affordances molteplici non rappresentano un oggetto preciso e visibile all'interno di una tecnologia RMI, si ritrovano quindi nello spazio "virtuale" della tecnologia interattiva³³. La Teoria Ecologica della Percezione Visuale può essere dunque applicata all'interno di uno spazio tecnologico, in cui le azioni del soggetto strutturano le affordances molteplici secondo parametri corporei e mappe computazionali. Come riassumono Anderson & Sharrock (1993) riguardo la Teoria della Percezione Visuale Gibsoniana:

There is something about naturally occurring physical objects, which predisposes them to be seen as just those objects. The light reflected by objects carries the information enabling us to structure the world in the ways we do. But it is we, as active percipient beings, who do the structuring (p.147).

Dunque, le affordances degli oggetti sono "constructed and re-constructed in and through the courses of actions in which we engage in" (p.149). All'interno di una tecnologia RMI, però, non esistono oggetti fisici, dunque le affordances dipendono dai parametri corporei dati da mappe sensomotrici e dal mapping. Come ci spiega lo stesso Gibson (1986), con affordance egli si riferisce sia l'ambiente che al soggetto, implicando la complementarità di entrambi (p.205). L'autore ci parla anche di una tipologia di affordances in cui non ci sono oggetti, in altre parole dell'aria, dicendo che

L'affordance dell'aria è la respirazione. Essa offre anche una locomozione libera in rapporto al suolo, che è la fonte del sostegno. Quando è illuminata e libera da nebbia, l'aria è l'affordance della percezione visiva. Essa è anche l'affordance della percezione degli eventi vibratorii attraverso i campi sonori, e della percezione delle fonti volatili attraverso i campi di odori...(p.210).

In altre parole l'autore nella sua teoria ecologica si riferisce e evidenzia l'esistenza di diverse affordances, sottolineando anche che ogni oggetto può rappresentarne diverse (la pietra come fermacarte, come proiettile ecc.). Dunque la considerazione del concetto di Affordance

³³ Come già previamente spiegato, sono il risultato dell'interazione con l'ambiente attraverso: i movimenti liberi del soggetto, la sua percezione, la retro-alimentazione che gli permette di seguire nell'esplorazione e nell'auto-espressione; ed infine sono mediate dal mapping della tecnologia stessa.

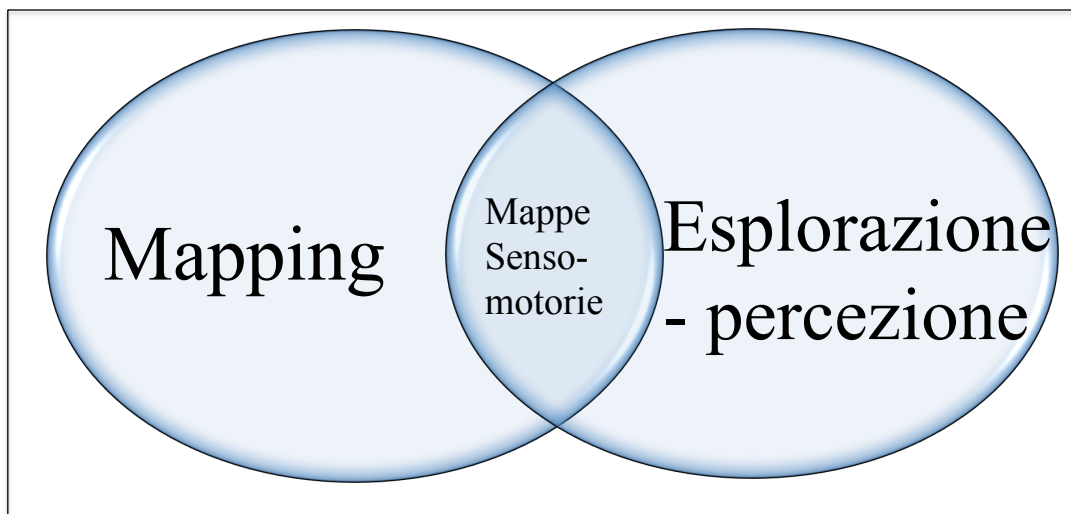
Molteplici è già esistente a livello implicito nella teoria ecologica. In questo studio viene applicato questo concetto alla dimensione digitale, all'interno di una tecnologia RMI in cui le affordances presenti, offerte dall'ambiente, permettono il libero movimento del soggetto.

Riassumendo, il concetto di Affordances Molteplici si basa prevalentemente sugli antecedenti della Teoria Gibsoniana, applicati alla tecnologia digitale, e in particolare, dipenderebbero da:

- *Mapping* ovvero lo schema della tecnologia disegnato in primis. Questo perché l'interazione è possibile secondo degli schemi computazionali che caratterizzano la tecnologia stessa e che dipendono dal suo scopo.
- *Esplorazione-percezione* dipende dall'interazione tra soggetto e Presenza (si veda il capitolo 4.1.1.) di una RMI, la quale è strettamente legata al mapping della tecnologia. Questo processo, attraverso le contingenze sensorimotorie, permette al soggetto di creare le proprie Mappe Sensorimotorie che dipendono a loro volta dalla Presenza, e dal mapping. L'esplorazione può attivare un processo di retro-alimentazione in cui i movimenti esploratori stimolano altri movimenti fatti per scopi espressivi, e/o estetici.

In breve, affinché sussistano Affordances Molteplici, all'interno della tecnologia RMI deve avvenire l'interazione tra mapping e percezione/esplorazione dell'ambiente, da parte dell'utilizzatore. In questa condizione, il soggetto genera le proprie Mappe Sensorimotorie, nate attraverso il movimento esploratorio e che permetteranno la creazione e utilizzo di affordances molteplici. Inoltre permetteranno l'immagazzinamento dell'informazione e dell'esperienza sperimentata all'interno della RMI stessa. In **Figura 46** si può osservare questo processo a livello schematico.

Figura 46. Processo alla base del concetto di affordances molteplici



L'interazione tra mapping e esplorazione dell'ambiente da parte dell'utilizzatore genera affordances molteplici che, a loro volta, permettono la creazione e utilizzo di mappe sensomotorie.

Inoltre, come sottolineato da Greeno (1994) “[t]he presence in a situation of a system that provides an affordance for some activity does not imply that the activity will occur, although it contributes to the possibility of that activity” (1994, p.340). In uno scenario di Affordances Molteplici, dipenderà dall'utilizzatore la possibilità di essere scoperte, sperimentate e memorizzate secondo le possibilità motorie e cognitive del soggetto stesso.

In questa prospettiva s'inserisce l'applicazione a livello terapeutico delle affordances molteplici. DeNora (2000), puntualizza che la dinamica gestuale tra cliente e terapeuta all'interno della sessione di musicoterapia, assume il ruolo di “specchio” dei gesti musicali del cliente, che verranno concepiti come oggetti per l'espressione, e per la creazione dell'identità del soggetto, attraverso la mediazione del terapeuta (p.70). Come, infatti, spiegherò nel capitolo 7, una prima fase di improvvisazione è chiamata “riflesso” poiché il terapeuta si limita a riflettere i comportamenti musicali e gestuali del cliente, per aiutarlo a raggiungere una situazione di consapevolezza. È in questa dinamica che si creano le affordances molteplici all'interno di sessioni di musicoterapia.

L'interazione che avviene all'interno di una tecnologia RMI, come e-mocomu, può essere individuale, a seconda del programma prescelto, e può essere costituita da variabili di natura diversa, ovvero percorsi diversi utilizzati dal soggetto che genera attraverso la sua esperienza o che sono pre-impostati. Benford & Gianacchi (2011), denominano queste caratteristiche *traiettorie*: “[t]he paths, or journeys that lead through these experiences and that may be have been prescribed, or that could have been generated by participants, are what we call trajectories” (2011, p.44) all'interno uno spazio ibrido. Considerando inoltre l'utilità delle affordances nel trasformare il ruolo del soggetto nello spazio: “...affordances can be used in design to transform the role of the spectator into a participant and even a performer by a series of trajectories that position the participation different points of the mixed reality continuum” (p.6).

Gli autoridistinguono tra *canonical* e *participant trajectories*. Mentre le prime sono incorporate e predeterminate nella struttura (mapping) di una tecnologia mista interattiva, le seconde sono soggettive e imprevedibili in quanto scelte dall'utilizzatore; dal controllo di queste traiettorie deriverebbe l'interazione (2004, p.54). Queste traiettorie appena descritte possono rappresentare le affordances presenti all'interno di una tecnologia RMI. La distinzione fatta da Benford & Giannacchi risulta molto utile nella comprensione delle caratteristiche determinate dal mapping, spiegandoci come questa impostazione possa cambiare il tipo di risposta soggettiva dell'utilizzatore all'interno di una tecnologia RMI, e dunque anche la percezione e l'esperienza. Questa risposta, quindi, è mediata dal mapping della tecnologia RMI, che permette all'utilizzatore determinate interazioni, decise in primis; per poi generare un feedback soggettivo per l'individuo.

Appare chiaro che, dipendendo dal mapping, il soggetto potrà generare risposte distinte attraverso le affordances molteplici presenti nella tecnologia RMI. In funzione della tipologia del mapping, sarà anche possibile adattare il movimento per l'applicazione terapeutica secondo le necessità e possibilità del cliente, ottenendo così tutte le variabili immaginabili e tutte le implicazioni possibili del soggetto. In particolare, queste implicazioni riguarderanno anche la sfera creativa, e l'aumento del controllo sulla tecnologia RMI stessa, concetto chiamato Empowerment Creativo.

7.3. Empowerment Creativo

Nella TCS (paragrafo 4.1.4) tra soggetto e ambiente l'interazione è regolata dalle leggi sensorimotorie. L'abilità di padroneggiare le Contingenze Sensorimotorie (CSM) in ogni singola modalità sensoriale deriva anche dalla conoscenza pratica (O'Regan, J.K & Noe, 2001): dunque la percezione corrisponde ai cambiamenti delle contingenze in rapporto al movimento del soggetto. In altre parole, la percezione è basata sulla consapevolezza del soggetto dei cambi corporei prodotti dalle proprie azioni, le quali permettono di modificare in quale modo vengono percepiti gli stimoli sensoriali. In questa dinamica, la pratica porterebbe ad un grado di controllo sull'oggetto. Infatti, la contingenza sensorimotoria, all'interno di una tecnologia RMI, avviene con la manipolazione e l'esplorazione dello spazio attraverso i movimenti del soggetto. Questo implica il raggiungimento di uno stato di controllo sulla tecnologia, di "flow"³⁴, che permetterà al soggetto di esprimersi autonomamente e pienamente da un punto di vista creativo. Affinché avvenga questo controllo, una seconda persona, in questo caso la figura del terapeuta, sarà presente per proporre ed aiutare nel processo esplorativo il cliente, secondo il mapping della tecnologia. Si parlerà in questo caso di Empowerment Creativo. Con questo termine, quindi, mi riferisco al pieno controllo raggiunto dal soggetto sulla tecnologia, un controllo che, una volta raggiunto, permette l'autoespressione creativa³⁵ del soggetto stesso. Pertanto, il soggetto durante l'EC riceve feedback piacevoli dall'ambiente e dal proprio corpo attraverso l'autocoscienza dei propri movimenti. Questo concetto è legato alla dimensione percettiva della propriocezione, come consapevolezza di sé, e dell'integrazione di più modalità sensoriali attraverso l'azione. L'EC permetterebbe al soggetto di raggiungere un autocontrollo sulle proprie azioni ed emozioni, per un miglioramento psicologico che si basa nelle componenti interpersonale, interpersonale e comportamentale (enunciate nel capitolo 6.1.). Secondo Ruggeri (1997), l'attività motoria è alla base della dinamica piacere-dispiacere, riferendosi in particolare al "piacere in quanto strettamente legato all'attività corporea" (p.68-69) (vedi capitolo 3.3 sulla

³⁴ Termine già citato nella seconda parte della tesi (Sound Beam). Questo stato si verifica quando nella tecnologia "[i]n order to remain engaging, consuming and flow-like, activities that involve musical instruments must offer continued challenges at appropriate levels of difficulty: not too difficult, and not too easy" (si veda Csikszentmihalyi, citato in Wilkie, Holland & Mulholland, 2010, p.6)

³⁵ Attraverso l'applicazione di tecnologie RMI come quelle descritte nella prima e seconda parte della tesi, che applicano cioè la componente musicale, compositiva o artistico-musicale.

propriocezione). Questo “feedback interno” di piacere, legato alla considerazione positiva del soggetto circa la propria performance, permetterà di creare le MS in accordo con le aspettative positive create durante l’interazione. Infatti, a seguito dell’esplorazione e della creazione delle Mappe Sensorimotorie, il soggetto è in grado di esprimersi liberamente con il movimento nello spazio.

Anche Benford & Giannachi sottolineano la caratteristica creativa nel raggiungimento del controllo, in particolare in tecnologie “command-and-control” (p.7) poiché facilitano la creatività e il gioco. Mentre Swingler (1998) e Ellis (2004) evidenziano le possibilità offerte da ambienti interattivi con bambini con DSA attraverso il concetto di risonanza estetica (aesthetic resonance), “to describe special moments experienced by individuals described as having profound and multiple learning difficulties, in which they achieve total control and expression in sound after a period of intense exploration, discovery and creation” (p.2); invece Brooks et Hasselblad (2004), si riferiscono alla risonanza estetica (aesthetic resonance) come “a situation where the response to an intent is so immediate and aesthetically pleasing as to make one forget the physical movement (and often effort) involved in the conveying of the intention” (p.205). L’EC si basa, infatti, anche sulla considerazione che il piacere dell’espressione creativa e della perfetta padronanza del medio, acquisita dal cliente, porti ad una relazione e un’interazione spontanea e piacevole con la tecnologia. Queste definizioni hanno in comune il raggiungimento di uno stato di controllo, che viene reso possibile, in musicoterapia, grazie anche alla mediazione del terapeuta.

È utile, infatti, rilevare, che nell’EC il musicoterapeuta interviene per adattare la RMI al proprio cliente, supportandolo, ma senza influenzarlo nel processo individuale di consapevolezza dei propri movimenti, di esplorazione, espressione, composizione e retro-alimentazione, nella creazione di Mappe Sensorimotorie, che possono avvenire all’interno della stessa. Come sostiene, DeNora (2000) “the improvisational work of a music therapist may be used to fill out and structure musical interactive sessions ...” (p.68), l’autrice, in particolare, si riferisce ai gesti musicali fatti dal cliente e dal ruolo del terapeuta nel rispondergli con gli stessi parametri, in modo da promuovere la sua sicurezza, permettendo, inoltre, al cliente di essere “in control of aesthetic environment” (p.70).

Come spiegato nel paragrafo 6.1 sulla filosofia dell'empowerment, questo processo risulta fondamentale per stimolare un cambio di attitudini, la consapevolezza e il controllo delle proprie capacità, nei soggetti più deboli a livello sociale. Il processo di empowerment psicologico, in particolare, è il più appropriato da considerare per il raggiungimento di quello che propongo sotto il nome di empowerment creativo. DeNora, parla approfonditamente dell'importanza della musica nell'influenzare anche il comportamento delle persone "... how they feel in terms of energy and emotion about themselves, about others, and about situations. In this respect, music may imply and, in some cases, elicit associated modes of conduct." (p.17) e dunque anche l'attitudine verso se stessi rendendoli più coscienti delle proprie emozioni ed energie. Nel processo terapeutico musicale è stimolata da parte del terapeuta, l'autoespressione del cliente, che può avvenire a livello comunicativo con il terapeuta, o di autoespressione emotiva individuale, indipendentemente dalla sua presenza. In questa prospettiva l'Empowerment Creativo è fondamentale per il controllo, l'autostima e l'espressione intrapersonale e interpersonale del cliente all'interno delle sessioni di musicoterapia. Come rilevato da Zimmerman (2000) a proposito della Empowerment Psicologico, "[t]he theory suggests that actions, activities, or structures may be empowering. ... The process is empowering if it helps people develop skills so they can become independent problem-solvers and decision-makers" (p. 45).

Applicando questi concetti ad una tecnologia multidisciplinare RMI nell'ambito della musicoterapia, l'Empowerment Creativo può avvenire nel processo terapeutico musicale del cliente e dipenderà quindi in parte dal terapeuta, che riveste un ruolo fondamentale (paragrafo 4.3) anche come mediatore dell'attività al soggetto. In musicoterapia un processo è composto, infatti, da diverse sessioni di lunghezza variabile, che hanno come obiettivo quello di migliorare la qualità di vita del cliente e la sua salute fisica e/o psichica. L'empowerment, dall'altro lato, "is a perspective and a philosophy supporting the idea that people are competent and have equal value and is a process connected to participatory activities and collaborations" (Rolvjord, 2004, in "The concept and the philosophy of empowerment"). Come spiegato da Rolvsjord (2004), la terapia e l'empowerment si basano entrambi sulle risorse del cliente per permettergli di raggiungere il potenziale necessario al proprio processo recuperativo. Questo implica il

riconoscimento delle proprie risorse e lo sviluppo del potenziale individuale, dell'apprendimento e della partecipazione dell'individuo. Come puntualizzato da Drier (citato in Rolvsjord, 2004, in "Mutual empowering relationship"), aiutare il cliente a raggiungere nel processo di auto-determinazione, può rappresentare in sé un fallimento in quanto il terapeuta può influenzare, paradossalmente, il processo del cliente. In altre parole, non si deve instaurare un rapporto gerarchico, in cui il cliente riceve dal terapeuta, ma piuttosto una mutua collaborazione tra terapeuta e cliente, che possa cioè permettere di sviluppare un'interdipendenza anziché una dipendenza, in modo tale da permettere un'interazione *empowering*, "[i]t may not be possible to empower the other, but it is possible to develop empowering interactions with them" (2004, in "mutually empowering relationships"). Infatti:

For the therapeutic relationship this would imply that the client's role in creating the relationship is recognized, and that the client is not only considered as a passive recipient of the beneficial relational qualities constructed by the therapist (Rolvsjord, 2004, in "Mutual empowering relationship").

La musicoterapeuta Rolvsjord, ci parla dell'empowerment psicologico e dell'importanza di questo all'interno della terapia musicale, riconoscendo diversi vantaggi che apporta alle sessioni, riferendosi in particolari a casi di demenza senile da lei trattati (2004). Alcuni di questi vantaggi riguardano la discussione circa la natura della terapia musicale e della salute che l'empowerment influenzerebbe nonché il riconoscimento dei diritti del cliente nella musicoterapia. Focalizzando la terapia con l'empowerment, si promuove lo sviluppo e la pratica orientata alle risorse individuali del cliente. Come ricorda DeNora (2000), la musica può essere utilizzata come risorsa continua, "constitution of themselves and their social psychological, physiological and emotional states" (p.47), come nel contesto sociale, autoregolatore e mezzo di memoria e identità. Ai fini del processo di empowerment, DeNora sottolinea le proprietà organizzative della musica, che rappresenta una risorsa nella vita quotidiana e un "potere" sociale dell'essere umano (p.150), con effetti profondi nella persona, "its temporal dimension, the fact that it's non-verbal, non depictive medium, and that it is a physical presence whose vibrations can be felt, all enhance its ability to work at a non-cognitive or subconscious level" (p.159).

In conclusione, nell'implementazione di una tecnologia musicale RMI, avviene una co-determinazione tra l'azione del soggetto (col suo repertorio di azioni) e il feedback dell'ambiente (con le sue affordances non stabilite aprioristicamente) che offre al soggetto delle sensazioni piacevoli di autocontrollo e consapevolezza del proprio corpo, attraverso l'autoespressione creativa.

7.4. Schema Concettuale

La maggioranza delle tecnologie RMI proposte in questa tesi sono basate principalmente sul movimento del soggetto, immerso nella tecnologia. pertanto la percezione e l'azione, sono due capisaldi alla base dello schema concettuale proposto in **Figura 46**. Il soggetto si trova al principio dello schema, giacché percepisce e interagisce. Come si può comprendere dai colori utilizzati, alcuni concetti sono biunivoci, dunque dipendono l'uno dall'altro (colore verde). È proprio il caso di percezione e azione, le cui parti rispettivamente segnalate con i colori azzurro e viola sono collegate, in particolare le modalità percettive del primo blocco (suono, immagine e propriocezione), sono collegate con le Mappe Sensorimotorie del secondo blocco. Con queste due sezioni, ho ritenuto necessario rappresentare la distinzione in due parti di tutti i concetti alla base di questo lavoro di ricerca. I contributi proposti in questa tesi, in particolare, sono stati compresi dentro a figure ovali con cornice rossa: Affordances Molteplici, Mappe Sensorimotorie, Empowerment Creativo. Con la cornice rossa rettangolare, invece, vengono segnalati i concetti adattati in questa ricerca e utili agli obiettivi della tesi: Presenza e interazione modale incrociata. Queste formano parte del prototipo e-mocomu applicato nell'esperimento (capitolo 9). Infine il mapping, alla base dello schema, assume un ruolo chiave assieme al concetto di Presenza, giacché alla base del design tecnologico-musicale.

Come si potrà comprendere, i punti affrontati sono diversi, molti dei quali in relazione tra di loro. Questo schema concettuale pertanto, rappresenta l'interazione del cliente e utilizzatore all'interno di una tecnologia RMI, che diviene una Realtà Mista Interattiva proprio grazie alla commistione e interdipendenza di questi elementi.

Osserviamo lo schema concettuale dei due blocchi principali: percezione e azione. Nel blocco della percezione, con il colore azzurro, abbiamo tre elementi che appaiono interdipendenti l'uno dall'altro:

1. Percezione
2. Suono, immagini, propiocezione
3. Interazione modale incrociata

Questi elementi dipendono dalla percezione del soggetto all'interno di una tecnologia interattiva RMI. Bisogna inoltre considerare che, affinché avvenga la percezione, è importante che vi sia anche azione. Infatti, la percezione, che in questo contesto riguarda il suono, l'immagine e la propiocezione, avviene attraverso le Contingenze Sensorimotorie (TCS, capitolo 4.1.4), ovvero la relazione tra cambi prodotti nell'informazione dell'ambiente e i movimenti prodotti dal proprio corpo. Dunque sussiste un'interdipendenza tra percezione e azione sperimentata dal soggetto durante l'interazione. Queste tre modalità percettive, date dall'interconnessione tra percezione e azione, confluiscono nell'interazione modale incrociata. La modalità incrociata, che integra le informazioni sensoriali di natura diversa (capitolo 5.1.), in questo caso le tre forme di percezione proposte al soggetto all'interno della tecnologia RMI. Questo avviene grazie al mapping e al concetto di Presenza (capitolo 4.1.1.).

Il secondo blocco è legato a livello biunivoco, in una specie di retroalimentazione al primo blocco attraverso la propiocezione e le MS. Infatti troviamo:

1. Mappe Sensorimotorie
2. Affordances Molteplici
3. Empowerment Creativo

Le MS come spiegato nel capitolo 7.2, sono determinate dall'esplorazione dell'ambiente-Presenza da parte del soggetto nell'interazione con la tecnologia RMI, dai cambi precepiti durante quest'esplorazione nell'ambiente, che dipendono conseguentemente anche dalla percezione, e infine dal mapping della tecnologia (**Figura 47**). In particolare, le MS dipendono dalla propiocezione in quanto avvengono attraverso il movimento del soggetto e le diverse

modalità percettive che si attivano (visuo-proprioceettive, sonoro-proprioceettive e proprioceettive). Inoltre, il soggetto crea le proprie MS grazie alla consapevolezza dei propri movimenti nell'ambiente/Presenza, dati per l'appunto dalla propriocezione (capitolo 3.2.) Pertanto, le MS sono legate alla propriocezione in quanto derivano dalle percezioni del soggetto e all'autocoscienza dei movimenti esploratori effettuati.

Le AM derivano dal mapping, dalla Presenza e dall'azione del soggetto. Come spiegato nel capitolo 7.1., sappiamo che queste non sono prestabilite aprioristicamente, ma dipendono dall'interazione del soggetto, che pertanto può cambiare il modo di interagire e utilizzarle. Appare chiaro dunque perché dipendano dall'azione: permettono la genesi di MS, durante l'azione esplorativa dell'utilizzatore all'interno della Presenza, e durante la percezione del soggetto nell'interazione con la Presenza-ambiente. Quindi le AM sono fondamentali in quanto determinano le MS e anche l'EC. Poiché il concetto di AM può rientrare anche nel blocco della percezione, ho rappresentato il carattere biunivoco di questo concetto collegato alle MS e quindi all'azione esploratoria nella Presenza (**Figura 48**, capitolo 8.1)

Nell'Empowerment Creativo confluiscono i concetti di MS e AM. Infatti, l'EC del soggetto durante l'interazione con una tecnologia RMI, permette la creazione delle MS una volta raggiunto il grado di controllo appropriato (flow), come descritto nel capitolo 8.2. Dunque, affinché avvenga l'EC devono sussistere MS, AM che dipendono non soltanto dalla modalità incrociata, ma anche e soprattutto dal mapping e dalla Presenza. In **Figura 46** si può quindi osservare il carattere di dipendenza biunivoca di EC con AM e MS.

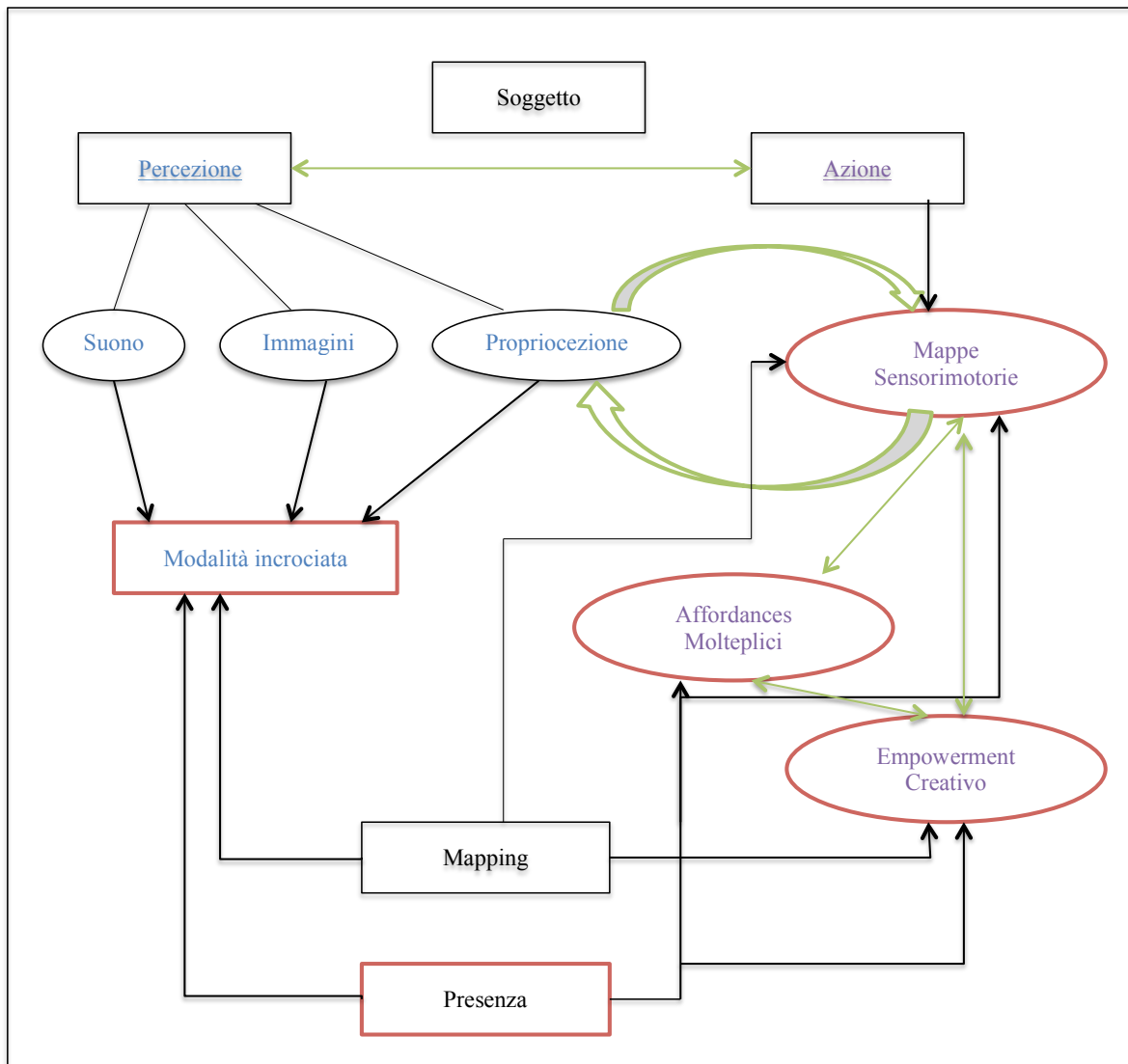
Un'ultima sezione è rappresentata da mapping e Presenza, collegate al soggetto. Infatti, in **Figura 46** si può osservare da un lato il soggetto, e dall'altro la Presenza e il mapping. Ciò sta a significare l'utilizzatore che interagisce con la tecnologia RMI, attraverso azione e percezione, e l'ambiente-Presenza e il mapping che ne stabiliscono le modalità.

Il mapping è un parametro fondamentale poiché, come descritto nel capitolo 2.2.3.2. permette di controllare la tecnologia RMI, veicolare l'espressività dell'utilizzatore attraverso i feedback impostati e permette l'analisi dei dati. Dal mapping dunque dipende la percezione, l'interazione intermodale, ovvero le tre modalità percettive affrontate in questo lavoro che

riguardano propriocezione, suono e immagini. Inoltre, dalla sezione dell'azione, dipendono le MS, procedenti dal blocco dell'azione, in particolare nascendo dall'esplorazione dell'ambiente, dalla percezione del soggetto in essa e, di conseguenza, dalle possibili AM che sono presenti (sempre attraverso mapping e Presenza).

Anche il concetto di Presenza, spiegato nel capitolo 4.1.1., permette l'azione e la percezione in entrambi i blocchi come nel caso del mapping. I due elementi costanti, sempre presenti sono proprio questi due. La Presenza, però, è strettamente legata e dipendente dal mapping, giacché rappresenta uno spazio-Presenza dinamico in continuo dialogo con il soggetto con il quale interagisce. Come descritto in precedenza, inoltre, il concetto di Presenza qui proposto, abbraccia e comprende la dimensione delle Affordances della Teoria della Percezione Visuale di Gibson, e anche delle AM (capitolo 7.2). Pertanto, dalla connessione della Presenza con le AM, possono svilupparsi le MS e l'EC (**Figura 48**). Infatti, attraverso la Presenza-ambiente il soggetto può sperimentare la propriocezione, la percezione di suoni e immagini, sperimentando l'interazione di queste modalità (modalità incrociata) e il feedback deciso dal mapping (da cui dipende). Pertanto consentirà al soggetto l'esperienza delle AM date dall'esplorazione, percezione e, permettendo così la costruzione delle proprie MS.

Figura 47. Schema concettuale



Nello schema concettuale, le cornici sferiche di colore rosso racchiudono i nomi dei contributi concettuali proposti nella quarta parte della tesi, le cornici rettangolari di colore rosso rappresentano concetti già esistenti, adattati secondo gli obiettivi e il carattere di questa tesi. Le scritte di colore blu rappresentano il blocco basato nella percezione, con il colore viola invece viene rappresentato il blocco dell'azione, con il colore nero i concetti alla base della tecnologia RMI, tra cui il soggetto stesso. Le frecce di colore verde rappresentano i concetti biunivoci tra cui avviene uno scambio continuo.

8. Proposta del modello RMI e-mocomu (e-motion, color and music)

Nel modello e-mocomu ivi proposto, il movimento dell'utilizzatore produce un determinato feedback audiovisuale, ovvero il soggetto produce colori e suoni con il suo movimento. E-mocomu è, quindi, una tecnologia che appartiene alla categoria di Realtà Mista Interattiva poiché si controlla attraverso il movimento ed ha una componente interdisciplinare, poiché abbraccia l'integrazione di tre modalità sensoriali: propriocezione, il suono e la visione.

In questo modello, convergono i concetti spiegati precedentemente circa l'interazione modale incrociata della dimensione audiovisuale e la Teoria delle Contingenze Sensorimotorie. Quest'ultima applicata in e-mocomu prevede che si produca una co-determinazione tra feedback percettivo e movimento, come conseguenza del cambio sensoriale prodotto dal movimento stesso del soggetto (bodiliness, capitolo 4.1.4.).

In questa proposta, dunque, la percezione propriocettiva, data dal movimento del corpo del soggetto, assume un ruolo fondamentale, che può essere riassunto in quattro fasi d'implicazione. Infatti, la propriocezione è essenziale per pianificare il movimento, regolarlo, percepirlo ed anche immagazzinarlo nella nostra memoria, e per poter riprodurre in un secondo momento gli stessi movimenti attraverso l'esperienza e le mappe sensorimotorie (capitolo 8.1).

Peñalba (2008), propone quattro stadi in cui il corpo interviene nell'interpretazione musicale, che sono: programmazione motoria, la produzione sonora, la relazione contingente tra percezione e azione e l'immagazzinamento. Nel modello proposto, descrivo stadi diversi, sebbene siano ispirati al modello di Peñalba (2008). In questa ricerca propongo il movimento del soggetto come chiave per l'improvvisazione e auto-espressione che avviene attraverso una tecnologia RMI .

Le fasi proposte sono:

1. *Esplorazione dell'ambiente.* Questa fase prevede un'esplorazione iniziale aleatoria del soggetto, per comprendere il tipo d'interazione esistente con la tecnologia. Questa si collega alla teoria delle Contingenze Sensorimotorie e permette di apprendere ed

- imparare dall'esperienza le leggi che governano il funzionamento della tecnologia RMI e-mocomu.
2. *Programmazione (e ri-programmazione) di mappe sensorimotorie.* Questa fase prevede la creazione di mappe sensorimotorie attraverso l'interazione con le Affordances Molteplici presenti in una tecnologia RMI e il successivo consolidamento di queste come conseguenza della pratica esploratoria (capitolo 8.1).
 3. *Memorizzazione.* Questa fase è connessa strettamente alla fase anteriore, poiché prevede la memorizzazione, da parte del soggetto, dell'esperienza conseguita all'interno di una tecnologia RMI utile per una nuova e futura interazione con la tecnologia. In particolare, riprendendo il concetto di Borghi (2007) di prototipo motorio (vedi capitolo 4.1.2.) di affordances predefinite che si attivano nell'osservare un oggetto. Le mappe sensorimotorie create nella fase anteriore, sono legate al concetto di prototipo motorio in quanto vengono memorizzate come predefinite per essere ri-proposte automaticamente nelle future interazioni con la stessa tecnologia.
 4. *Nuova programmazione.* Il soggetto incontrerà sempre nuove affordances, tornando al punto 2.

Dalle fasi appena descritte emerge la circolarità nelle fasi 2, 3 e 4, giacché emergeranno sempre nuove affordances attraverso l'esplorazione dell'ambiente da parte del soggetto

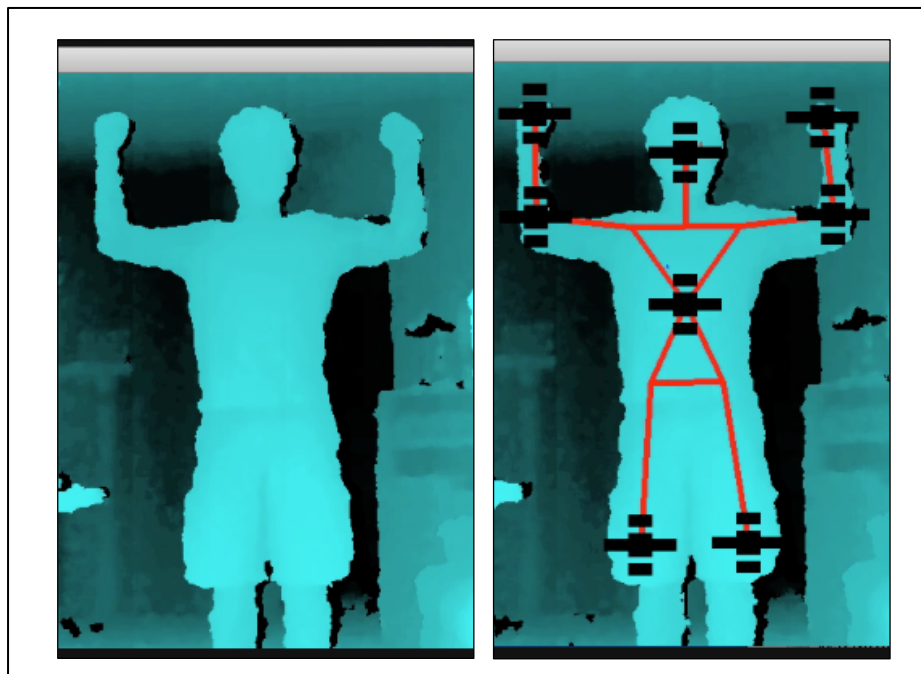
8.1 Tecnologia

Il prototipo e-mocomu è composto da diverse parti tecnologiche. Come già menzionato, la motivazione alla base della considerazione di questo disegno è l'osservazione dell'interazione che avviene tra soggetto e tecnologia in una prospettiva terapeutica e artistica. Ad oggi vi sono due programmi del prototipo di e-mocomu a scopo terapeutico e artistico, con due mapping spaziali diversi.

La tecnologia di cattura del movimento è composta da una Kinect di Microsoft, posta davanti all'osservatore, uno spazio di proiezione di fronte con la possibilità di proiezione anche nelle quattro pareti laterali attorno al soggetto. Si possono utilizzare due programmi disegnati a scopo e terapeutico-artistico e musicale-pedagogico. In questo primo livello di sviluppo del prototipo e-

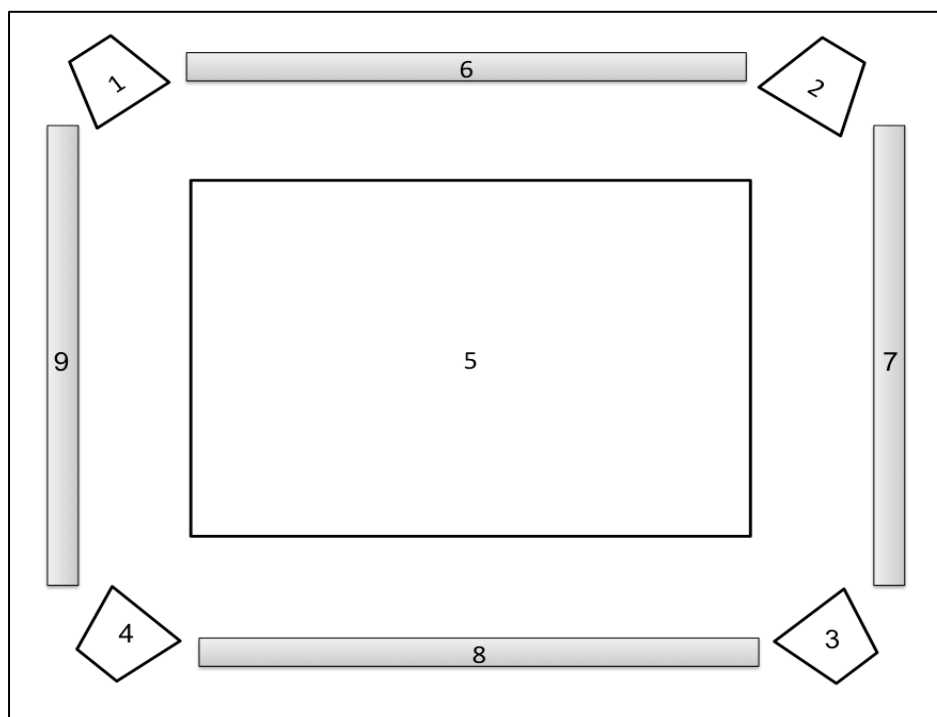
mocomu, si utilizza un computer per processare le informazioni ottenute dalla MOCAP kinect. Queste sono trasformate in dati attraverso un'applicazione chiamata *Synapse* (**Figura 48**), che permette così di mappare lo scheletro del/dei soggetto/i per poter trasformare i movimenti del soggetto in stimoli sonoro-visuali grazie al mapping disegnato in precedenza con il programma *Quartz Composer*. Allo stesso tempo, con una patch creata in *Pure Data* sarà possibile registrare alcuni dati del movimento del soggetto. *Synapse* e *Pure Data* sono tre programmi di libero accesso in internet, ad eccezione di *Quartz Composer* che è un programma di libero accesso solo per utenti di piattaforma Macintosh. Il sistema e-mocomu prevede quattro casse audio poste agli angoli dello spazio utilizzato, un video proiettore (o più video proiettori secondo necessità). In **Figura 49** viene presentato lo schema orizzontale del prototipo e-mocomu con le caratteristiche appena descritte.

Figura 48. Applicazione di Synapse per Mac



A sinistra, il soggetto in posizione davanti a kinect. A destra il corpo del soggetto viene riconosciuto e lo scheletro viene mappato in rosso attraverso il programma Synapse. Adattato da <http://synapsekinect.tumblr.com/post/6610177302/synapse>.

Figura 49. Piano orizzontale di e-mocomu



Piano orizzontale del prototipo e-mocomu: le casse (1-2-3-4) per l'elemento sonoro, al centro lo spazio performativo del soggetto (5), ai lati (6-7-8-9) le pareti dove si possono proiettare gli elementi visuali.

8.2 Mapping

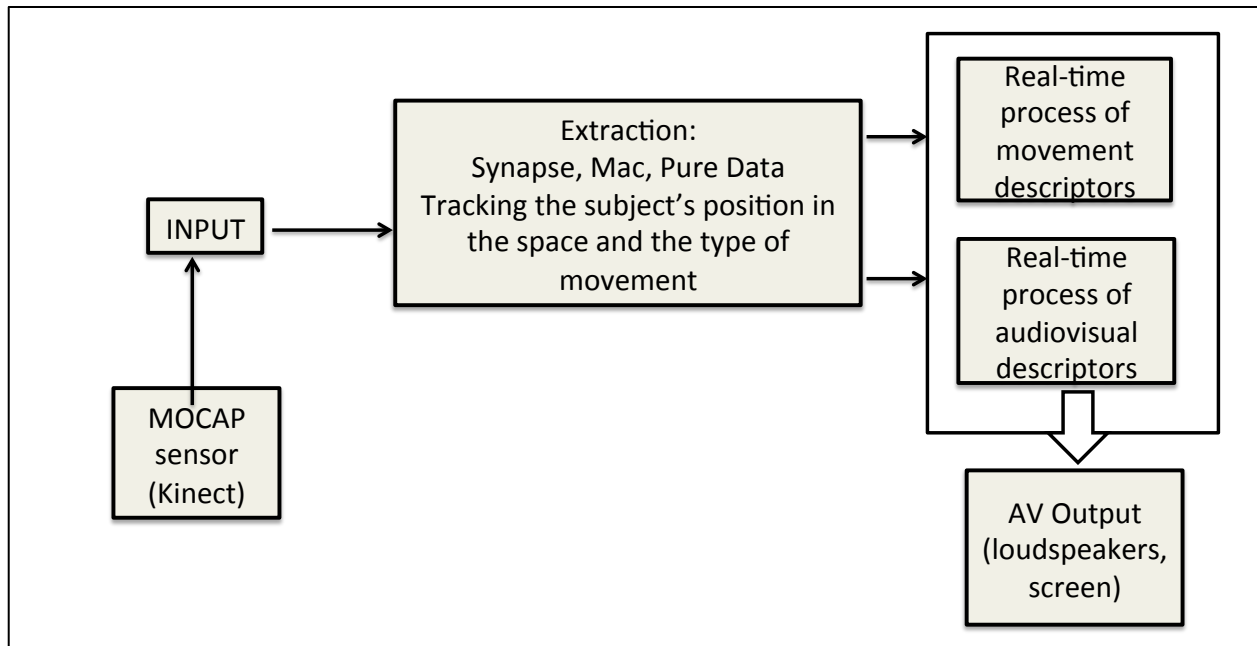
La scelta del mapping è un fattore determinante per l'espressività dello strumento (Wanderley & Depalle, 2004) e influenza la performance del soggetto nell'utilizzazione e manipolazione del design musicale. Il mapping di e-mocomu si divide in due livelli, uno di programmazione e interazione con il soggetto e uno di registrazione dei dati del soggetto in tempo reale. Poiché e-mocomu è un prototipo tecnologico, nella prima fase di elaborazione del design il mapping è di tipo semplice e convergente. In particolare, nel prototipo e-mocomu, i gesti espressivi del soggetto sono mappati secondo coordinate di punti nello spazio d'interazione. Le coordinate sono estratte in tempo reale dal movimento del soggetto e ogni gesto è collegato ad un parametro musicale e visuale.

In **Figura 50** viene presentato il mapping di e-mocomu, applicato anche nell'esperimento (capitolo 9.5) che è lo stesso utilizzato per il prototipo e-mocomu2. Il mapping è rappresentato dal sensore MOCAP Kinect per il riconoscimento del soggetto, l'input in ingresso composto dai dati inviati da Kinect, e dal blocco centrale composto da diversi moduli per l'estrazione delle informazioni. Si tratta di Synapse che riceve le informazioni da Kinect sulla posizione nello spazio del soggetto e il tipo di movimento che effettua con il corpo, il modulo di Pure Data che raccoglie i dati sulla tipologia del movimento secondo la formula basilica dell'accelerazione:

$$a = \Delta v / \Delta t$$

In cui l'accelerazione (a) è uguale alla variazione di velocità (Δv) / l'intervallo di tempo (Δt). Dall'accelerazione vengono raccolti anche i dati di velocità e dislocamento nello spazio.

Figura 50. Mapping di e-mocomu

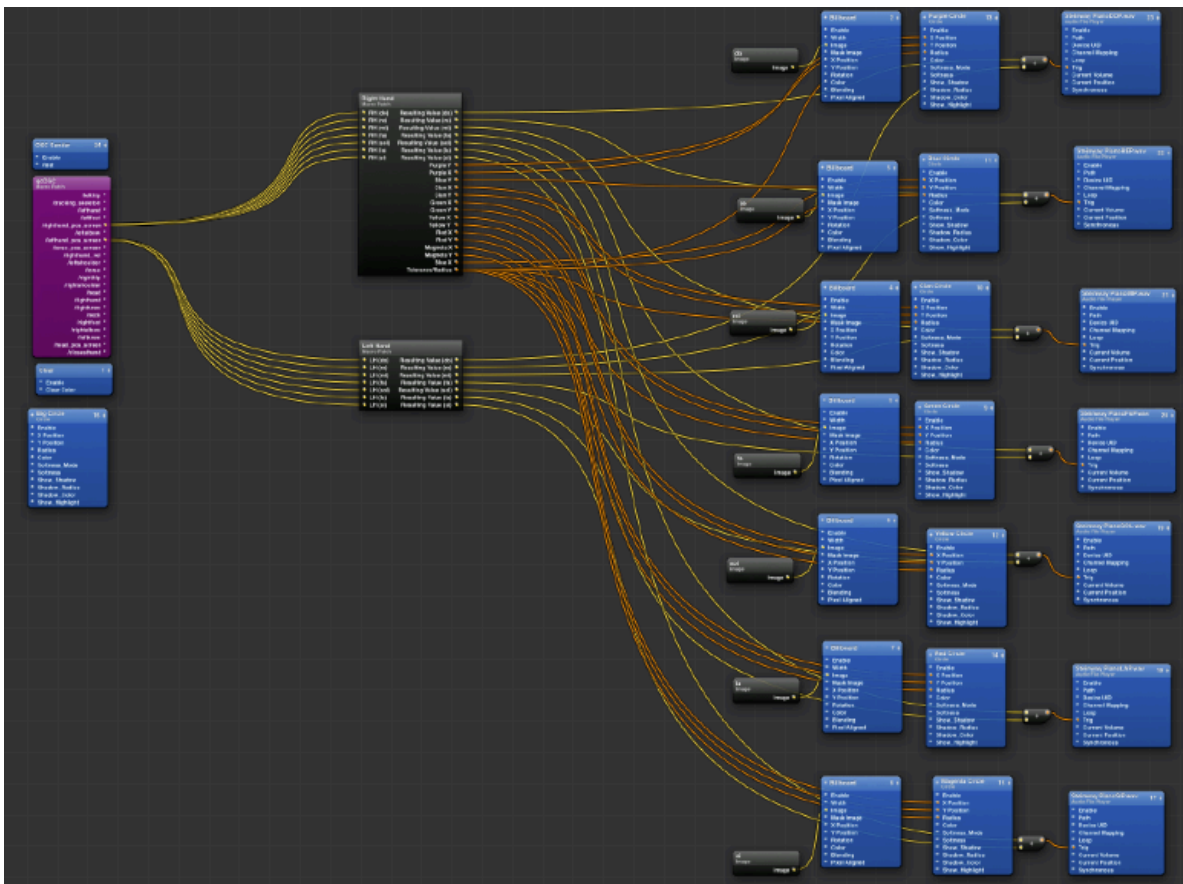


Mapping di e-mocomu composto dal sensore MOCAP per l'input, synapse, Pure Data e il computer per l'estrazione dei dati, il trattamento dei dati audiovisivi in tempo reale.

In e-mocomu1, il mapping è composto dalla programmazione nello spazio delle componenti visuali, sonore e spaziali x e y attraverso il software Quartz Composer. Sono state realizzate tre patch (una principale e due macro-patch) che permettono al software di collegare la MOCAP

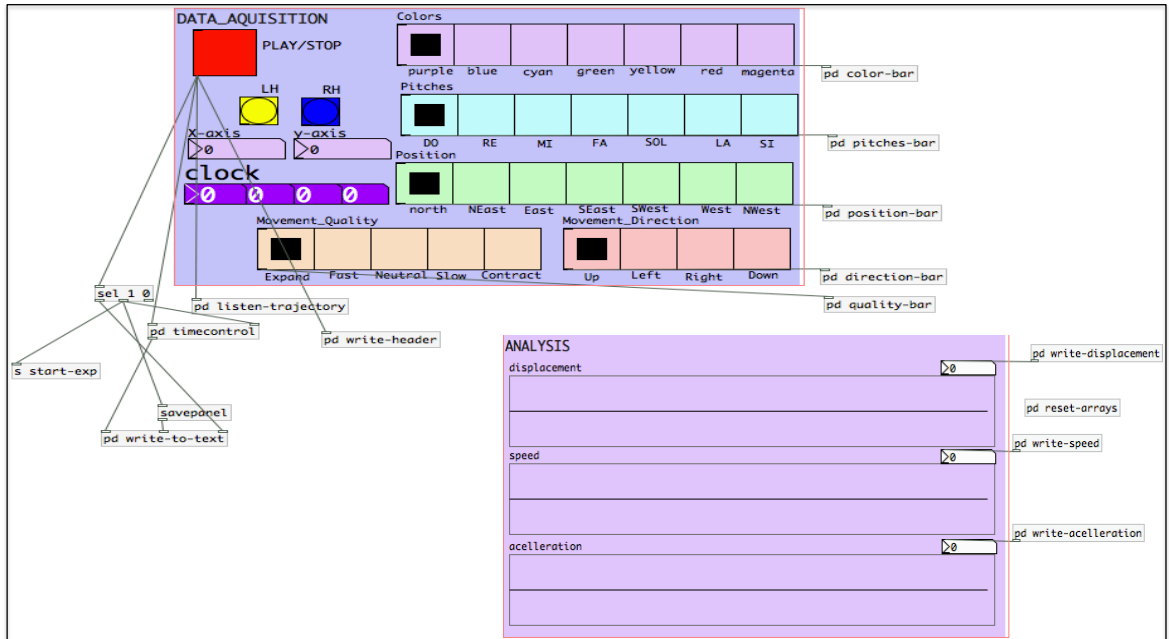
Kinect al computer. Una successiva patch è stata creata con il software Pure Data per poter raccogliere in tempo reale le informazioni l'accelerazione, la velocità e il movimento nello spazio (dislocamento) compiuto durante la performance dal soggetto. La **Figura 51** mostra pertanto la patch principale in cui sono presenti i diversi moduli utili per programmare il mapping: da sinistra si osserva un oscillatore (OSC) per gestire l'informazione e che permette collegare i dati alle parti del corpo scelte (in questo caso alle mani sinistra e destra), inoltre sono presenti i moduli che inviano l'informazione al programma Pure Data (Osc Sender). Infine si osservano i due moduli della mano sinistra e destra e i moduli con i suoni di piano Steinway ed i colori ad esse collegati.

Figura 51. Patch di e-mocomu



La patch di Figura 51 contiene delle macro-patch, in particolare riguardano il mapping della mano destra e sinistra, a cui sono collegati in modo più specifico i moduli del formato audio delle sette note della scala musicale di DO maggiore, e ai sette colori alla dimensione spaziale.

Figura 52. Patch di Pure Data



Le due patch di e-mocomu. La prima per un controllo manuale delle risposte e del movimento del soggetto, la seconda per registrare i dati del movimento del soggetto durante la fase finale: accelerazione, velocità e dislocamento.

Per programmare la distribuzione spaziale, sono state utilizzate le coordinate x , y negli assi cartesiani ed è stata utilizzato un modulo a sfera presente nella libreria di Quartz Composer. Grazie a questo modulo è stato possibile ricavare le sette posizioni spaziali delle sette sfere presenti virtualmente nello spazio e rappresentanti le note e i colori posti davanti al soggetto, in circolo, nello spazio. In **Figura 52** si vedono le due patch di Pure Data, sviluppate con il Prof. Jônatas Manzolli. La prima in alto è un supporto alla registrazione delle azioni dei partecipanti, poiché permette, manualmente, di raccogliere in tempo reale l'azione del soggetto. In particolare permette di indicare il colore/altezza del suono/posizione spaziale (nord, nord-est, est, sud-est, sud-ovest, ovest, nord-ovest), la qualità del movimento (esteso, veloce, neutro, lento, contratto) ispirate alla Laban Notation (capitolo 2.2.3.), la direzione delle mani del soggetto (alto, sinistra, destra, basso) e quale delle due mani sta utilizzando (verrà applicata alle fasi 3 e 4 dell'esperimento descritto più avanti). La patch in basso, invece, registra i dati riguardanti accelerazione, velocità e spostamento. Pertanto queste patch si attivano manualmente.

Le patch di e-mocomu2 sono composte sulla base del prototipo e-mocomu1, ma la distribuzione spaziale è diversa e più complessa. Queste patch presentano alcune differenze minime. Ad esempio, in una di queste il soggetto può creare immagini con entrambe le mani, in un'altra il colore e la forma cambiano continuamente secondo la densità del movimento. Infine, in quella proposta per il premio *Prometeo 2014* sono utilizzate entrambe le mani ed anche il dorso per il mapping. In quest'ultima versione, infatti, è possibile controllare il volume del suono attraverso il movimento del dorso del soggetto, inoltre, mentre con la mano destra si controlla e produce l'immagine, con la sinistra si decide il colore dell'immagine. **Figura 54** mostra alcuni fermo-immagine del prototipo e-mocomu2 durante la performance di una persona.

8.3 Design audiovisuale

Il design audiovisuale si riferisce al feedback audio-visuale che percepisce l'utilizzatore all'interno della tecnologia e-mocomu, muovendosi, e che deriva dal mapping. In questo capitolo ho preferito suddividere il mapping da design audio-visuale per rendere più chiaro al lettore che tipo di stimolazione audiovisuale il soggetto riceve all'interno di e-mocomu.

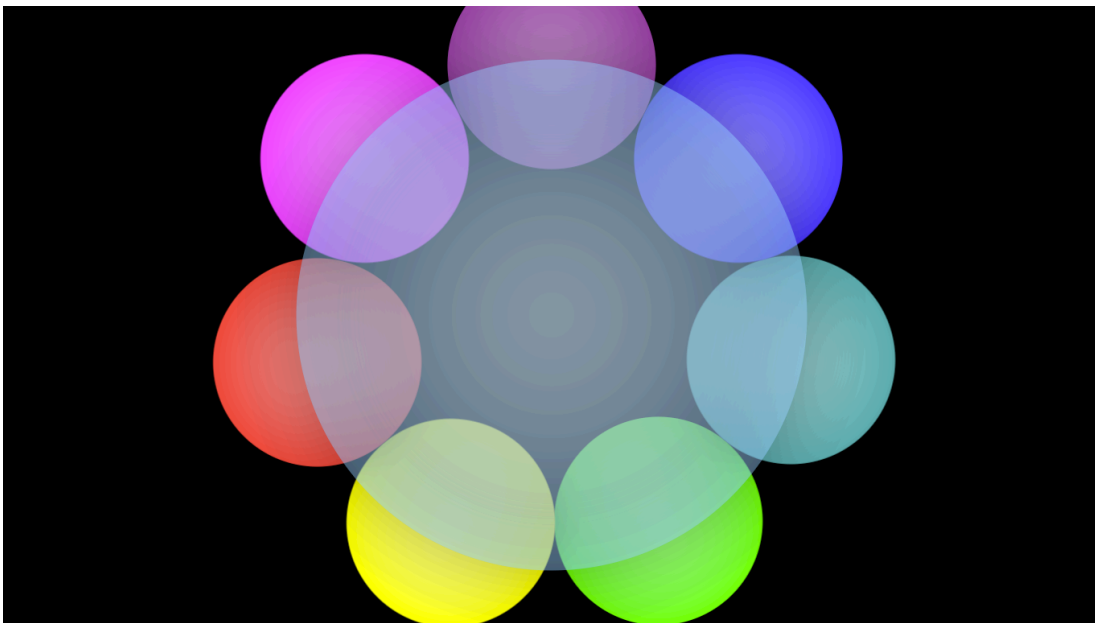
Nel capitolo precedente spiego che il prototipo e-mocomu ad oggi è composto da 2 versioni e ha un mapping di tipo semplice che permette al soggetto immerso nello spazio l'interazione con la tecnologia RMI. In particolare, infatti, il soggetto, attraverso il suo movimento, può produrre, in tempo reale, suoni e colori con forme.

Nel primo programma (e-mocomu1), il design musicale è stato applicato per un esperimento effettuato in Brasile all'Università Unicamp, che illustrerò nel paragrafo 8.5., e dunque veniva applicata la mappatura della sola mano destra, con le sfere audio-visuali più piccole (**Figura 56**) rispetto alla fase finale d'improvvisazione dell'esperimento, in cui il soggetto poteva utilizzare entrambe le mani per comporre.

L'immagine ci mostra un circolo in cui si trovano delle sfere con colori e note. I colori e le note riproducono l'associazione proposta da Veronesi (**Figura 42**) dell'ottava centrale di un pianoforte, descritta nel capitolo 5.4.2., e sono: viola, blu, ciano, verde, giallo, rosso e magenta. Questa associazione è stata scelta anche per la facilità di implementazione, perchè i colori vanno

gradualmente da più scuri a più chiari, assieme all'altezza delle note dell'ottava centrale, da DO a SI (il DO corrispondente al viola è il DO centrale), oltre che per le caratteristiche descritte nel capitolo di riferimento (5.4.2.). La scelta spaziale del circolo viene proposta utilizzando lo schema grafico orario del circolo delle quinte, considerato facile da memorizzare e già presente nella didattica musicale. Nonostante questo programma rappresenti un primo prototipo, il programma ideato inizialmente e che non è stato ancora sviluppato, offrirebbe all'utilizzatore la possibilità di scegliere *in primis*, con il movimento, la tonalità con cui interagire offrendo un gioco ludico ed espressivo per l'esercitazione e la memorizzazione delle tonalità nello spazio attraverso la componente audio-visuale.

Figura 53. E-mocomu1



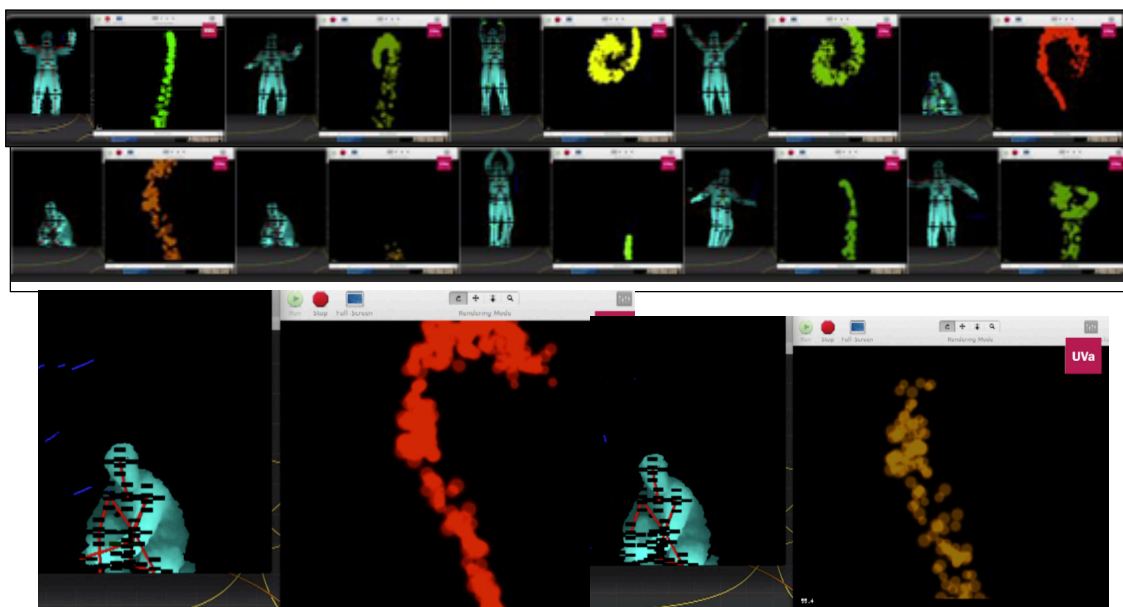
Struttura e disposizione spaziale dell'associazione colori-suoni nel primo prototipo e-mocomu, basato sulla teoria di Veronesi.

Il design musicale di e-mocomu2, è sostanzialmente differente ed è a scopo terapeutico e dunque il movimento risulta fondamentale e richiede un'interazione diversa. In particolare, con le mani si possono suonare le tre melodie presenti nello spazio e distribuite rispettivamente sopra alla testa, al lato sinistro e destro del soggetto, mentre con il busto è possibile abbassare il volume dell'audio fino a bloccarlo se il soggetto si accovaccia al suolo. La **Figura 54** mostra l'immagine

ripresa da Synapse di una persona controllando il volume del suono accucciandosi al suolo, mentre il colore e la forma prodotta dal suo movimento rimangono nello sfondo.

I colori, controllati con la mano destra, applicati nella nuova patch sono il verde, il rosso e il giallo, poiché cambiano di continuo, questi principali colori sfumano in arancione, verde chiaro. Abbiamo sviluppato un ulteriore patch in cui entrambe le mani vengono utilizzate per creare il feedback visuale, con colori tra cui il blu, viola, rosso, giallo e verde e due principali forme: il quadrato e il cerchio. In entrambe queste due patch, sono stati applicati 3 brevi pattern sonori (tre frasi melodiche, “assoli”, di massimo 10 note) che vengono riprodotti quando il soggetto raggiunge a livello spaziale le “zone” attribuite all’audio: sopra la testa del soggetto, all’altezza delle spalle e all’altezza delle coscie.

Figura 54. Fermo immagini di e-mocomu2



Le immagini mostrano alcune sequenze di un soggetto mentre interagisce con e-mocomu2, utilizzando le mani e il dorso per il feedback audiovisuale, e la posizione accucciata per spegnere il feedback

I colori, in questa patch, sono collegati alla velocità con cui il soggetto muove le mani e il dorso nello spazio. I colori sono sei: rosso, giallo, verde, blu, viola, arancione. Anche la forma varia a seconda della velocità del movimento delle mani e del dorso del soggetto: di base la forma geometrica è quadrata: quando l’utente è statico l’immagine scompare (**Figura 53**),

mentre quando è in movimento produce una pennellata continua composta da diverse particelle sferiche osservabili quando l'immagine decade lentamente a seconda del movimento lento-veloce del soggetto.

8.4 Propriocezione e movimento in e-mocomu

In e-mocomu, come nelle tecnologie Sound Beam, Motion Composer, ADA e Brain Opera, descritte nel capitolo 2, il soggetto utilizza i propriocettori dell'equilibrio e propriocettori motorii (fuso neuromuscolare e organo tendineo di Golgi) per l'interazione con l'ambiente. In particolare, nel prototipo e-mocomu1 il soggetto muove in circolo le mani per ottenere un feedback audiovisuale, mentre in e-mocomu2 il soggetto muove le braccia in alto, ai lati, in basso e si accuccia per controllare il suono.

Infatti, dopo *il movimento esploratorio* (capitolo 7.2.), in cui ai movimenti corrisponderanno stimoli audiovisuali, il soggetto cercherà di continuare la propria esplorazione per soddisfare una o tutte le seguenti azioni:

1. Osservare l'interazione esistente nell'associazione movimenti-feedback audiovisuali (fase esploratoria).
2. Osservare se quegli stessi movimenti producono un feedback audiovisuale uguale o se cambia; e se avviene un cambiamento, come avviene.
3. Osservare il feedback audiovisuale prodotto dai propri movimenti estetici, senza cercare una diretta interazione nella composizione di materiale nuovo dal punto di vista musicale (non audiovisuale o gestuale), con la tecnologia.

Bisogna tenere a mente, a questo punto, che e-mocomu è basato sull'associazione di tre dimensioni: movimento, colori e suoni, il soggetto può utilizzare una di queste tre dimensioni per iniziare l'esplorazione e continuare durante tutto il processo seguendo una percezione che egli considera "predominante" (suono, movimento o immagini). Nel primo caso il soggetto continuerà con il movimento esploratorio per cercare di classificare e immagazzinare l'esperienza (Peñalba, 2008, p.414). Nel secondo caso, invece, il soggetto, avendo già

soddisfatto una prima osservazione attraverso il movimento esploratorio e avendo già immagazzinato l'esperienza propriocettiva e delle contingenze sensorimotorie; cercherà l'associazione appresa dall'esplorazione (MS, MA) per una propria espressione creativa, utilizzando suono e feedback visuale. Nel terzo caso il soggetto cercherà un'interazione di tipo contingente, basata sull'espressione attraverso il movimento. L'espressione creativa, dunque, propria del movimento contingente descritto nel paragrafo 3.4, è data dalla corrispondenza tra movimento e feedback audiovisuale e appare di conseguenza negli ultimi due casi.

In conclusione, nell'espressione di una tecnologia RMI come e-mocomu, i movimenti del soggetto produrranno un feedback audiovisuale e avranno una risonanza emotiva soggettiva legata alla possibilità di controllo della tecnologia attraverso i movimenti espressivi. Questo controllo risulta "attivo" poiché l'Empowerment Creativo riguarda l'attivazione delle risorse individuali del cliente, attraverso l'espressione individuale del soggetto, che sarà supportata dal musicoterapeuta.

8.5 Esperimento

Come accennato in precedenza, il prototipo e-mocomu è stato programmato presso il laboratorio NICS all'Università Unicamp di Campinas in Brasile, dove è stato anche applicato per un esperimento. Di seguito, quindi, spiegherò la metodologia, le fasi e i risultati dell'esperimento portato a termine tra agosto 2012 e dicembre 2013. L'esperimento è stato disegnato al laboratorio NICS, con il supporto e la guida dei due direttori di questa ricerca.

8.5.1 Introduzione

La TCS, in questo esperimento, è stata considerata per proporre uno spazio multisensoriale in cui le dimensioni audiovisuali e propriocettive sono state stimulate. Le ipotesi alla base dell'esperimento riguardavano la memorizzazione dell'associazione suono-colore, del movimento e del colore in sé (considerando che due dei tre gruppi non avevano prelieve conoscenze musicali), per osservare l'efficacia del prototipo a livello terapeutico e creativo e per poter sviluppare un futuro prototipo adattato ai feedback ottenuti. Considerando che i sistemi MOCAP permettono l'interazione fisica e l'espressione emotiva diretta (Kontogeorgakopoulos, Wechsler & Keay-Bright, 2013), si è osservato se il processo espressivo-creativo poteva fornire dati sulla situazione

emotiva del partecipante, attraverso i questionari proposti e le registrazioni video, e se sussisteva un collegamento tra valence, arousal e la tipologia di movimenti applicati nella fase d'improvvisazione creativa. I risultati indicano che i livelli di *valence* e *arousal* sono collegati ai movimenti del soggetto e permetterebbero di disegnare grafici di valutazioni generali del processo emotivo dei partecipanti

8.5.2 Motivazioni

Come spiegato nei capitoli precedenti, il panorama artistico del passato è ricco di personalità con cromostesia, una condizione che collega due modalità sensoriali e che stimola il processo di memorizzazione di suoni e colori. In particolare, diversi studi attestano l'importanza dello stimolo audiovisuale nel processo terapeutico (Zanolla et al., 2010; Camurri et al., 2003; Brooks & Hasselblad, 2004). In questo esperimento la musica è stata applicata in un ambiente multisensoriale per cercare evidenze dell'espressione emozionale del soggetto. Presi in considerazione studi previ con tecnologie multisensoriali per la riabilitazione motoria e l'apprendimento musicale (Camurri et al., 2010; Castellano et al., 2007), abbiamo cercato di investigare le potenzialità che un mezzo tecnologico intermodale offrirebbe all'interno del processo terapeutico, prospettando un miglioramento dal punto di vista emotivo attraverso la regolazione e l'autoespressione creativa dei soggetti. Ciò è possibile attraverso l'osservazione dell'EC, che emerge attraverso i concetti già descritti di MA e MS. Uno degli scopi di questo primo esperimento, riguardava anche la possibilità di sviluppare nel futuro un software più complesso a scopo terapeutico e pedagogico.

Quando ascoltiamo un suono, immaginiamo l'azione che sta accadendo e siamo in grado di stimolare immagini visuali ed emotive (Juslin & Västfjäll, 2008; Larson, 1995). La musica, infatti, viene applicata per stimolare immagini visuali nella musicoterapia GIM di immagini guidate attraverso la musica, per ottenere benefici fisiologici (Bonny & Savary, 1973). Come dimostrato da Shams, Kamitani & Kimojo (2000), la percezione visuale può essere manipolata da altre modalità sensoriali. Quando ascoltiamo un suono che solitamente attribuiamo a un'azione, nel nostro cervello avviene un'attivazione neuronale simile a quella che avviene nell'azione (Gallese, 2005). Considerando, inoltre, che la funzione primaria del sistema dei

neuroni specchio (e canonici) è di apprendere attraverso l'imitazione, nell'esperimento ci siamo basati quindi sull'apprendimento: implicito e esplicito³⁶ (Valjamae et al., 2009) attraverso il training ripetuto, per stimolare l'apprendimento motorio (Holden, 2005). Infatti, la prima parte dell'esperimento riguarda un training attraverso imitazione esplicita (ai soggetti viene suggerito il movimento da effettuare con la mano destra attorno al proprio corpo) e implicito (riproduzione), che spiegherò a breve.

Considerando queste affermazioni, gli obiettivi generali sono stati:

- Osservare se avviene un cambio nei valori di valence e arousal dopo aver utilizzato una tecnologia RMI .
- Osservare, se presente, una modalità percettiva predominante che aiuta i soggetti a memorizzare le posizioni spaziali delle sfere audiovisuali (se il movimento facilita l'associazione suono-colore o, viceversa, se quest'associazione facilita il movimento spaziale, o se il colore, trattandosi di partecipanti senza nozioni musicali, ne facilita la memorizzazione).
- Osservare l'EC del soggetto attraverso i dati del movimento raccolti con Pure Data.
- Osservare i processi emozionali dei partecipanti attraverso i movimenti eseguiti nella fase di libera improvvisazione creativa, assieme all'osservazione dei video.

Per fare ciò, ho effettuato due tipi valutazioni e analisi del movimento: mentre la prima è soggettiva poiché legata all'opinione dell'osservatore, la seconda, al contrario, implica la tecnologia come mezzo di osservazione:

³⁶ Mentre l'apprendimento esplicito riguarda l'istruzione del soggetto, lo sviluppo di informazioni e conoscenze, quello implicito o procedurale si riferisce all'esperienza, poiché è involontario e non cosciente.

- **Analisi qualitativa**

- a) Analisi visuale, ovvero l'osservazione diretta come mezzo per la comprensione di possibili cambi del movimento rispetto alla normalità.
- b) Analisi di materiale videoregistrato.

- **Analisi quantitativa**

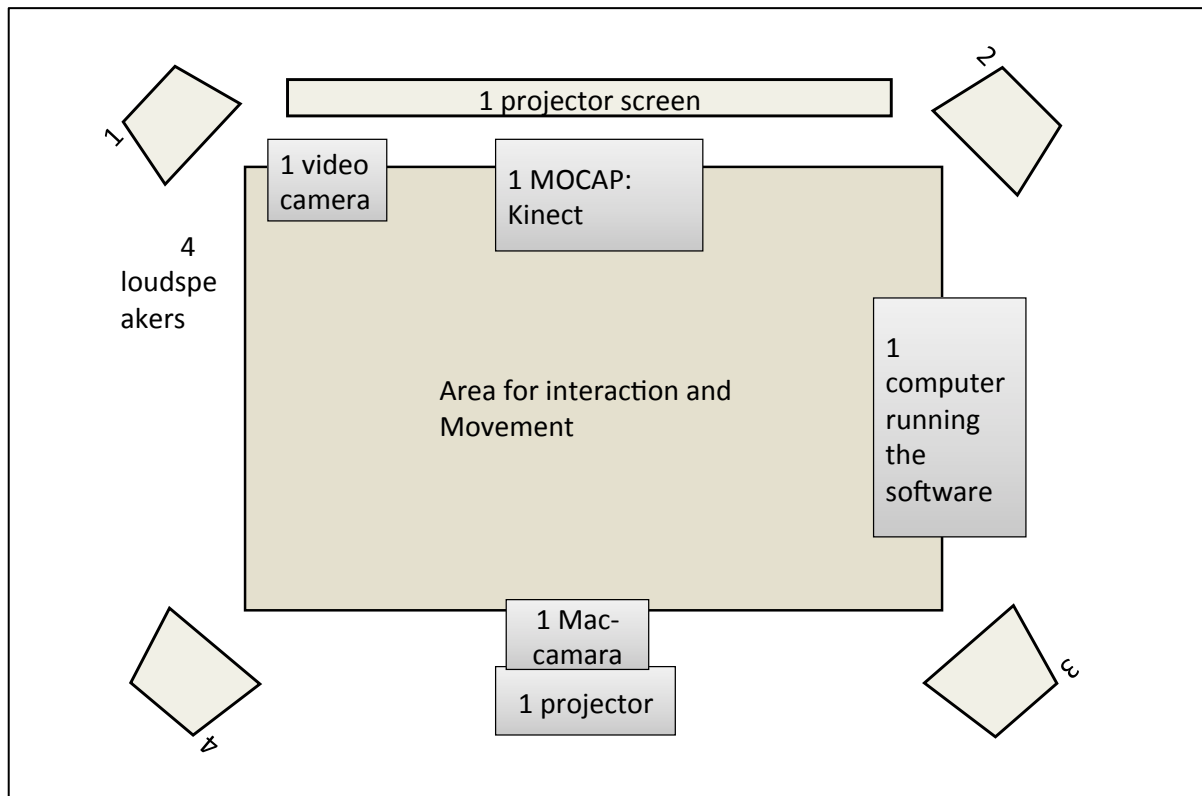
- a) Analisi attraverso strumentazioni.

8.5.3 Architettura dell'esperimento

In questo esperimento, abbiamo proposto un test a esperimento concluso, basato su stimoli audio-visuali collegati al movimento, in quanto regolatori della valenza emotiva, e utilizzato i questionari di Lang su valence e arousal (Lang, 1989) prima e dopo l'esperimento.

Il mapping applicato nell'esperimento è lo stesso di quello presentato nella **Figura 50**, mentre la **Figura 55** mostra l'architettura della sala in cui e ha avuto luogo l'esperimento. Nella fase esploratoria, il soggetto poteva osservare il design audio-visuale della **Figura 56** ma senza visualizzare il nome delle note, al contrario, durante le altre fasi dell'esperimento alcune delle sfere audio-visuali a sconda degli esercizi. Per l'esperimento, data l'indagine che s'intendeva portare a termine, il design musicale proposto differiva leggermente rispetto all'originale (**Figura 53**). Infatti, il diametro delle sfere audio-visuali era più piccolo, per sottoporre il partecipante alla ricerca anche spaziale. È stato applicato lo schema di corrispondenza di Veronesi (capitolo 5.4.2.) tra suono e colore in relazione alle loro caratteristiche fisiche e proporzioni matematiche.

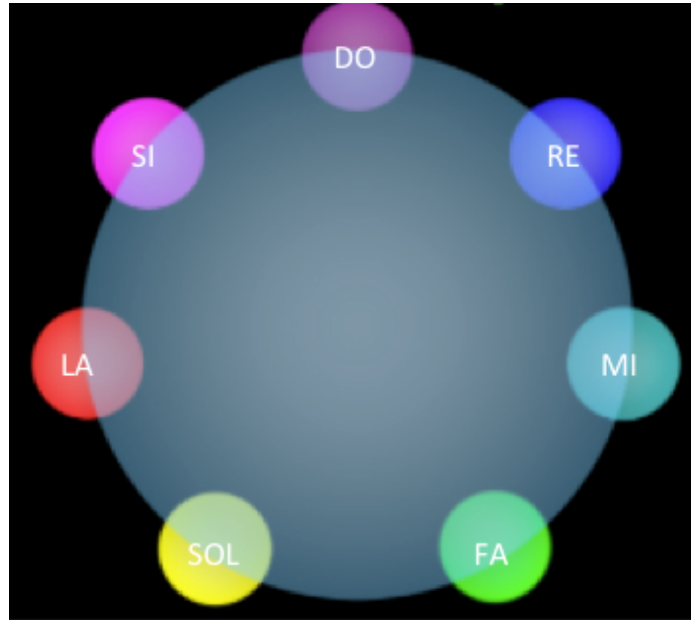
Figura 55. Sala dell'esperimento



Composta da 4 casse, due videocamere, un video-proiettore, un'area centrale per l'interazione del soggetto e un computer per visualizzare correttamente le diverse fasi dell'esperimento

Il soggetto si muoveva in una stanza buia, e davanti a lui/lei c'era uno schermo e un videoproiettore per la parte visuale. Kinect era posizionata sotto lo schermo per tracciare il corpo. In particolare, all'inizio di ogni test era necessario sincronizzare ogni soggetto con l'applicazione Synapse, in modo da recuperare i dati di accelerazione, velocità e spostamento.

Figura 56. Design audiovisuale di emocomu1 proposto nell'esperimento



Struttura e disposizione spaziale dell'associazione colori-suoni proposta nell'esperimento. Il diametro delle sfere audio-visuali è stato diminuito per implicare uno sforzo nella ricerca spaziale.

I partecipanti provenivano dall'università Unicamp, in Brasile, e sono stati divisi in tre gruppi di persone tra 20 e 35 anni. Il primo Gruppo Neutro (GN) composto, cioè, da 5 persone senza influenze nell'ambito musicale o pittorico-artistico, il secondo Gruppo di Musicisti (GM) con influenze nel campo musicale, ed il terzo di artisti (GA) con influenze nel campo del design artistico. In totale erano 16 soggetti di cui 9 donne e 7 uomini. Durante il test un ricercatore è rimasto presente nell'aula, seduto ad un lato della sala per supervisionare la corretta performance della tecnologia e il corretto svolgimento dell'esperimento (**Foto 57**). Questa scelta, obbligata, di essere presente durante l'esperimento, potrebbe aver interferito nella performance dei soggetti.

Figura 57. Foto dell'esperimento



Da sinistra: un partecipante musicista all'esperimento in attesa di iniziare la fase 1, postazione con il computer da cui veniva eseguito l'esperimento e schermo frontale.

8.5.4 Procedura

Ad ogni partecipante veniva richiesto di muovere le mani davanti a Kinect, posizionandosi al centro della sala. Dietro alla persona c'era un proiettore collegato al Macintosh utilizzato per far funzionare correttamente l'esperimento e le varie fasi, oltre a videoregistrare lo stesso. Kinect di Microsoft era posta davanti al soggetto e sotto allo schermo che ricopriva l'intera parete frontale. Durante l'esperimento, il soggetto poteva interagire con la mano destra nelle diverse fasi, mentre con entrambe le mani nella sessione d'improvvisazione finale. È stata utilizzata una videocamera per registrare i movimenti dell'utilizzatore in una posizione diagonale a 90 gradi, oltre al computer Macintosh è stato impiegato per registrare la posizione posteriore ed avere così una diversa prospettiva del corpo del soggetto

Una volta entrati nell'aula, all'interno del prototipo e-mocomu, i partecipanti erano liberi di esplorare, per dieci secondi, la struttura del prototipo con la mano destra, prima di iniziare l'esperimento. In questa sezione, quindi, i partecipanti avevano l'opportunità di osservare

perfettamente la struttura del prototipo, memorizzando eventualmente la posizione delle sfere colorate associate alle note. In questa prima patch una sfera arancione rappresentava la mano destra dell'utilizzatore: il partecipante poteva osservare lo schema di **Figura 53** con in più una sfera arancione che lo aiutava a raggiungere le sfere audio-visuale per ottenere il feedback sonoro. In questa prima fase introduttoria, ogni partecipante aveva la possibilità di raggiungere ogni posizione nello spazio senza fare errori. Le fasi proposte erano sei:

- Fase 0: breve esplorazione di dieci secondi dell'architettura di e-mocomu1.
- Fase 1: training, di circa un minuto, con un video.
- Fase 2: al partecipante veniva richiesto di ripetere l'esercizio appena osservato con la mano destra in particolare riproducendo: o lo stimolo sonoro, o quello visuale o spaziale.
- Fase 3: ripetizione training della Fase 1, con video diverso.
- Fase 4: ripetizione della Fase 2, con lo stesso test.
- Fase 5: Improvvisazione musicale.

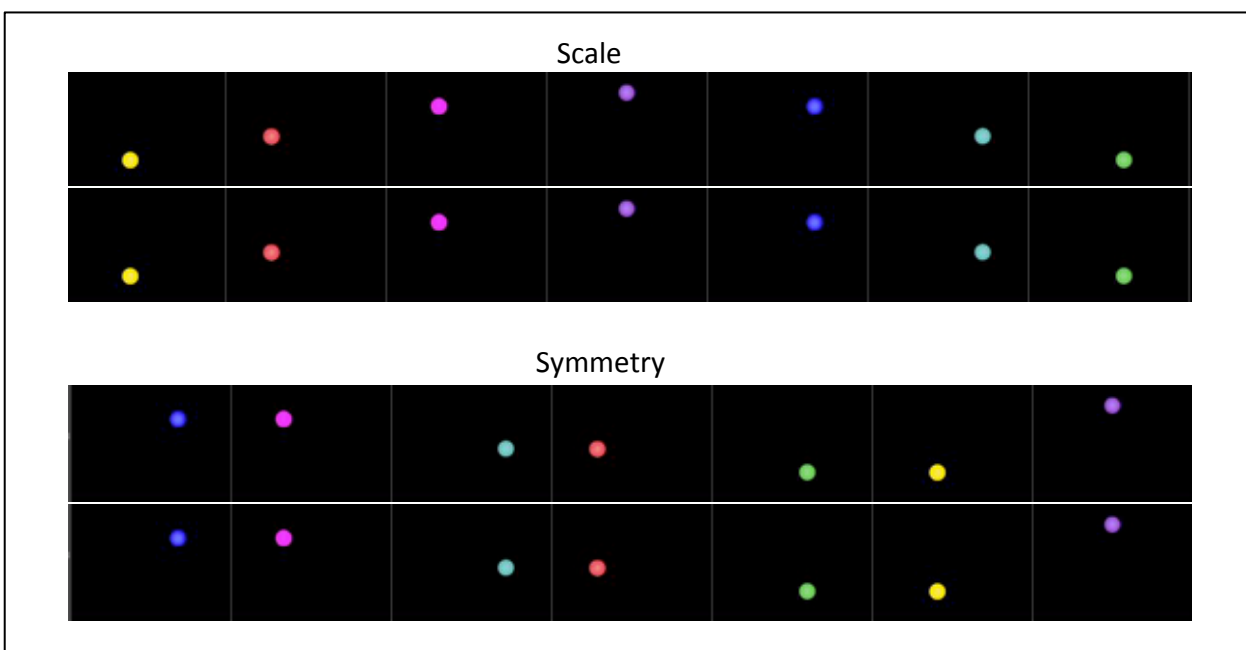
Dopo la prima fase esplorativa, iniziava la fase di domande dell'esperimento, composta da due video di un minuto ciascuno (fase 1 e fase 3) proiettati nello schermo davanti al soggetto, seguiti da due test di fase 2 e 4. La fase 1 e fase 3 rappresentavano un training attraverso imitazione, in cui il partecipante doveva seguire, con la mano destra, la sfera colorata e con la nota musicale associata, osservandola nello schermo frontale. La parte di training, era composta da cinque diversi tipi di esercizi composti precedentemente. A ciascun partecipante venivano proposti solo due dei cinque. I cinque tipi di esercizi erano:

1. *Symmetry*, che sollecitava la contingenza sensorimotoria visuale, e in cui le sfere audio-visuali venivano proiettate secondo un ordine simmetrico sullo schermo. Propone un grado di difficoltà medio.
2. *Melody*, che sollecitava la contingenza sensorimotoria sonora, in cui le sfere audio-visuali visualizzate seguivano un ordine melodico. Propone un grado di difficoltà medio.
3. *Repetition*, in cui le sfere audio-visuali venivano riproposte in ripetizione due volte ciascuna. Propone un basso grado di difficoltà.

4. *Scale*, in cui le sfere audio-visuali venivano visualizzate secondo la scala di DO maggiore. Propone un basso grado di difficoltà.
5. *Chaos*, in cui non si seguiva nessun ordine simmetrico visuale, melodico, o graduale e le sfere erano visualizzate in forma aleatoria. Propone un alto grado di difficoltà.

Figura 58 mostra un esempio di due video proposti in questa fase.

Figura 58. Due delle fasi proposte nell'esperimento



Le due fasi Scale e Symmetry proposte nell'esperimento; ogni fase veniva ripetuta una volta. Le sfere audio-visuali venivano precedute da una schermata nera senza immagini.

Nel test che seguiva subito dopo la proiezione dei due video (fase 2 e fase 4), al partecipante veniva richiesta una delle tre cose: riprodurre con la mano destra la posizione della sfera audio-visuale secondo il colore che veniva proiettato su tutto lo schermo e il suono che veniva diffuso dalle casse, o cantare il nome o l'altezza delle note rappresentate da sfere colorate che venivano visualizzate di fronte, oppure, infine, dire il colore delle sfere il cui suono veniva diffuso dalle casse. Al partecipante veniva chiesto di ripetere l'esercizio appena effettuato senza l'ausilio della sfera audio-visuale. In questo caso, quindi, il soggetto doveva ricordare l'esercizio, basandosi su di una delle contingenze sensorimotorie appena impiegate. Nella fattispecie, gli veniva richiesto

di ricordare: l'esatta posizione, muovendo la mano destra, dello stimolo audio-visuale che veniva proiettato su tutto lo schermo, di pronunciare il nome del colore la cui nota associata veniva diffusa dagli altoparlanti, oppure di cantare nome o altezza della nota delle sfere colorate che venivano proiettate sullo schermo. Complessivamente, l'esperimento durava circa dieci minuti, mentre la fase finale d'improvvisazione era libera. Nella fase 1 e 3 non venivano riproposti sempre gli stessi cinque video, allo stesso modo nelle fasi 2 e 4 gli esercizi potevano differire. La **Tabella 59** mostra quali video di esercizi delle fasi 1 e 3, e il numero delle volte, che sono stati proposti ai tre gruppi.

Tabella 59. Esercizi proposti ad ogni gruppo

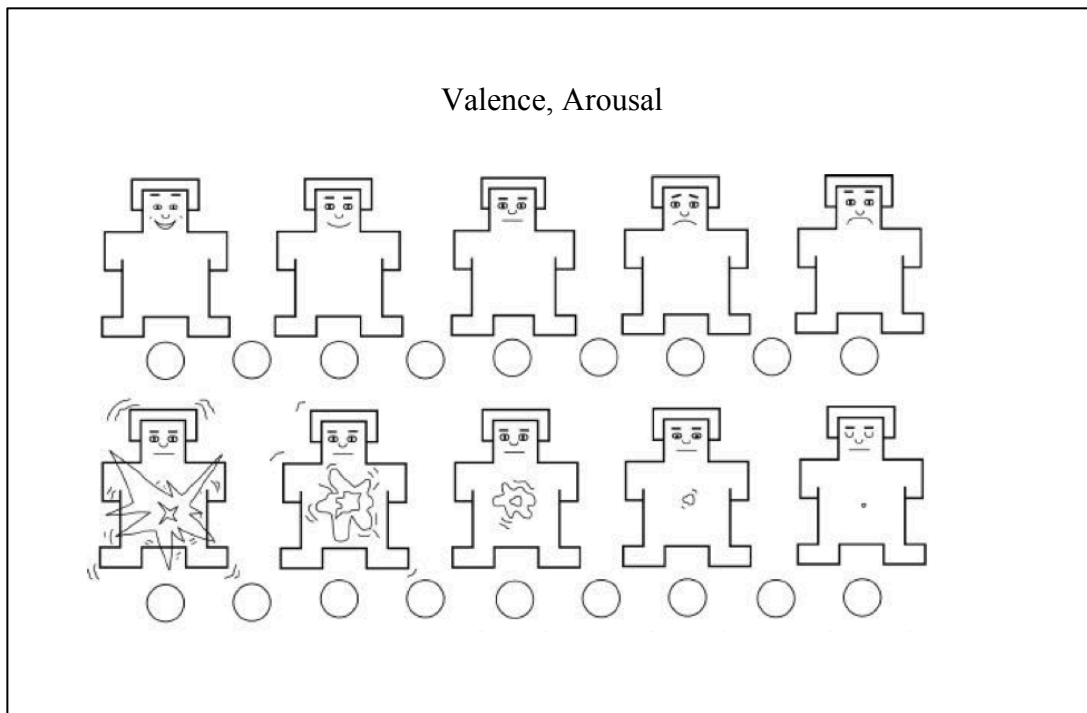
Training Description	Control Group	Music Group	Art Group	Total
Symmetry	5	2	2	9
Melody	2	2	-	4
Repetition	2	2	1	5
Scale	5	-	1	6
Chaos	-	8	-	8

Elenco del numero delle volte in cui sono state proposte ai partecipanti dei tre gruppi le cinque con degli esercizi video.

8.5.5 Analisi

Prima e dopo aver completato l'esperimento, ogni partecipante era richiesto di classificare il grado di valence e arousal con i questionari dei Manichini di Lang (Self-Assessment Manikin, **Figura 60**) (Lang, 1989).

Figura 60. Self-Assessment Manikin di Lang



Il test proposto da Lang, chiamato SAM (Self-Assessment Manikin) prevede, originariamente, 3 batterie di autovalutazione che sono rispettivamente: valence (pleasure), arousal e dominance. Nell'esperimento sono state utilizzate solo le prime due.

Come suggerito da Morris, "all emotions can be accurately described in terms of three independent and bipolar dimensions: pleasure-displeasure, degree of arousal, and dominance-submissiveness" (1995, in "An efficient Cross-Cultural Measurement Of Emotional Response). I tre valori applicati nel test SAM di Lang (1985) sono anche chiamati PAD e sono utilizzati per sostituire una misurazione verbale o non verbale basate sulle fotografie umane, come ad esempio la serie di immagini di Ekman o VAS (Visual Analog Scales) (Bouhuys, Bloem & Groothuis, 1995). Come riporta Morris, i soggetti possono teoricamente compilare la classificazione in massimo 15 secondi; inoltre grazie alle sue caratteristiche è possibile utilizzarlo in diversi paesi e culture (1995, in "The Self-Assessment Manikin").

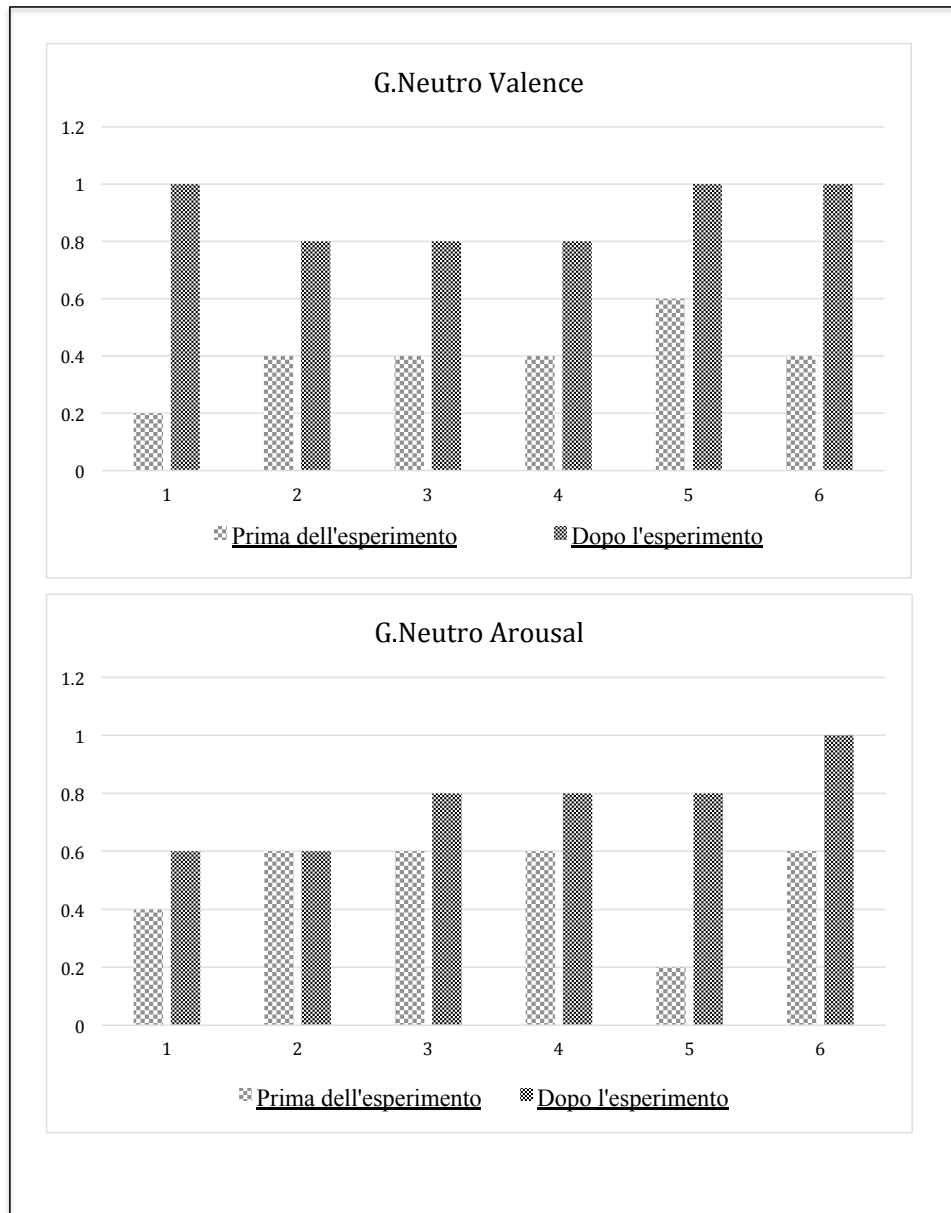
Abbiamo deciso di considerare solo i parametri di valence (pleasure) e arousal senza proporre il parametro *dominance* presente in origine nei questionari, poiché non ritenuto pertinente per l'esperimento, al contrario gli altri due valori servivano per l'elaborazione di un grafico. Al suo posto è stata inserita una domanda aperta sul livello di soddisfazione dell'esperienza appena conclusa. Inoltre, sono stati raccolti dati sul movimento dei partecipanti con Pure Data, come descritto anteriormente. Il parametro dell'accelerazione, in particolare, è stato considerato come uno dei principali per capire l'intenzione dell'utilizzatore: lo spostamento e la velocità erano calcolati matematicamente in base all'accelerazione, in tempo reale. I dati sull'apprendimento effettivo (AE) sono stati raccolti con questionari in cui veniva ripresentato il circolo composto da sfere e veniva richiesto di scrivere all'interno di ogni figura la nota e il colore, scelto all'interno dei sette elencati per ogni categoria. Le fasi 1 e 3 servivano da training per offrire al soggetto di ricreare le mappe sensomotorie utili per rispondere al questionario AE.

L'analisi qualitativa dei video, ha fornito informazioni supplementari sulla misurazione di Empowerment Creativo dell'utilizzatore: EC è stata ottenuta anche attraverso la durata della sessione libera d'improvvisazione finale (tramite i video e i dati ottenuti con PD), oltre che venire raccolta attraverso questionari conclusivi in cui veniva richiesto un parere qualitativo soggettivo sull'esperienza compiuta. L'improvvisazione finale è servita come dato importante per mostrare il comportamento dell'utilizzatore con la tecnologia, e misurare il suo livello di controllo oltre che d'implicazione, l'EC e per osservare se questa fase influiva nel risultato dei questionari.

8.5.6. Risultati

Abbiamo osservato un incremento del livello di arousal e valence attraverso il questionario di Lang e i dati ottenuti con PD. In particolare, il livello di valence mostra un cambio significativo, prima e dopo l'esperimento, suggerendo la possibilità di osservare il processo emozionale del soggetto; mentre il livello di arousal cambia in modo minore. In **Figura 61** si osservano due grafici del Gruppo Neutro prima e dopo l'esperimento dove si può osservare, per l'appunto, questo cambio, in particolare l'aumento di valence e la stabilizzazione di arousal.

Figura 61. Valence e arousal prima e dopo l'esperimento



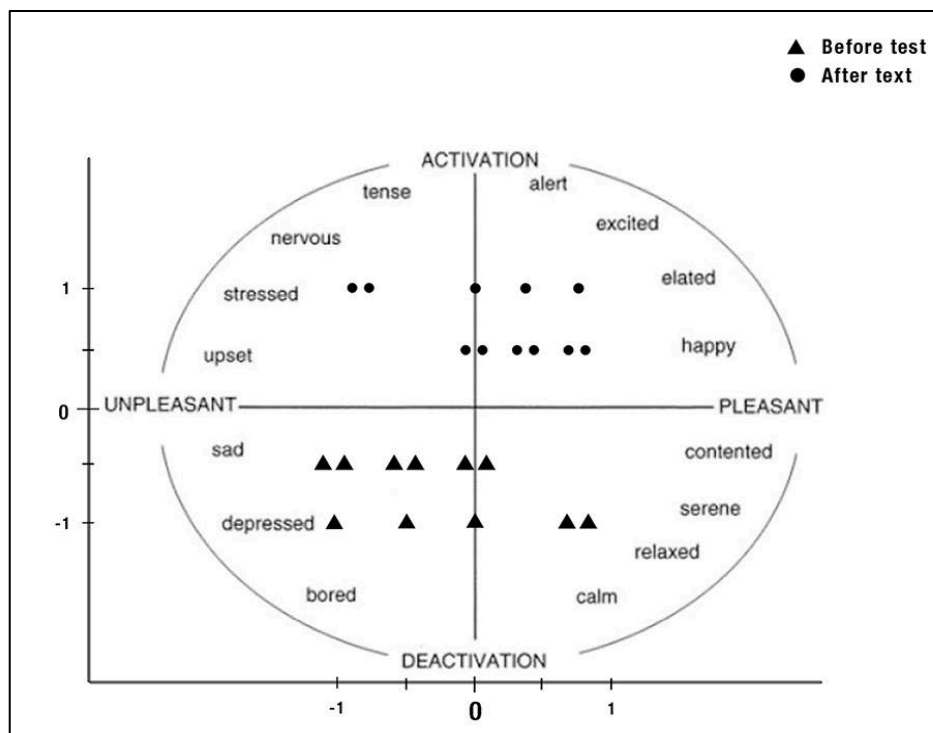
I grafici da sinistra: valence e arousal dei partecipanti all'esperimento del gruppo neutro, senza conoscenza previo musicale, a destra il grafico dei valori dopo l'esperimento, con un significativo incremento di entrambi, in particolare di valence

Abbiamo scelto inoltre di applicare una metodologia di analisi chiamata *Circumplex Model of Affect*, in cui tutti gli stati emotivi sono collegati ai parametri di valence (piacere-dispiacere) e arousal (eccitazione-non allerta), che secondo Russell (1980) emergono da due fondamentali

sistemi neurofisiologici. Lo schema deriva da Schlosberg (citato in Russell, 1980), secondo il quale gli stati emozionali sono collegati tra di loro e le emozioni sono collegate in modo circolare, rappresentabili in due dimensioni bipolari. Nel grafico bidimensionale, l'asse verticale è composta da due valori estremi (in origine *pleasure/despleasure*) mentre l'asse orizzontale dagli altri due (in origine *arousal/sleep*) (1980). Ogni emozione può essere compresa come una combinazione lineare di queste due dimensioni, secondo dei gradi di variazione dei due parametri (Posner, Russell & Peterson, 2005, p.3).

Il Circumplex Model of Affect viene dunque applicato laddove risulta difficile poter distinguere le emozioni dal soggetto *in primis*, “[t]his difficulty suggests that individuals do not experience, or recognize, emotions as isolated, discrete entities, but that they rather recognize emotions as ambiguous and overlapping experiences” (2005, p.4). L'applicazione di questa metodologia di analisi si ritrova in settori scientifici per le tecniche di neuroimaging e neuroscienza affettiva (2005, p.14).

Figura 62. Circumplex Model of Affect di valence e arousal

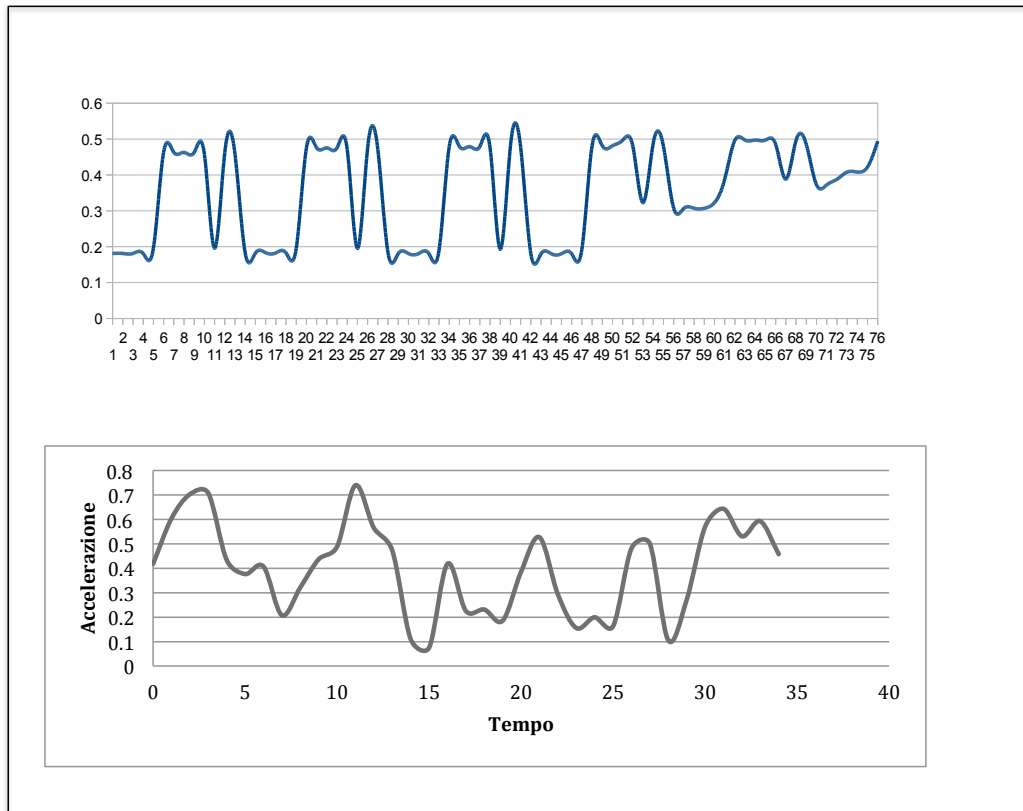


Il grafico mostra i valori valence e arousal dei 3 gruppi prima e dopo l'esperimento, e il loro cambio significativo nella posizione di attivazione dopo l'esperimento.

In **Figura 62** si osserva il cambiamento dei parametri valence e arousal prima e dopo l'esperimento nel Circumplex Model of Affect, ottenuto attraverso la normalizzazione dei dati di SAM di Lang, e da cui si evince un cambio importante del comportamento dei partecipanti da una condizione, a quella opposta. In particolare, si osserva un cambio speculare, da uno stato di disattivazione ad uno di attivazione ed entrambi contengono alcune connotazioni nei quadranti ritenuti non-piacevoli.

Dai dati estratti in PD di alcuni partecipanti, sono stati estratti i valori riguardanti l'accelerazione nei minuti o secondi di libera improvvisazione, con una precisione di decimo per secondo, proposti in **Figura 63**, che mostra il grafico di due partecipanti: il soggetto con un alto EC (2 minuti e 13 secondi) e il soggetto con l'EC più basso (35 secondi). Il soggetto con un EC più alto, è rimasto fino a 8 minuti nella fase di improvvisazione, mentre quello con EC più basso è osservabile nel grafico (35 secondi). In questa fase, è possibile osservare l'andamento e l'implicazione dei due soggetti. Dai grafici si evince che una performance più corta corrisponde ad un EC più basso, al contrario del grafico in cui l'interazione è durata più a lungo e che appare regolare. Allo stesso modo, considerando sempre questi due soggetti, la risposta nel test di SAM e nell'accuratezza dei questionari individua una concordanza anche nel livello di arousal e nell'erronea risposta ai questionari di apprendimento. Il primo grafico fin da subito evidenzia un andamento lineare, chiaro e regolare, che sottolinea come il soggetto abbia già creato delle proprie mappe sensorimotorie utilizzando le Affordances Molteplici offerte dalla tecnologia e si trovi in una fase di Empowerment Creativo, con la chiara intenzione di interagire con la tecnologia a fine espressivo. Al contrario, l'analisi del secondo video riferisce una mancanza di interazione mirata alla produzione musicale nel secondo soggetto, attestata nel grafico dall'andamento discontinuo della curva dell'accelerazione. Dai video, sembra che l'utilizzatore non voglia interagire con la tecnologia, questo lo porta ad un alto grado di nervosismo, un comportamento che emergerebbe dalla rappresentazione grafica.

Figura 63. Accelerazione nel tempo di due soggetto



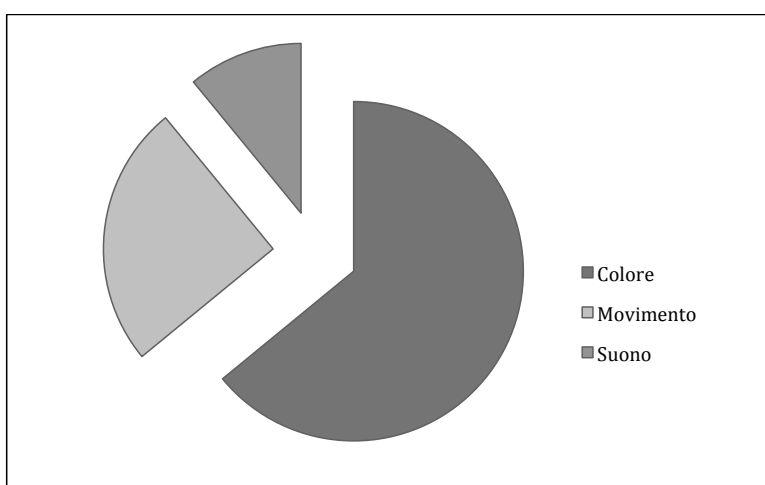
I grafici mostrano l'andamento dell'accelerazione di due partecipanti durante la fase di improvvisazione. In alto si vedono i primi 75 secondi su un totale di 2 minuti e 13 secondi di improvvisazione, mentre nel secondo si vede il totale di 35 secondi del secondo soggetto.

Secondo l'analisi qualitativa dei video, più di metà delle persone non hanno prestato attenzione a memorizzare la posizione, il colore o il suono proposti nella fase esplorativa 0, mentre, solo dopo la seconda fase, le risposte dei soggetti erano nella maggioranza dei casi corrette. Dai dati ottenuti attraverso PD, posso affermare che, in conclusione, la fase d'improvvisazione ha stimolato più della metà dei partecipanti.

Nel calcolo di AE dello stimolo audio-visuale, emerge che il 52,3% dei soggetti hanno individuato correttamente l'associazione suono-colore, e il 29% ha soltanto una delle due associazioni proposte (il 40% ha indovinato solo alcune note, mentre il 60% solo alcuni colori). È interessante osservare che lo stimolo visuale è quello predominante. Ad una delle domande del questionario proposto ai partecipanti circa quale fosse stato lo stimolo utilizzato per

rispondere ai tests, il 64,4% ha considerato il colore come l'elemento utile per memorizzare l'associazione e la posizione e rispondere ai questionari, mentre il 29,4% ha considerato il movimento e il 17,6% ha considerato l'associazione audiovisuale. Pertanto, ancora una volta emerge che lo stimolo visuale ha avuto un ruolo chiave nelle risposte dei partecipanti e nella loro percezione. I dati sono indipendenti dal gruppo di appartenenza (GN, GM, GA). In **Figura 64** si osserva la distribuzione grafica delle preferenze di associazione, segnalate dai partecipanti dell'esperimento dopo il test.

Figura 64. Stimolo utilizzato nella memorizzazione



Il 64,7% dei partecipanti ha considerato che il colore li abbia aiutati a memorizzare la posizione spaziale e l'associazione nota-colore nel test. Il 29,4% il movimento e il 17,6% il suono.

8.5.7. Discussione

Le conclusioni qui proposte, sono divise su due livelli: uno più concreto basato su dati derivati dall'esperimento e le dovute referenze previamente citate in questa ricerca, ed uno più astratto, riguardo i concetti proposti nella parte terza di questa tesi, sui risultati che questi concetti comporterebbero a livello speculativo.

L'esperimento si è dimostrato utile sotto diversi aspetti, in accordo con le ipotesi di partenza. Dall'analisi dei test di SAM di Lang è emerso il cambio radicale in tutti i soggetti partecipanti. I risultati esposti in **Figura 63**, mostrando un cambio importante nelle condizioni dei soggetti, da una disattivazione ad un comportamento attivo, evidenziano le potenzialità applicative delle tecnologie interattive nel campo terapeutico, quale strumento valutativo del processo individuale o di gruppo, in musicoterapia. Inoltre, dai questionari somministrati, e dall'analisi qualitativa si evince che è aumentata l'attenzione, la curiosità e la comprensione dei parametri proposti. L'analisi quantitativa dei dati ottenuti da PD ha infine mostrato l'intenzionalità dei soggetti, e il tempo di performance ha dimostrato un alto livello di EC nel 70% dei partecipanti con e senza conoscenze musicali previe (superiore a 40 secondi di improvvisazione). Osserviamo più in dettaglio alcuni di questi dati.

In particolare, dalla valutazione del grafico della distribuzione dei valori di valence e arousal di **Figura 62**, si possono raggiungere le conclusioni che seguono.

Per la prima variabile della distribuzione di valence e arousal della **Figura 62**, nel gruppo di partecipanti definito neutro (non aventi influenze musicali o artistico-visuali) abbiamo verificato che la misura di valence di tutti i soggetti cambia, mostrando un incremento importante dopo l'esperimento e la fase di improvvisazione. Il primo soggetto aumenta di quattro volte il livello di valence, mentre nel secondo, terzo, quarto e quinto partecipante l'aumento è di due volte il livello di partenza, infine il sesto partecipante aumenta di tre volte rispetto al livello iniziale prima dell'esperimento. Anche i valori di arousal sono aumentanti, ma in modo diverso poiché restano molto più bassi, quasi stabilizzandosi. Osserviamo infatti che nel primo, terzo e quarto partecipante il livello di arousal aumenta di un punto rispetto quello di partenza, il secondo partecipante mantiene i valori stabili, il quinto partecipante aumenta di tre volte ed infine nel sesto partecipante il livello di arousal dopo l'esperimento aumenta di due volte. L'arousal quindi non cresce omogeneamente, i soggetti mantengono un livello che quindi non aumenta né diminuisce di molto, che sembrerebbe normalizzarsi durante la performance. Emerge, dunque, che l'esperimento è stato più efficace per la modulazione del valore di valence che di arousal, poiché il primo è aumentato in una percentuale più alta. Se osserviamo il Circumplex Model of Affect della **Figura 60** possiamo notare che l'aumento di arousal corrisponde ad un aumento di attenzione. Come suggerito da Feldman (1995) “[d]egree of valence focus is defined as

individual differences in the tendency to attend to and report the pleasant or unpleasant aspects of emotional experience” (p.153). Infatti, l’aumento di valence positivo, corrisponde ad una maggiore aspettativa e valutazione dal punto di vista personale di ricompensa del soggetto stesso, dunque i partecipanti valutano positivamente la loro performance.

Postner, Russel & Peterson (2005) sottolineano che la sindrome depressiva e i disordini di ansietà sono caratterizzati da un aumento prevalente di sentimenti negativi, i quali emergono nella variabile di valence negativa. Dunque, con un cliente affetto da deficit di attenzione, depressione, o disturbi di ansietà questo significherebbe un aumento positivo del livello di attenzione; dato utile nel processo terapeutico all’interno di sessioni di musicoterapia. Ricard (2008), ad esempio, sottolinea l’importanza del processo di ricompensa ciclica, nel trattamento della relazione tra genitori e bambino con sindrome autistica durante la sessione di musicoterapia.

Mentre l’aumento di valence è strettamente collegato all’aumento dell’attenzione che deriva da un giudizio positivo sull’esperienza, ottenuto tramite il sentimento di ricompensa, la modulazione di arousal, corrisponde alla memorizzazione di eventi data dalla loro connotazione (in particolar modo) negativa (Feldman, 1995). Il valore di valence risulta importante anche nell’influenzare quello di arousal, “evidence indicates that even when arousal is controlled, the valence of emotion elicited by an event (whether it is positive or negative) can influence the detail with which that event is remembered” (Kensinger, 2009, p.353). Dunque la valence assume un ruolo chiave anche nell’influenza di arousal. Questa modulazione dei valori di valence e arousal dimostrano un’attivazione nei partecipanti, riportata anche dal grafico del Circumplex Model of Affect. Ricordiamo, a proposito, che Postner e colleghi (2005), evidenziano che la sindrome depressiva, bipolare, il deficit di attenzione e iperattività, e i disordini di ansietà, sono tutti caratterizzati da un alto aumento di arousal (Biederman & Spencer; Swann, Katz, Bowden, Berman, & Stokes, citati in Postner et al., 2005 p.6). Sulla base delle evidenze raccolte nel capitolo 7, e considerando le caratteristiche in comune di alcune patologie che hanno in comune un alto livello di arousal (DSA, depressione etc.) e un basso valore di valence. L’implementazione di un sistema interattivo con clienti il cui aumento di questo valore indica l’apparire dei disturbi, potrebbe aiutare nel monitoraggio e normalizzazione

del primo valore e nell'aumento del secondo, attraverso la creazione di programmi specifici secondo il soggetto, all'interno di un processo guidato dal terapeuta. Il grafico dell'esperimento di **Figura 61**, da questo punto di vista, mostra una "normalizzazione" di arousal ed un aumento valence dei partecipanti. Come già descritto nel capitolo 7, nel campo terapeutico questi cambiamenti possono essere utile nel trattamento di clienti con demenza senile, con deficit di attenzione o con depressione per migliorare la memorizzazione, stimolare l'attivazione, l'attenzione e il "fare attivo" (Maratos, Crawford & Procter, 2011). L'esperimento, inoltre, dimostra che i partecipanti neutrali sono stati condizionati maggiormente in termini di valence che di arousal. Pertanto, alla luce di queste osservazioni, possiamo concludere attraverso la modulazione di questi due valori, permette un miglioramento dell'attenzione e della memorizzazione (Dolcos & Denkova, 2008; Kensinger, 2009; Mather & Sutherland, in press), oltre ad un comportamento positivo (Moriya & Nittono, 2013) con l'uso di tecnologie interattive (Peñalba, 2015; Camurri et al., 2010). Queste, sono caratteristiche necessarie al trattamento di clienti con DSA e Alzheimer per stimolare la modificazione di un comportamento come ad aggressivo o uno stato di agitazione (vedi capitolo 7).

Dall'osservazione del grafico dell'accelerazione della **Figura 63**, tra due soggetti con nozioni musicali, si possono trarre le conclusioni che seguono.

Nel soggetto 1, l'andamento dell'accelerazione rispetto al tempo performativo evidenzia un alto gradi di controllo, osservabile in particolare dal pattern ricorrente. Questo suggerisce che il primo soggetto stia utilizzando le proprie mappe sensorimotorie in modo regolare, ai fini performativi e creativi. Pertanto, l'andamento ripetitivo dell'accelerazione è collegato all'apprendimento del controllo sensorimotorio. Dall'osservazione qualitativa delle registrazioni video effettuate, la regolarità osservabile nel grafico corrisponde ad una ricerca espressivo-musicale attraverso la ripetizione di singole note collegate al feedback visuale. Queste ripetizioni sono possibili attraverso le Mappe Sensorimotorie che il primo soggetto ha creato internamente attraverso l'esplorazione dello spazio e l'interazione con lo stesso (capitolo 7.1.). Il secondo soggetto, al contrario, mostra un andamento discontinuo dell'accelerazione, evidenziando indecisione e poco controllo sensorimotorio. Questi andamenti opposti dell'accelerazione e del processo di memorizzazione delle Mappe Sensorimotorie, sono attestati anche dai diversi tempi

di immersione: per il primo soggetto di 5 minuti ed per il secondo di 35 secondi. Dalle registrazioni video non emerge nessuna ricerca espressiva da parte del secondo soggetto, al contrario, si osserva una scarsa esplorazione spaziale.

Mazzoni & Krakauer (2006) sottolineano che alla base dell'apprendimento motorio vi sia una rappresentazione sensorimotoria delle informazioni integrate dai processi centrali, dal feedback sensoriale e derivata da esperienze precedenti sul movimento. Come spiega Peñalba (2011, p.219, vedi capitolo 3), la propiocezione permette di adattare le nostre azioni secondo le informazioni sensoriali che percepiamo, permettendo di raggiungere un livello di consapevolezza del proprio corpo, ed avviene su due livelli: uno conscio e uno subconscio. La creazione delle MS, dunque, avverrebbe all'interno di una tecnologia RMI in cui, grazie al mapping, sussistono molteplici affordances disponibili al soggetto. La creazione di queste, permette ai soggetti di raggiungere un maggior controllo del proprio corpo aumentando la coordinazione, giacché con l'esplorazione il soggetto crea le proprie Mappe Sensorimotorie che saranno utilizzate e riprogrammate per ottenere feedback diversi a livello conscio e subconscio. Le MS permettono di raggiungere un buon controllo sensorimotorio nel performer. Infatti l'apprendimento (visuo) motorio è indipendente da strategie esplicite utilizzata per la memorizzazione (Mazzoni & Krakauer, 2006; Kawato, 1999), sebbene permetta la creazione di mappe interne, abbassando la soglia degli errori dati dalle prime esplorazioni (Flanagan et al., 1999). La performance motoria del soggetto può pertanto essere sviluppata indipendentemente da processi di natura inconscia (Willingham, 2001) e permetterebbe la creazione di modalità interne utili al controllo sensorimotorio. L'utilità dell'analisi del movimento potrebbe offrire importanti informazioni anche nella musicoterapia. Castellano, Villalba & Camurri (2007), registrano dati del movimento del soggetto all'interno di un sistema interattivo per definire quattro stati emotivi (tristezza, rabbia, felicità, piacere) applicando anche l'analisi qualitativa dei video registrati. Sebbene non si possa utilizzare una sola metodologia per stabilire la condizione emotiva degli utilizzatori basandosi solamente sul movimento, recuperare questi dati può essere d'aiuto nell'ambito terapeutico musicale. Infatti, la possibilità di raccogliere informazioni relative all'accelerazione, dislocamento e velocità, risulta utile anche nell'appoggio dell'analisi delle sessioni di musicoterapia (effettuando un'analisi qualitativa incrociata con i dati raccolti), a livello personalizzato, giacché ogni movimento è una fonte d'informazione nelle sessioni.

Le tre modalità sensoriali affrontate in questa tesi, sono state già discusse nei capitoli precedenti. Il diagramma di Venn, infatti, di **Figura 64** (capitolo 3.2.) evidenzia il ruolo fondamentale della propriocezione nel processo percettivo. Come già accennato in precedenza, nel capitolo 4.1.4, la TCS ci serve per comprendere che ogni stimolo esterno è mediato dal movimento virtuale (interno/simulato) o reale, e dunque dagli opportuni propriocettori coinvolti. Inoltre, da queste osservazioni si specula sul fatto che la tecnologia impiegata permette di effettuare azioni verso uno scopo (proprio del concetto di Affordance, capitolo 4.1.2., e dei neuroni specchio), facilitando la comprensione dell'azione, importante nell'ambito della riabilitazione motoria.

Sappiamo che alla base collegamento esistente tra memoria e schema motorio in clienti con Alzheimer o amnesia, sottoposti ad un tipo di allenamento fisico, si formano nuovi schemi sensorimotori (Gabrieli, 1993). Queste testimonianze, unitamente al grafico dell'accelerazione dei due soggetti in Figura 61, aprirebbero nuove prospettive nella relazione tra IUM e musicoterapia, poiché l'implementazione di un sistema interattivo multisensoriale potrebbe stimolare un miglioramento nel controllo motorio degli utilizzatori, attraverso attività esplorative ed creativo-espressive proposte del terapeuta, applicando, cioè, anche altre modalità sensoriali. Questa riflessione deriva dal fatto che la maggior parte dei soggetti ha utilizzato la tecnologia a scopo creativo per più di 40 secondi dimostrando sviluppando un alto grado di EC. L'EC, è legato al concetto di *risonanza estetica* proposto da Ellis (2009), e spiegato nel capitolo 2.3.4. In particolar modo, alla dinamica di lavoro "inside-out" che appare quando il cliente, controllando l'interazione con la tecnologia, ha pieno controllo anche sulla libertà espressiva. Con l'Empowerment Creativo è quindi possibile l'espressione, la regolazione e di conseguenza una maggiore consapevolezza del proprio corpo: una tecnologia RMI risulterebbe efficace, ad esempio, nel trattamento di diverse patologie in cui la fase creativa risulta fondamentale per l'espressione (si veda capitolo 7). L'integrazione di più modalità sensoriali offrirebbe poi una nuova prospettiva nel campo terapeutico proponendo un ambiente nuovo, più stimolante per i clienti e più ricco di possibilità anche per il musicoterapeuta.

Come già accennato in precedenza, questi esercizi possono anche essere trasferiti dalla dimensione virtuale a quella reale, nella vita quotidiana (Rizzo & Kim, 2005). Nonostante dall'utilizzo dei questionari e dal grafico di **Figura 65**, emerge che la modalità percettiva

predominante segnalata dai soggetti, ai fini della memorizzazione dello schema proposto è la modalità visiva, ovvero i colori. Bisogna però ricordare che quando si parla di modalità percettiva visiva si intende un'integrazione modale che coinvolge sempre la propriocezione (O'Regan & Nöe, 2001), che può essere sperimentata in modo volontario o inconscio dal soggetto. Seguendo alcuni dei concetti della TCS, nella percezione sono sempre implicati i movimenti realizzati dal soggetto, quindi attraverso il movimento siamo in grado di percepire lo stesso stimolo da prospettive diverse. Come descritto nel capitolo 3.1.4., tale è come spiega Peñalba (2005), nella regolazione del movimento la propriocezione interviene in tutti i processi motorii, consci o inconsci, partecipando all'esperienza corporale (p.31). Inoltre, come descritto nel capitolo 5, come propone Ruggeri (1997), l'interazione nello spazio è sempre sinestetica, poiché è legata all'interazione di diverse modalità sensoriali (capitolo 5.3), in tempo reale. Questa integrazione, che rappresenta il nostro vissuto quotidiano, interessa gli schemi percettivi che i soggetti utilizzano per l'individuazione e la scelta di privilegiare uno stimolo in particolare anziché un altro (p.101). In altre parole, spazio e movimento sono intrecciati e l'immagine corporea viene elaborata in base alle informazioni sensoriali percepite, che possono essere di natura diversa (tattile, propriocettiva, sonora etc.). Nel "costruire l'immagine del proprio corpo i diversi soggetti possono privilegiare una modalità sensoriale rispetto alle altre, utilizzando ad esempio prevalentemente il canale visivo rispetto a quello cinestetico o acustico e viceversa" (1997, p.161). È il soggetto a scegliere, in modo inconsapevole, quali informazioni sensoriali privilegiare, per cui l'approccio tecnologico applicato alla terapia riguarderebbe la correlazione di più modalità sensoriali distinte. Quando un soggetto s'immerge nella tecnologia, può controllare questi elementi attraverso il movimento, scegliendo la modalità "da privilegiare" per ottenere quei feedback importanti nel processo terapeutico.

Questa caratteristica permette di offrire uno strumento di appoggio per una stimolazione multisensoriale da introdurre nella sessione di musicoterapia. La musicoterapeuta Berger (2002), a tal proposito, sottolinea l'importanza di un'integrazione multisensoriale che la musica offre nel trattamento di problematiche psicologiche ed in particolare nella sindrome Down. L'applicazione di un sistema interattivo RMI offrirebbe ampie opportunità se inserito in modo strutturato e graduale nelle sessioni terapeutiche, secondo la necessità del cliente. Ad esempio, come già menzionato nel capitolo 7, diverse patologie presentano deficit nell'elaborazione di una o più

modalità sensorimotorie (visuo-propriocezionale, propriocezionale-sonora o propriocezionale), come nell'autismo, nelle paralisi cerebrali, e nelle patologie neuronali di diverso genere (Miller, 2008; Watson, 2007). In questi casi il terapeuta, che è a conoscenza del profilo di ogni cliente, può scegliere come adattare la tecnologia secondo il cliente.

Alla luce di queste conclusioni e dai concetti teorici descritti in questa ricerca, emerge che l'interazione creativa e i concetti formulati (EC, AM e MS), possono fornire un utile strumento nel trattamento di patologie quali DSA, Down, demenza senile, depressione, Parkinson (si veda anche il capitolo 7). In particolare, la tecnologia musicale RMI verrebbe applicata negli stati iniziali di queste patologie, in modo da permettere al terapeuta di osservare i miglioramenti del cliente, e di manipolare la tecnologia secondo gli obiettivi stabiliti. Manipolando, cioè, le MA, e pertanto el MS, e l'EC, sarebbe possibile ottenere dei risultati soddisfacenti nel cambiamento dei valori di valence e arousal, stimolare l'autocoscienza attraverso la propriocezione, migliorare la performance motoria, stimolare memoria ed attenzione ed ancora il comportamento e la comunicazione. Tutto ciò attraverso l'espressione creativa. Queste considerazioni potranno venire corroborate da futuri esperimenti svolti all'interno delle sessioni di musicoterapia.

V PARTE

CONCLUSIONI FINALI E APPLICAZIONI

Come descritto nel capitolo 7, il campo riabilitativo e quello tecnologico, sebbene in alcuni casi collegati, non sono visti in un'ottica di reciproca utilità, soprattutto nell'ambito della musicoterapia. Nella parte finale di questo lavoro presento le conclusioni alla luce delle argomentazioni effettuate a livello teorico, alle riflessioni sul disegno del prototipo tecnologico e dei risultati dell'esperimento. In questa ultima parte della tesi propongo, quindi, le conclusioni della ricerca.

9. Conclusioni

La tecnologia oggi è onnipresente e sono in aumento gli utenti che beneficiano delle potenzialità che questa può offrire. In quest'ottica, anche la musicoterapia potrebbe trarre un maggiore beneficio delle possibilità che la tecnologia può offrire. Nella tesi ho parlato di diverse tecnologie musicali RMI. Tutte queste tecnologie hanno in comune il fatto di cambiare il ruolo dello spettatore, fruitore, che diviene un performer a tutti gli effetti. Questa possibilità intrinseca delle tecnologie "assistite" è fondamentale nel campo della terapia. Si pensi all'impiego degli iperstrumenti ritrovati anche in Brain Opera (capitolo 2.3.1.) in cui i clienti con problematiche fisiche potrebbero creare musica facilmente senza essere musicisti provetti. O ancora alla responsività di ADA, all'interazione che è in grado di offrire al soggetto oltre che ai dati che può acquisire per il terapeuta. All'utilizzo di sistemi per la cattura del movimento MOCAP come in Motion Composer, Sound Beam, CareHere, che permettono a qualsiasi persona di suonare uno strumento musicale senza nozioni previe. Queste sono vaste potenzialità se trasferite nel campo della musicoterapia, poiché apportano benefici direttamente al cliente ed offrono la possibilità di registrare ed analizzare dati empirici importanti per il terapeuta. In alcune occasioni nel campo della musicoterapia, vengono rifiutati i dispositivi tecnologici perché si considera che, in quanto artificiali, la tecnologia interattiva possa porre in pericolo il vincolo terapeutico, fondamentale nell'intervento della musicoterapia. Un elemento, infatti, fondamentale all'interno delle sessioni è proprio la creazione del vincolo cliente-terapeuta, un vincolo che molti terapeuti vedono in pericolo con l'introduzione di una tecnologia "estranea". Nonostante ciò, sempre più terapeuti e ricercatori apportano esperienze positive riguardo l'introduzione delle tecnologie interattive all'interno di sessioni terapeutiche (Crow & Rio, 2004; Hana et al., 2012; Swingler, 2012 etc.).

Al di là di queste accertate opinioni bisognerebbe considerare la tecnologia come uno strumento musicale alternativo da utilizzare assieme agli altri strumenti tradizionali, come cioè una possibilità anziché un'imposizione. Se, come sottolinea Krüger (2007), la tecnologia è anche una forma di attività dell'uomo, che collega mondi materiali con mondi sociali, allora nella musicoterapia la tecnologia diventa uno strumento che permette facilmente la socializzazione con il gruppo e con il terapeuta (Beneviste et al., 2008).

Come dimostrano anche Camurri et al., (2010), l'applicazione di una tecnologia interattiva offre un sostegno nel trattamento di diverse problematiche quali deficit di attenzione, dislessia, iperattività, proponendo un apprendimento basato sullo sviluppo della corporalità e dei processi cognitivi che ne derivano (Camurri et al., 2010; Gorman et al., 2005). Si parla di un apprendimento ludico che coinvolge attivamente tutti i partecipanti. L'utilizzo di tecnologie è diffuso da diversi anni nell'educazione, in particolare si parla anche di apprendimento basato sul gioco (Prensky, 2003). Wilkie, Holland & Mulholland (2013), suggeriscono di utilizzare il termine "player", ovvero giocatore, al posto di "utilizzatore" di sistemi interattivi, poiché lo reputano più appropriato per evidenziare la dinamica di interazione basata sul gioco. I sistemi interattivi che offrono la dimensione ludica per l'esercizio educativo, sono applicabili anche nel campo terapeutico della riabilitazione fisica (Benveniste et al., 2009), come nel Parkinson (Camurri et al., 2003; Moens et al., 2014).

Come osservato nel capitolo 8.5, emerge un dato molto interessante sulla performance espressiva. I soggetti interagiscono con la tecnologia durante un tempo prolungato, entrando in una dinamica di co-determinazione tra creatività e autoespressione. Questi parametri potrebbero pertanto essere potenziati. L'importanza della commistione interdisciplinare, nel design di sistemi interattivi, presenta molti vantaggi nell'applicazione terapeutica (Porayska-Pomsta et al., 2012, p.16) come anche nella riabilitazione motoria, ad esempio. In molte patologie, come le persone con deficit visuale o auditivo, persone con DSA o demenza senile beneficiano di ambienti multimodali. Una tecnologia RMI che applica più modalità percettive, offre più potenzialità: il terapeuta potrà adattarla secondo gli obiettivi da raggiungere e le necessità del soggetto. Interponendo una tecnologia di questo tipo nel dialogo con il cliente, il terapeuta avrà in più, come forma di valutazione, l'opportunità di osservare e gestire la sessione da un punto di

vista obiettivo ed esterno, senza influenzare le risposte del soggetto. Infatti, nel proporre al cliente un sistema interattivo nella sessione di musicoterapia, il soggetto diviene protagonista dell'opera creativa e del proprio processo terapeutico senza mediazioni che potrebbero risultare "intrusive", raggiungendo così uno livello di auto-regolazione. Come suggeriscono DeNora e Ellis (capitolo 7), è fondamentale, all'interno della sessione di musicoterapia, che il terapeuta non influenzi il cliente: al contrario dovrebbe fare uno sforzo per offrire un approccio il più obiettivo possibile per permettere l'autoregolazione e l'espressione del cliente. In questa dinamica, le sessioni dovrebbero generare un rapporto più equilibrato tra terapeuta e cliente, in cui entrambi si trovino nella posizione di poter e saper utilizzare uno strumento interattivo. Questa possibilità, apporterebbe un vantaggio alla relazione di collaborazione mutua, molto importante nel processo di musicoterapia come sottolinea Rovolsjord (2010), e di conseguenza del vincolo tra terapeuta e cliente.

Nella musicoterapia tradizionale, il terapeuta assume il ruolo di performer, soprattutto nella fase di improvvisazione con il cliente. Il soggetto si ritrova pertanto in un ruolo di osservazione degli stimoli proposti di risposta al terapeuta, creando un dialogo con il terapeuta che lo guida così nella performance. Osservando questa prospettiva da un punto di vista esterno, il ruolo del cliente si può considerare a tratti più "passivo" che il terapeuta, giacché la risposta dipende in gran parte dal terapeuta e non può essere "prevista" dal cliente. In questo modo, il soggetto non è in grado di creare le proprie Mappe Sensorimotorie, esplorare il sistema che lo circonda e scegliere la modalità sensoriale preferita. Pertanto, se il soggetto si trovasse all'interno di un sistema interattivo simile ad un'installazione artistica, avrebbe modo di divenire egli stesso il protagonista della performance e decidere che Mappe Sensorimotorie utilizzare. L'espressione creativa attraverso l'uso di tecnologie, diventerebbe dunque più facile, favorendo un'autonomia nelle sessioni di musicoterapia (Hana et al., 2012).

La musica, infatti, diventa più accessibile con la tecnologia. Stige (2002) evidenzia il dovere, da parte della comunità di musicoterapia, di osservarne lo sviluppo considerando le sue caratteristiche interdisciplinari, cioè in relazione con altre discipline, da una prospettiva sociale e culturale (p.181). In questa ottica appare pertanto cruciale aprire un dialogo produttivo e collaborativo con l'ambiente tecnologico. Lo strumento non è solamente un oggetto, ma una

possibilità in mano al terapeuta per assistere e sviluppare le idee del cliente, permettendogli un'auto espressione libera da limiti legati agli strumenti musicali tradizionali e rassodando così il vincolo terapeutico. In questo modo il cliente può confidare nelle proprie capacità giacché è egli stesso che, attraverso l'espressione creativa, si immerge nella stessa tecnologia interattiva, per mezzo di un processo performativo. In questo processo creativo, il soggetto assume il controllo della tecnologia divenendo compositore, musicista e creativo della propria performance, senza, cioè, essere obbligato ad utilizzare il materiale proposto direttamente dal terapeuta secondo le scelte dallo stesso. Questo tipo di partecipazione e approccio, che ho chiamato Empowerment Creativo (capitolo 8.2), risulta fondamentale in tutte le patologie trattate in musicoterapia, che richiedono una maggior capacità di autoespressione (Brotons, Koger & Pickett-Cooper, 1997), consapevolezza di sé, sviluppo della creatività che permette di riscoprire la connessione mente-corpo (Smyth, 2002, p.76-77), comunicazione sociale inter e intrapersonale (Wigram, Pedersen & Bonde, 2002). L'Empowerment Creativo sottintende un approccio olistico del cliente (performer) all'interno dell'ambiente interattivo in una prospettiva unitaria olistica (Berger, 2002, p.138) ed enattiva (capitolo 7.1). Emerge quindi la necessità di considerare l'esperienza musicale nella relazione tra azione, enazione e inter(en)azione, come sottolineato da Schiavio & Høffding (2015), con le vaste potenzialità che questa prospettiva può apportare anche nel campo della terapia musicale. Con il raggiungimento di un grado di Empowerment Creativo che coinvolge più modalità sensorimotorie, il cliente con sindrome depressiva, ad esempio, raggiunge una sensazione di ricompensa continua attraverso il feedback della propria espressione creativa, in cui avendo ottenuto il pieno controllo del sistema interattivo attraverso le MS, potrebbe autoregolarsi attraverso le risposte sensorimotorie che riceve (si veda il capitolo 7 "fare attivo" e 7.3).

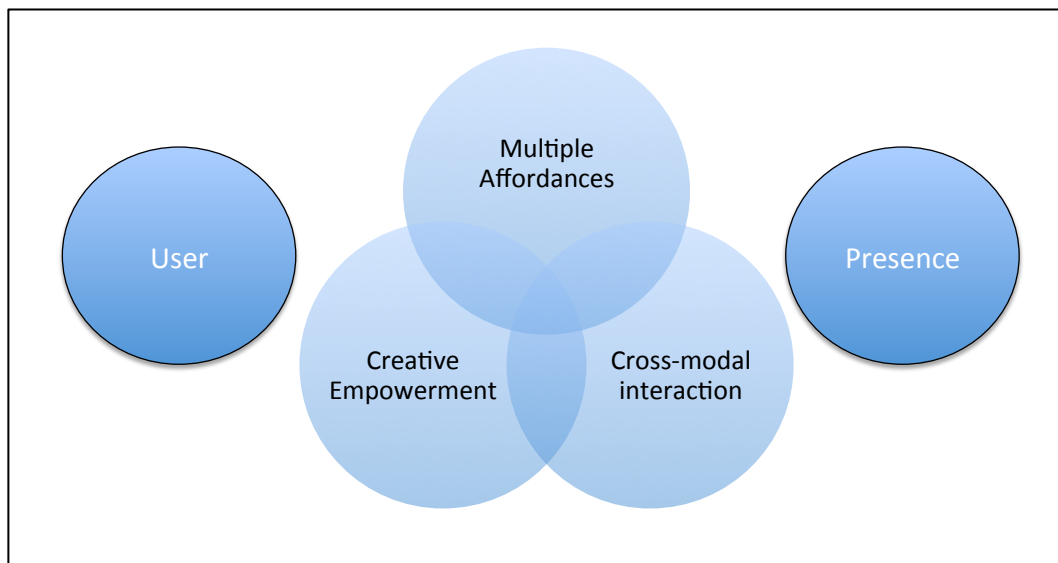
Attraverso le dimostrazioni teoriche, la mia esperienza come musicoterapeuta e l'esperimento esposto precedentemente, evidenzio le seguenti condizioni che una tecnologia orientata alla terapia musicale dovrebbe permettere. Queste, che possono essere ampliate, dovrebbero essere tenute in considerazione durante la progettazione tecnologica. Pertanto, una tecnologia RMI orientata alla musicoterapia dovrebbe:

- Proporre un ambiente multisensoriale, ovvero che stimoli più modalità sensoriali e che sia interdisciplinare.

- Considerare il concetto di Presenza offrendo un ambiente che moduli e modifichi i feedback in base agli obiettivi che il soggetto/terapeuta/insegnante vuole raggiungere.
- Proporre un ambiente sicuro, privo di rischi a livello fisico e psicologico.
- Proporre programmi disegnati secondo le necessità del cliente, adattare i feedback secondo gli obiettivi proposti e le risposte del soggetto.
- Permettere il facile raggiungimento di Empowerment Creativo, l'autoregolazione e autoespressione.
- Permettere al soggetto la possibilità di esplorare e riprodurre facilmente le Affordances Molteplici offerte nello spazio-presenza.

Ciò che emerge da queste evidenze, è che l'interazione avviene tra soggetto e tecnologia RMI, in una prospettiva unitaria enattiva. All'interno di questo processo, le varie componenti teoriche e concettuali affrontate nella tesi si unificano, come si può osservare in **Figura 65**.

Figura 65. Interazione all'interno di una tecnologia RMI



L'interazione, all'interno di un sistema musicale interattivo, avviene attraverso l'attivazione di Mappe Sensorimotorie date dall'interazione modale incrociate e attraverso le AM, che permettono di raggiungere un livello di EC. Ciò avviene nello scambio tra utilizzatore e presenza.

9.1. Potenzialità terapeutiche del mezzo tecnologico

Come il lettore avrà avuto modo di comprendere, l'approccio della musicoterapia è un approccio olistico che utilizza una gran varietà di metodologie e strumenti espressivi, ma che non ha ancora stabilito una relazione duratura con la tecnologia. Quanto emerge da questo lavoro di ricerca è che la tecnologia può rappresentare un efficace strumento dalle molte potenzialità per il terapeuta, aprendo, ad esempio, una nuova prospettiva nel processo di controllo e diagnosi del cliente. Come citato in precedenza in questa ricerca, la tecnologia è ormai considerata un'estensione del corpo (Ihde, 1979) malleabile ed adattabile. Diversi studiosi nel campo della musicoterapia (Campbell, 1988; Nagler, 1995; Crowe & Rio, 2004; Bruscia, 1986; Magee & Burland, 2009) hanno sottolineato l'importanza dell'introduzione della tecnologia per offrire nuove prospettive al campo della terapia, per avvantaggiare, sorprendere e motivare il cliente, e per appoggiare il lavoro del terapeuta. In linea con gli autori, anche i risultati di questa ricerca vogliono enfatizzare questa riflessione.

Anche per il cliente, l'implementazione tecnologica, all'interno delle sessioni, rappresenterebbe un cambio importante nel vivere e sperimentare la terapia musicale. Questa implementazione, perciò, deve essere considerata nella prospettiva che rappresenta, ovvero un nuovo approccio creativo per il cliente (Hahna et al., 2012). L'implementazione si situerebbe nella fase di improvvisazione creativa all'interno di ogni sessione di musicoterapia, nei clienti con le patologie descritte nel capitolo 7, ovvero coloro che richiedono una stimolazione motoria, psicologica e creativa. Queste considerazioni, potranno essere corroborate da futuri esperimenti con tecnologie musicali RMI inserite all'interno di sessioni di musicoterapia, durante il processo dei clienti.

Ad oggi sono nate diverse tecnologie "multisensoriali" volte a questo scopo, la maggior parte delle quali, però, non sono impiegate attualmente nella terapia musicale ma sono state oggetto di esperimenti conclusi con successo. Mi riferisco, ad esempio a Sound Beam, utilizzato da alcuni musicoterapisti, e CareHere, già descritti nel capitolo 2.3., o a *Sati* (Therapeutic Interactive Audiovisual System, Mauri, 2009) creato per migliorare la qualità del movimento e l'attività globale dei clienti; o, infine, ad *Audiovisual Drum* (Hunt, Kirk & Neighbour, 2004) creato

affinché i clienti nelle sessioni di musicoterapia potessero suonare uno strumento interattivo. Questi sono tutti esempi di tecnologie interattive applicati nella musicoterapia e che hanno ottenuto una risposta positiva da terapisti e clienti.

Il lettore avrà compreso come, dal punto di vista terapeutico quanto artistico, la tecnologia possa stimolare un'interazione partecipe che coinvolge l'utilizzatore nella sua pienezza, trasformandolo in protagonista dell'opera creativa, in una visione olistica con l'ambiente tecnologico. Se, come evidenziato da Di Scipio (1997) la *téchne* è il luogo di auto-determinazione del musicista, la tecnologia interattiva diventa il luogo dell'auto-determinazione dello spettatore-performer.

Alla luce dell'investigazione terapeutica ed empirica portata a termine, propongo alcuni vantaggi che un sistema interattivo basato sull'integrazione multisensoriale potrebbe offrire, nell'ambito terapeutico:

- Coinvolge e motiva l'utilizzatore attraverso le caratteristiche di multisensoriali integrate (suoni-colori e elementi acustici e visuali) (Keay-Bright, 2002).
- Conferisce uno stato di Empowerment Creativo, grazie al controllo e la padronanza raggiunti con l'interazione.
- Permette il raggiungimento di una fase di auto-controllo attraverso l'Empowerment Creativo.
- Rafforza l'apprendimento, applicabile nell'ambito educativo e riabilitativo permettendo la creazione di programmi personalizzati che cambiano a seconda dell'interazione del soggetto.
- È adattabile secondo il bisogno del cliente: i programmi vengono modificati e aggiustati in base alla scelta del terapeuta o dell'utilizzatore.
- Permette l'espressione artistico-creativa, offrendo al soggetto la possibilità di auto-esprimersi acquisendo consapevolezza delle proprie emozioni e offrendo un mezzo per comunicarsi con il terapeuta o con il gruppo.
- Viene stimolata la creatività del cliente che ottiene così un piacere fisico, psicologico dato dal raggiungimento dell'autocontrollo.

- Possono venire stimulate diverse modalità sensoriali allo stesso tempo, rafforzando il collegamento delle stesse in situazioni di vita quotidiana, attraverso il concetto di validità ecologica (Rizzo & Kim, 2002).
- Il terapeuta può lavorare a livello multidisciplinare con il cliente, e questi riceve più stimolazioni sensoriali su cui lavorare a livello espressivo.
- Permette un'interazione libera, da parte del cliente, e "neutra" da parte del terapeuta, che implica che il cliente non venga influenzato e limitata da standard musicali soggettivi del terapeuta (Ellis, 2004).
- Fomenta l'intelligenza digitale e stimola gli altri tipi d'intelligenze multiple (capitolo 7).
- Permette la registrazione dei dati del movimento del corpo del soggetto per l'analisi da parte del professionista, o del soggetto stesso.
- È facile da utilizzare rispetto ad uno strumento tradizionale, sia nell'ambito educativo che terapeutico.
- Stimola la consapevolezza del movimento del soggetto.
- Permette agli individui più isolati di raggiungere lo stesso grado di Empowerment Creativo dei coetanei.
- Promuove la creatività personale, la comunicazione e l'espressione.

Quelle appena elencate, sono soltanto alcune potenzialità che appartengono alle tecnologie interattive multisensoriali. L'elenco, pertanto, non pretende esaurire e limitare altre possibili applicazioni e possibilità che il campo della IUM e della musicoterapia, uniti, potrebbero offrire. Uno dei temi ancora aperti su cui riflettere osservando le potenzialità che il mezzo tecnologico può offrire, resta appunto quello dell'implementazione tecnologica nella pratica della musicoterapia. In un'epoca in cui la rivoluzione digitale è oramai consolidata, dando il nome ad un'intera generazione, e riconfigurando campi profondi nel linguaggio, nell'interazione e nei saperi scientifici oltre che la realtà sociale, la paura tecnologica, è una paura primordiale e ambivalente come suggerito da Parmigiani (2004, in Faggioli, 2011, p.309), giacché rappresenta la novità. Questa paura dovrebbe lasciare allora lo spazio alla ricerca interdisciplinare, al dialogo aperto tra il binomio uomo-tecnologia e le conseguenze che questo comporta. Nell'opporsi a questo processo, come suggerisce Varese (2004, p.309), c'è il rischio di perdere la capacità di comprendere la realtà sociale.

Con questo lavoro, spero di aver contribuito alla considerazione del mezzo tecnologico come strumento efficace e utile risorsa in grado di aprire nuove possibilità nel campo della musicoterapia. Io sostengo che questo mezzo offra un potenziale applicativo ricco nella terapia musicale, possibilmente estendibile ad altri campi come l'educazione (musicale, artistica, fisica). Ma la terapia musicale, da questo punto di vista, resta un campo privilegiato in cui poter misurare l'effettività del mezzo tecnologico RMI. Questo mezzo, è finalizzato alla condivisione dell'esperienza artistica e sociale su cui si basa, in fin dei conti, la propria espressione, chiave individuale per la consapevolezza, comprensione e ponte verso il mondo esterno.

Resumen de las conclusiones

Como el lector habrá comprendido, el abordaje de la musicoterapia es un abordaje holístico que utiliza una gran variedad de metodologías e instrumentos expresivos, sin embargo no ha establecido todavía una sólida relación con la tecnología. Lo que emerge de este trabajo de investigación es que la tecnología puede representar un instrumento eficaz con muchas potencialidades para el terapeuta, abriendo, por ejemplo, una nueva perspectiva en el proceso de control y diagnóstico del cliente. Como he citado previamente en esta tesis, la tecnología es considerada una extensión del cuerpo (Ihde, 1979) adaptable y maleable. Diferentes estudiosos en el entorno de la musicoterapia (Campbell, 1988; Nagler, 1995; Crowe & Rio, 2004; Bruscia, 1986; Magee & Burland, 2009) han subrayado la importancia de la introducción de la tecnología para ofrecer nuevas perspectivas en el entorno de la terapia, para ofrecer ventajas, sorprender y motivar al cliente, y para apoyar el trabajo del terapeuta. En línea con estos autores, también los resultados de esta investigación quieren enfatizar esta reflexión. También para el cliente, la implementación tecnológica, dentro de las sesiones, representaría un cambio importante en la vivencia y experimentación de la terapia musical. Esta implementación, entonces, debe ser considerada en la perspectiva que representa, esto es una novedosa aproximación creativa para el cliente (Hana et al., 2012). La implementación se situaría en la fase de improvisación creativa dentro de cada sesión de musicoterapia, en los clientes con patologías descritas en el capítulo 7, o sea, los que piden una estimulación motriz, psicológica y creativa. Estas consideraciones, podrán ser corroboradas en futuros experimentos con el auxilio de tecnologías musicales RMI puestas dentro de las sesiones de musicoterapia, durante el proceso de los clientes.

Hasta hoy, han nacido diferentes tecnologías “multisensoriales” para este objetivo; aunque la mayoría de ellas no se aplican actualmente en la terapia musical han sido objeto de experimentos concluidos con éxito. Me refiero, por ejemplo a Sound Beam utilizado por algunos musicoterapeutas, y CareHere ya descritos en el capítulo 2.3., o a Sati (Therapeutic Interactive Audiovisual System, Mauri, 2009) creado para mejorar la calidad del movimiento y la actividad global de los clientes; o, incluso, a Audiovisual Drum (Hunt, Kirk & Neighbour, 2004 Hunt, Kirk & Neighbour, 2004) creado para que los clientes, en las sesiones de musicoterapia, puedan tocar un instrumento interactivo. Estos son ejemplos de tecnologías interactivas aplicadas a la musicoterapia y que han obtenido una respuesta positiva desde terapeutas y clientes.

El lector habrá comprendido como, desde el punto de vista terapéutico y artístico, la tecnología puede estimular una intención participe que implica al usuario en su plenitud, transformándolo en protagonista de la obra creativa, desde una visión holística con el entorno tecnológico. Si, como subrayado de Di Scipio (1997) la *téchne* es el lugar de autodeterminación del músico, la tecnología interactiva se transforma en el lugar de la autodeterminación del usuario-performer.

A la luz de la investigación terapéutica y empírica llevada a cabo, propongo algunas ventajas que un sistema interactivo basado en lo que la interacción multisensorial podría ofrecer en el entorno terapéutico:

- Implica y motiva al usuario a través de las características de multisensorialidad integradas (sonidos-colores y elementos acústicos y visuales) (Keay-Bright, 2002).
- Proporciona un estado de Empoderamiento Creativo, gracias al control y la maestría alcanzado con la interacción.
- Refuerza el aprendizaje, tanto en el entorno educativo como de la rehabilitación, permitiendo la creación de programas personalizados que cambian según la interacción del sujeto.
- Permite la expresión artístico-creativa, ofreciendo al sujeto la posibilidad de autoexpresión adquiriendo consciencia de las propias emociones y ofreciendo un medio para comunicarse con el terapeuta o con el grupo.
- Estimula la creatividad del cliente que experimenta un placer físico y psicológico fruto de la obtención de autocontrol.
- Se pueden estimular diferentes modalidades sensoriales al mismo tiempo, reforzando la conexión de las mismas en situaciones de la vida cotidiana, a través del concepto de validez ecológica (Rizzo & Kim, 2002).
- El terapeuta puede trabajar a nivel multidisciplinar con el cliente, y este recibe más estimulación sensorial que en el trabajo a nivel expresivo.
- Permite una interacción libre, por parte del cliente, y “neutra” por parte del terapeuta, que implica que el cliente no sea influenciado y limitado por estándares musicales subjetivos del terapeuta (Ellis, 2004).

- Permite la grabación de datos del movimiento del cuerpo del sujeto para el análisis por parte del profesional, o del mismo sujeto.
- Es fácil de utilizar con respecto a un instrumento tradicional, tanto en el ámbito educativo como en el terapéutico.
- Estimula la conciencia del movimiento del sujeto.
- Permite a los individuos más aislados llegar al mismo grado de empoderamiento creativo que los coetáneos.
- Promueve la creatividad personal, la comunicación y la expresión.

Las que acabo de citar, son solamente algunas de las potencialidades que pertenecen a las tecnologías interactivas multisensoriales. El listado, por tanto, no pretende agotar ni limitar otras posibles aplicaciones y posibilidades que el campo de la IUM y de la musicoterapia, juntos, podrían ofrecer. Uno de los temas todavía abiertos sobre el cual se pueden observar las potencialidades que el medio tecnológico ofrece, es el de la implementación tecnológica en la práctica de la musicoterapia. En una época en la que la revolución digital está ya consolidada, dando el nombre a una generación entera, y reconfigurando campos profundos en el lenguaje, en la interacción y en los saberes científicos; además de la realidad social, el miedo tecnológico, es un miedo primordial y ambivalente como sugiere Parmigiani (2004, in Faggioli, 20011, p.309), ya que representa la novedad. Este tendría que dejar espacio, entonces, a la investigación interdisciplinar, al diálogo abierto entre el binomio hombre-tecnología y las consecuencias que este comporta. Oponerse a este proceso, como sugiere Varese (2004, p.309), conlleva el riesgo de perder la capacidad de comprender la realidad.

Con este trabajo, espero haber contribuido a la consideración del medio tecnológico como instrumento eficaz y recurso útil que puede abrir nuevas posibilidades en el campo de la musicoterapia. Yo sostengo que este medio ofrece unas aplicaciones ricas en potencialidad en la terapia musical, posiblemente extendible a otros entornos como la educación (musical, artística, física). Pero la musicoterapia, desde este punto de vista, es un campo privilegiado desde el que poder medir la efectividad del medio tecnológico RMI. Este medio, tiene como finalidad compartir la experiencia artística y social sobre la que se basa la propia expresión, clave individual para la consciencia, comprensión y puente hacia el mundo exterior.

Bibliografia

Adams, N. B. (2004). Digital Intelligence Fostered by Technology. *Journal of Technology Studies*, 30(2), 93-97.

Anderson, R., & Sharrock, W. (1992). Can organisations afford knowledge?. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1(3), 143-161.

Association of Professional Music Therapists (1985). *A Handbook of Terms Commonly In Use In Music Therapy*. Cambridge: APMT Publications.

Benveniste, S., Jouvelot, P., & Michel, R. (2008). Wii game technology for music therapy: a first experiment with children suffering from behavioral disorders. *Multi Conference on Computer Science and Information Systems, MCCIS'08*, 133.

Basbaum, S. R. (2015). Technoaesthesia: The morning after the deluge (of technical images)—thoughts on perception, art and technology in our moistmedia times. *Technoetic Arts*, 13(1-2), 125-136.

Benezon, R. (1988). Musicoterapia: definição, esclarecimento dos termos, música, complementos sonoros, complexo som-ser humano-som. *Benezon R. Teoria da musicoterapia*. Segunda Ed. São Paulo: Summus.

Benford, S., & Giannachi, G. (2011). *Performing mixed reality*. London, England: The MIT Press.

Berger, D.S. (2002). *Music Therapy, Sensory Integration and the Autistic Child*, London, England: Jessica Kingsley.

Bermúdez i Badia, S., Valjamae, A., Manzi, F., Bernardet, Ulysses, Mura, Anna, Manzolli, Jônatas, Verschure, Paul F M J, et al., The Effects of Explicit and Implicit Interaction on User Experiences in a Mixed Reality Installation: The Synthetic Oracle, in *Teleoperators and Virtual Environments*, (2009), 18(4), 277-285.

Bernardet, U., i Badia, S. B., Duff, A., Inderbitzin, M., Le Groux, S., Manzolli, J., Zenon M., Anna Mura, Väljamäe, A., Verschure, P. F. (2010). The eXperience induction machine: a new paradigm for mixed-reality interaction design and psychological experimentation. In *The Engineering of Mixed Reality Systems* (pp. 357-379). London: Springer.

Bevilacqua, F., Naugle, L., Dobrian, C. (2001). Music control from 3D motion capture of dance. In *CHI 2001 for the NIME workshop*.

Bongers, B. (2000). Physical interfaces in the electronic arts. *Trends in gestural control of music*, 41-70.

Bonny, H. L., Savary, L. M. (1973) *Music and your mind*. New York: Station Hill.

Borghi, A. M., Gianelli, C., & Lugli, L. (2011). La dimensione sociale delle affordance: affordance tra io e gli altri. *Sistemi intelligenti*, 2(23), 291 – 300.

Borghi, A. M. (2007). Object concepts and embodiment: Why sensorimotor and cognitive processes cannot be separated. *La nuova critica*, 15(4), 447-472.

Bouhuys, A.L., Bloem, G.M., Groothuis, T.G.G. (1995). Induction of depressed and elated mood by music influences the perception of facial emotional expressions in healthy subjects. *Journal of Affective Disorders*, (33), 215-226.

Boscarol, M. (2006). Hermann Günther Grassmann e la formalizzazione della colorimetria. Recuperato da <http://www.boscarol.com>.

Bresin R., (2005). What is the color of that music performance?. *Proceedings of the International Computer Music Conference – ICMC*, Barcelona 367-370.

Bresin, R., Friberg, A. (2000). Emotional coloring of computer-controlled music performances. *Computer Music Journal*, 24(4), 44-63.

Brooks, A. L. and S. Hasselblad (2004). Creating aesthetically resonant environments for the handicapped, elderly and rehabilitation: Sweden. *Proc. 5th Int. conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies*. Oxford, England: 191-198.

Brooks, T. (2011). *Soundscapes: the evolution of a concept, apparatus and method where ludic engagement in virtual interactive space is a supplemental tool for therapeutic motivation* (PhD Thesis). Recuperata da <http://vbn.aau.dk>.

Brooks, T., A. Camurri, N. Canagarajah, S. Hasselbad (2002). Interaction with shapes and sounds as a therapy for special needs and rehabilitation. *Proceedings of the International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technology, Veszprem, Hungary, ICDVRAT*. Recuperato da https://www.researchgate.net/profile/PM_Sharkey/publication/260853517.

Brotons, M., & Koger, S. M. (2000). The impact of music therapy on language functioning in dementia. *Journal of music therapy*, 37(3), 183-195.

Bruscia, K.E. (1986). Advances competencies in music therapy. *Music Therapy*, 6A (1) 57-56.

Bruscia, K. E., Grocke, D. E., & Grocke, D. E. Eds. (2002). *Guided imagery and music: The Bonny method and beyond* (Vol. 1). Barcelona Publishers.

Burnett, R. (2005). *How images think*. Cambridge, U.S.A.: MIT Press.

Caivano, J. L. (1992). Color y sonido: Correlación sobre bases físicas y psicofísicas. *Argentcolor 1991 Actas del Primer Congreso Argentino del Color*, (1) 27-40.

Calvert, G. A. (2001). Crossmodal processing in the human brain: insights from functional neuroimaging studies. *Cerebral cortex*, 11(12), 1110-1123.

Cámara de Landa E. (2011). Materiales para el estudio de las relaciones entre musicoterapia y etnomusicología. In Hernández, L. A. M. (Ed.). *Terapias artístico creativas* (pp.55-84). Spain, Salamanca: Amarú Publishers.

Camurri A., Coletta P., Varni G., S. Ghisio - Developing multimodal interactive systems with EyesWeb XMI. *Proceedings of the 7th Conference on New Interfaces for Musical Expression*, New York 2007.

Camurri, A., Mazzarino, B., Volpe, G., Morasso, P., Priano, F., & Re, C. (2003). Application of multimedia techniques in the physical rehabilitation of Parkinson's patients. *The Journal of Visualization and Computer Animation*, 14(5), 269-278.

Camurri, A., Volpe, G., Canazza, S., Canepa, C., Roda, A., Zanolla, S., Foresti, G. L. (2010). The 'Stanza Logo-Motoria': an interactive environment for learning and communication. *Proc. of Sound and Music Computing Conference*, 353-360.

Camurri A., Mazzarino L., Volpe G., Morasso P., Priano F., Re C., (2003). Application of multimedia techniques in the physical rehabilitation of Parkinson's patients. *The Journal of Visualization and Computer Animation*, (14) 269-278.

Carter, R. (2014). *The human brain book*. Westminster, England: Penguin.

Caruana, F., Borghi, A.M. (2013a). Embodied cognition: Una nuova psicologia. *Giornale Italiano di Psicologia*, 1, 23-48. DOI: 10.1421/73973.

Caruana, F., Borghi, A.M. (2013b). No Embodied Cognition, no party. *Giornale Italiano di Psicologia*, 1, 119-128. DOI: 10.1421/73987.

Castellano G., Bresin R., Camurri A., Volpe G., Expressive Control of Music and Visual Media by Full-Body Movements. *Proceedings of the 7th Conference on New Interfaces for Musical Expression*, New York 2007.

Castellano, G., Villalba, S. D., & Camurri, A. (2007). Recognising human emotions from body movement and gesture dynamics. In *Affective computing and intelligent interaction*, 71-82.

Collins K., (2011). Making gamers cry: mirror neurons and embodied interaction with game sound. *Proceedings of the 6th Audio Mostly Conference: A Conference on Interaction with Sound*, New York, 39-46.

- Darrigol, O. (2010). The analogy between light and sound in the history of optics from the Ancient Greeks to Isaac Newton. Part 1. *Centaurus*, 52(2), 117-155.
- Davis B., Gfeller K.E., Thaut M.H. (2008). *An introduction to Music Therapy: Theory and Practice*. United States of America: McGraw-Hill.
- De Toro, M. B. (2000). *Fundamentos de musicoterapia*. Madrid, Spain: Morata.
- Della Marina A., Il rapporto suono-colore nella metodologia di Luigi Veronesi, <http://www.antoniodellamarina.com>.
- DeNora, T. (2000). *Music in everyday life*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- DeNora, T. (2003). *After Adorno: rethinking music sociology*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Di Scipio (2013). *Pensare le tecnologie del suono e della musica*. Napoli, Italia: Editoriale Scientifica.
- Dobrian, C., & Bevilacqua, F. (2003, May). Gestural control of music: using the vicon 8 motion capture system. In *Proceedings of the 2003 conference on New interfaces for musical expression*, National University of Singapore, 161-163.
- Dolcos F, Denkova E. (2008). Neural correlates of encoding emotional memories: A review of functional neuroimaging evidence. *Cell Science Reviews*, (5)78–122.
- Dourish, P. (2004). *Where the action is*. London, England: MIT press.
- Ellis, P. (1995). Developing abilities in children with special needs: A new approach. *Children & Society*, 9(4), 64-79.
- Ellis, P. (2009). Improving Quality of Life and Well-Being for Children and the Elderly through Vibroacoustic Sound Therapy, Universal Access in Human-Computer Interaction - *Addressing Diversity: 5th International Conference*.

Eng, K., Babler, A., Bernardet, U., Blanchard, M., Briska, A., Conradt, J., Costa, M., Delbrück T., Douglas, R.J., Hepp, K., Manzolli, J., Mintz, M., Roth, F., Rutishauser, U., Wasserman, K., Whatley, A.M., Wittmann, Wyss, Verschure, P. F. (2002). Ada: Constructing a synthetic organism. *Intelligent Robots and Systems, 2002. IEEE/RSJ International Conference, (2)*1808-1813.

Eng, K., Babler, A., Bernardet, U., Blanchard, M., Costa, M., Delbrück, T., Douglas, R.J., Hepp, K., Manzolli, J., Mintz, M., Roth, F., Rutishauser, U., Wasserman, K., Whatley, A.M., Wittmann, Wyss, Verschure, P. F. (2003a). Ada-intelligent space: an artificial creature for the swiss Expo. *ICRA (02)* 4154-4159.

Eng, K., Klein, D., Babler, A., Bernardet, U., Blanchard, M., Costa, M., Delbrück T., Douglas, R.J., Hepp, K., Manzolli, J., Mintz, M., Roth, F., Rutishauser, U., Wasserman, K., Whatley, A.M., Wittmann, Wyss, R., Verschure, P. F. (2003b). Design for a brain revisited: the neuromorphic design and functionality of the interactive space 'Ada'. *Reviews in the Neurosciences, 14*(1-2), 145-180.

Eng, K., Douglas, R. J., & Verschure, P. F. (2005). An interactive space that learns to influence human behavior. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, 35*(1), 66-77.

Eschen, J. T. (2002). *Analytical music therapy*. London, England: Jessica Kingsley Publishers.

Eysenck, H. J. (1941). A critical and experimental study of colour preferences. *The American Journal of Psychology, 385-394*.

Faggioli, M. (2011). *Tecnologie per la didattica*. Milano, Italia: Apogeo Editore.

Flanagan, J. R., Nakano, E., Imamizu, H., Osu, R., Yoshioka, T., & Kawato, M. (1999). Composition and decomposition of internal models in motor learning under altered kinematic and dynamic environments. *Journal of Neuroscience, 19*, 1-34.

Foucault, M. (1982). The Subject and Power. *Crit Inquiry, (8)*4, 777–795

Frauenberger, C., Good, J., Keay-Bright, W. (2011). Designing technology for children with special needs: bridging perspectives through participatory design. *CoDesign, 7*(1), 1-28.

- Gabrieli, J.D., Corkin, S., Mickel, S.F., Growdon, J.H. (1993). Intact acquisition and long-term retention of mirror-tracing skill in Alzheimer's disease and in global amnesia. *Behavioural Neuroscience* 107, 899–910.
- Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotorcortex. *Brain*, 119, 593-609.
- Gallese V., (2005). Embodied simulation: from neurons to phenomenal experience. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 4, 23–48.
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. New York, United States: Basic books.
- Gibson, J. (1986). *Un approccio alla percezione visiva*. Milano, Italia: Fabbri Editori.
- Gibson, J. (2002). A theory of direct visual perception. In Nöe A. & Thompson E. (Eds.), *Vision and Mind: selected readings in the philosophy of perception (77-90)*. Cambridge, England: MIT Press.
- Godøy, R. I. (2003). Motor-mimetic music cognition. *Leonardo*, 36(4), 317-319.
- Goldstein, E. (2013). Introduction to Perception. *Sensation and perception (3-20)*. Boston, United States: Cengage Learning.
- Gorman, M., Betke, M., Saltzman, E., & Lahav, A. (2005). Music Maker—A Camera-based Music Making Tool for Physical Rehabilitation. *Computer Science Technical Report*, 32, 2005.
- Greeno, J. G. (1994). Gibson's Affordances. *Psychological Review*, 101(2), 336-342.
- Heller E., (2012). *Psicología del color: como actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Barcelona, Spain: Editorial Gustavo Gili.
- Hirokawa E., Ohira H., (2003). The effects of music listening after a stressful task on immune functions, neuroscience responses and emotional states in college students. *Journal of Music Therapy*, XL (3) 189-211.

Holden, M. K. (2005). Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review." *Cyber Psychology & Behavior*, 8(3), 187-219.

Holland, S., Wilkie, K., Mulholland, P., Seago, A. (2013). Music Interaction: Understanding Music and Human-Computer Interaction. In S. Holland, K. Wilkie, P. Mulholland, & A. Saego (Eds), *Music and Human-Computer Interaction* (pp. 1-28). London, England: Springer.

Hunt, A., Kirk, R., Neighbour, M. (2004). Multiple Media Interfaces for Music Therapy. *Multimedia IEEE*, 11(3), 50-58.

Hunt, A., Wanderley M., Paradis, M., (2002). The importance of parameter mapping in electronic instrument design. *Proceedings of the 2002 Conference on New Instruments for Musical Expression (NIME-02)*, Dublin, Ireland.

Hunt, A., Wanderley M., Kirk., R., (2000). Towards a Model for Instrumental Mapping in Expert Musical Interaction. *Proceedings of the 2000 International Computer Music Conference. San Francisco, International Computer Music Association*, 209 – 212.

Iazzetta, F. (2000). Meaning in music gesture., Battier M., Wanderley M. (Eds.) *Trends in gestural Control of Music*. Paris, France: IRCAM-Centre Pompidou.

Ihde, D. (2002). *Bodies in technology*. Minnesota, United States: University of Minnesota Press.

Johnson, M. (1987). *The Body in the mind: The bodily basis of meaning, reason and Imagination*. Chicago, United States: University of Chicago Press.

Jones, T. D. (1972). *The Art of Light & Color*. Denmark: Van Nostrand Reinhold

Jordà, S., Geiger, G., Alonso, M., & Kaltenbrunner, M. (2007). The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces. *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction, ACM*, 139-146.

Juslin, P. N., & Västfjäll, D. (2008). Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and brain sciences*, 31(05), 559-575.

- Kadosh, R. C., Henik, A., Catena, A., Walsh, V., & Fuentes, L. J. (2009). Induced cross-modal synaesthetic experience without abnormal neuronal connections. *Psychological Science*, 20(2), 258-265.
- Kawato, M. (1999). Internal models for motor control and trajectory planning. *Current opinion in neurobiology*, 9(6), 718-727.
- Keay-Bright, W. (2007). The reactive colours project: demonstrating participatory and collaborative design methods for the creation of software for autistic children. *Design principles & practices: An International Journal*, 1(2), 7-15.
- Keay-Bright, W. (2008). Tangible technologies as interactive play spaces for children with learning difficulties: the Reactive Colours project. *The International Journal of Technology, Knowledge and Society*, (4)1-19. Recuperato da <https://repository.cardiffmet.ac.uk/dspace/bitstream/10369/773/1/>.
- Keay-Bright, W., & Howarth, I. (2012). Is simplicity the key to engagement for children on the autism spectrum?. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2), 129-141.
- Kensinger EA., (2009). Remembering the details: Effects of emotion. *Emotion Review*, (1)99–113. doi: 10.1177/1754073908100432.
- Kientz, J. A., Hayes, G. R., Westeyn, T. L., Starner, T., & Abowd, G. D. (2007). Pervasive computing and autism: Assisting caregivers of children with special needs. *IEEE Pervasive Computing*, (1), 28-35.
- Koelsch S. (2009). A Neuroscientific Perspective on Music Therapy. *The Neurosciences and Music III—Disorders and Plasticity: Ann. New York Academy of Science*, (1169) 374–384.
- Koelsch, S. (2005). Investigation emotion with music: Neuroscientific approaches. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 412-418. doi:10.1196/annals.1360.034.

Koelsch, S., Fuermetz, J., Sack, U., Bauer, K., Hohenadel, M., Wiegel, M., Kaisers, U., Heinke, W. (2011). Effects of music listening on cortisol levels and propofol consumption during spinal anesthesia. *Frontiers in psychology*, 2.

Koger, S. M., Chapin, K., Brotons, M. (1999). Is music therapy an effective intervention for dementia? A meta-analytic review of literature. *Journal of Music Therapy*, 36(1), 2-15.

Kontogeorgakopoulos, A., Wechsler, R., Keay-Bright, W. (2013). Camera-Based Motion Tracking and Performing Arts for Persons with Motor Disabilities and Autism. *Disability Informatics and Web Accessibility for Motor Limitations*, 294-322.

Kozel, S. (2007). *Closer: performance, technologies, phenomenology*. London, England: MIT Press.

Krüger, V. (2000). The Use of Information Technology in Music Therapy. *Norsk Tidsskrift for Musikkterapi*, 9(2), 77-83.

Krüger, V. (2007). Music as narrative technology. *Voices: A world Forum for Music Therapy*, 7(2).

Lang, P.J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: computer applications. In Sidowski, J.B: , Johnson, J.H. & Williams T.A.(Eds.) *Technology in mental healthcare delivery systems* (pp. 119-137). Norwood, United States: Ablex.

Larson, R. (1995) Secrets in the bedroom: Adolescents' private use of media. *Journal of Youth and Adolescence*, (24), 535–50.

Lakoff G., Johnson M., (1980). *Metaphors We Live By*. Chicago, United States: University of Chicago Press.

Laskowski, E. R., Newcomer-Aney, K., Smith, J. (1997). Refining rehabilitation with proprioception training: expediting return to play. *Physician and sportsmedicine*, 25(10), 89-102.

- Le Groux, S., Manzolli, J., Verschure, P. F. M. J., Sanchez, M., Luvizotto, A., Mura, A., Valjamae A., Guger C., Prueckl R., Bernardet, U. (2010). Disembodied and collaborative musical interaction in the multimodal brain orchestra. In *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 309-314.
- Leman, M. (2008). *Embodied music cognition and mediation technology*. London, England: MIT Press.
- Levisohn, A., Schiphorst, T. (2011). Embodied engagement: Supporting movement awareness in ubiquitous computing systems. *Ubiquitous Learning: An International Journal*, 3, 97-111.
- Lin, S. T., Yang, P., Lai, C. Y., Su, Y. Y., Yeh, Y. C., Huang, M. F., & Chen, C. C. (2011). Mental health implications of music: insight from neuroscientific and clinical studies. *Harvard review of psychiatry*, 19(1), 34-46.
- López-Cano, R., & Opazo, Ú. S. C. (2014). Investigación artística en música. Spain, Barcelona: ESMUC.
- Lorenzo, A. (1999). La improvisación clínica: Método Nordoff-Robbins, *Revista mæstica, terapia y comunicación*.
- Lorenzo, A. (2000). Mi aportacion a la Musicoterapia: metodologia y practica, *Revista Musica, Terapia y Comunicacion*, 20, (CIM) Bilbao.
- Luigi Verdi (1996). Kandinskij e la musica. *Civiltà musicale*, Milano, Italia: Fabbri Editori.
- Machover, T. (2004). Shaping minds musically. *BT Technology Journal*, 22(4), 171-179.
- Magee, W. L. (2006). Electronic technologies in clinical music therapy: A survey of practice and attitudes. *Technology and Disability IOS Press*, 18, 139-146.
- Maratos, A., Crawford, M. J., & Procter, S. (2011). Music therapy for depression: it seems to work, but how?. *The British Journal of Psychiatry*, 199(2), 92-93.

Mather, M., Sutherland, M. R. (2011). Arousal-biased competition in perception and memory. *Perspectives on Psychological Science*, 6(2), 114-133.

Mauri C., Solanas A., Granollers T., Parés N., Bagés J., García M. (2009). Entorno interactivo multimodal para personas con parálisis cerebral. *IV Jornadas Iberoamericanas de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad*, Madrid, 35-43.

Mazzoni, P., Krakauer, J. W., (2006). An implicit plan overrides an explicit strategy during visuomotor adaptation. *The Journal of Neuroscience*, 26(14), 3642-3645.

McLuhan, M., & Capriolo, E. (1986). *Gli strumenti del comunicare*. Milano, Italia: Garzanti.

Medeiros, C. B., & Wanderley, M. M. (2014). A comprehensive review of sensors and instrumentation methods in devices for musical expression. *Sensors*, 14(8), 13556-13591.

Merleau-Ponty, M. 1998. *Phenomenology of Perception*. London, England: Routledge.

Merriam, A. P. (1964). *The anthropology of music*. Illinois, United States: Northwestern University Press.

Milgram, P., Kishino, F. (1994) A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans. Information and Systems E77-D*, (12), 1321–1329.

Miranda, E. R., Wanderley, M. M. (2006). *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*. Middleton, United States: AR Editions, Inc.

Moens, B., Muller, C., van Noorden, L., Franěk, M., Celie, B., Boone, J., Bourgois J., Leman, M. (2014). Encouraging spontaneous synchronisation with D-Jogger, an adaptive music player that aligns movement and music. *PloS one*, 9(12), e114-234.

Moens, B., van Noorden, L., & Leman, M. (2010). D-jogger: Syncing music with walking. *Proceedings of SMC*.

- Moriya, H., & Nittono, H. (2013). Influences of mood valence and arousal on the breadth of visual attentional focus: An ERP study. *Frontiers in Human Neuroscience Annual meeting of the Australasian Society for Psychophysiology*, 37. doi: 10.3389/conf.fnhum.
- Morris, J. D. (1995). Observations: SAM: the Self-Assessment Manikin; an efficient cross-cultural measurement of emotional response. *Journal of advertising research*, 35(6), 63-68.
- Mulder, A. (2000). Towards a choice of gestural constraints for instrumental performers. *Trends in gestural control of music*, 315-335.
- Munsell, A. H. (1907). *A Color Notation: A Measured Color System, Based on the Three Qualities, Hue, Value, and Chroma, with Illustrative Models, Charts, and a Course of Study Arranged for Teachers*. Boston: GH Ellis.
- Nakevska M., van der Sanden A., Funk M. Hu J., Rauterberg M. (2014). Interactive Storytelling in a Mixed Reality Environment: The Effects of Interactivity on User Experiences, Y. Pisan, T. Marsh (Eds.), *Entertainment Computing - CEC 2014*, (pp. 52–59), London, England: Springer.
- Naz, K. A. Y. A., Epps, H. (2004). Relationship between color and emotion: A study of college students. *College Student J*, 38(3), 396.
- Newton, I. (2001). *Optik*. London, England: Springer.
- Nguyen, T. (2006). Hyperinstruments. *Helsinki University Of Technology Telecommunications Software and Multimedia Laboratory*.
- Noë, A., O'Regan, J. K. (2002). On the brain-basis of visual consciousness: a sensorimotor account. *Vision and mind: Selected readings in the philosophy of perception*, 567-598.
- Nordoff, P. and Robbins, C. (1977) *Creative Music Therapy*. New York: John Day. (Out of print. New revised edition forthcoming). Barcelona, Spain: Gilsum.
- Nordoff, P., & Robbins, C. (2007). *Creative music therapy: A guide to fostering clinical musicianship*. Barcelona, Spain: Barcelona Pub.

Norton, J. C., (2008). *Motion capture to build a foundation for a computer-controlled instrument by study of classical guitar performance*. (Ph.D. thesis). Recuperata da gradworks.umi.com.

O'Regan, J. K., & Nöe, A., (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and Brain Sciences*, 24 (5).

Ou, L. C., Ronnier Luo, M., Sun, P. L., Hu, N. C., Chen, H. S., Guan, S. S., Woodcock A., Caivano J.L., Huertas, R., Tremeau A., Billger, M., Izadan, H., Richter, K. (2012). A cross-cultural comparison of colour emotion for two-colour combinations. *Color Research & Application*, 37(1), 23-43.

Partesotti, E. (2005). *Luigi Nono e i Pink Floyd: strategie di registrazione e diffusione del suono a confronto*. (BA Thesis), Recuperata da Conservatorio di Padova.

Partesotti, E., Tavares, T. F. (2014). Color and emotion caused by auditory stimuli. *Proceedings of ICM-SMC*, 900-904, Athens.

Peñalba, A. (2005). El cuerpo en la música a través de la teoría de la Metáfora de Johnson: análisis crítico y aplicación a la música. *Trans. Revista Transcultural de Música*, (9), 0.

Peñalba, A. (2008). *El cuerpo en la interpretación musical. Un modelo teórico basado en las propiocepciones en la interpretación de instrumentos acústicos, hiperinstrumentos e instrumentos alternativos*. (PhD Thesis), Recuperata da Universidad de Valladolid: Publicazione digitales

Peñalba, A. (2010). Nuevas relaciones gestuales del intérprete. *Trans. Revista Transcultural de Música*, (14), 1-12.

Peñalba, A., Wechsler, R. (2010). Danza interactiva con niños con parálisis cerebral. *XXVII Congreso de la Asociación Española de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 7(8).

Peñalba, A. (2011). Towards a theory of proprioception as a bodily basis for consciousness in music. D. Clarke & E. F. Clarke (Eds), *Music and Consciousness: Philosophical, Psychological, and Cultural Perspectives* (pp. 215-230). Oxford, England: Oxford University Press.

- Peñalba, A., Valles, M., Partesotti, E., Castañón, R., Sevillano, M. (2015). Types of interaction in the use of MotionComposer, a device that turns movement into sound. *Proceedings of ICMEM, University of Sheffield*.
- Peñalba, A. (2015) “Expresión musical digital con alumnos con discapacidad motora”. *Revista Eufonía*, N. 65. Octubre, 2015.
- Perkins, D. D., Zimmerman, M. A. (1995). Empowerment theory, research, and application. *American journal of community psychology*, 23(5), 569-579.
- Piper, A. M., O'Brien, E., Morris, M. R., Winograd, T. (2006, November). SIDES: a cooperative tabletop computer game for social skills development. *Proceedings of the 2006 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work* , 1-10.
- Porayska-Pomsta, K., Frauenberger, C., Pain, H., Rajendran, G., Smith, T., Menzies, R., Foster, M.E., Alcorn, A., Wass, S., Bernadini, S., Avramides, W., Keay-Bright, W., Chen, J., Waller, A., Guldberg., K, Good., J., Lemon, O. (2012). Developing technology for autism: an interdisciplinary approach. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(2), 117-127.
- Posner, J., Russell, J. A., & Peterson, B. S. (2005). The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. *Development and psychopathology*, 17(03), 715-734.
- Prensky, M., (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment, ACM Computers in Entertainment*, 1(1), 21.
- Prescott, T. J., Lepora, N., & Vershure, P. F. (2014, March). A future of living machines?: International trends and prospects in biomimetic and biohybrid systems. *SPIE Smart Structures and Materials Nondestructive Evaluation and Health Monitoring*, 905502-905502.
- Pridmore, R. W. (1992). Music and color: Relations in the psychophysical perspective. *Color Research & Application*, 17(1), 57-61.

Raglio, A., Bellelli, G., Mazzola, P., Bellandi, D., Giovagnoli, A. R., Farina, E., Stramba-Badiale M., Gentile, S., Gianelli, M.V., Ubezio M.C., Zanetti, O., Trabucchi, M. (2012). Music, music therapy and dementia: a review of literature and the recommendations of the Italian Psychogeriatric Association. *Maturitas*, 72(4), 305-310.

Raglio, A., Oasi, O., Gianotti, M., Manzoni, V., Bolis, S., C Ubezio, M., Gentile, S., Villani, D., Stramba-Badiale, M. (2010). Effects of music therapy on psychological symptoms and heart rate variability in patients with dementia. A pilot study. *Current aging science*, 3(3), 242-246.

Ramachandran, V. S., Oberman, L. M. (2006). Broken mirrors: a theory of autism. *Scientific American*, 295(5), 62-69.

Ramachandran, V. S., Hubbard, E. M., Butcher, P. A., Calvert, G. A., Spence, C., & Stein, B. E. (2004). Synesthesia, cross-activation, and the foundations of neuroepistemology. *The Handbook of Multisensory Processes*, MIT Press, Cambridge MA, 867-883.

Rizzo, A. A. , Kim G.J. (2005). A SWOT Analysis of the Field of Virtual Reality Rehabilitation and Therapy. *Presence* 14(2), 119 - 146.

Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2006). *So quel che fai: il cervello che agisce ei neuroni specchio*. Milano, Italia: R. Cortina ed.

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, 3, 131-141.

Rogers, C. R. (1977). *Proceso de convertirse en persona*. Buenos Aires, Argentina: Paidós.

Rouw, R., & Scholte, H. S. (2007). Increased structural connectivity in grapheme-color synesthesia. *Nature neuroscience*, 10(6), 792-797.

Rolvjord, R. (2004). Therapy as empowerment: Clinical and political implications of empowerment in mental health practices of music therapy. *Nordic Journal of Music Therap*, 13(2), 99-111.

- Ruggieri, V., (1997). L'esperienza estetica. Fondamenti psicofisiologici per un'educazione estetica. Italia: Armando editori.
- Rovan, J. B., Wanderley, M. M., Dubnov, S., Depalle P., (1997). "Instrumental Gestural Mapping Strategies as Expressivity Determinants in Computer Music Performance". In *Proceedings of the KANSEI The Technology of Emotion Workshop*, Genoa, 68-73.
- Ruud, E. (2000). "New Musicology", Music Education and Music Therapy. *Nordic Journal of Music Therapy*.
- Sacks, O. (2007). *Musicophilia*. New York, United States: Alfred A.
- Saito, M. (1996). A comparative study of color preferences in Japan, China and Indonesia, with emphasis on the preference for white. *Perceptual and Motor Skills*, 83(1), 115-128.
- Schiavio A. (2012). Constituting the musical object: a neurophenomenological perspective on musical research. *Teorema: Revista Internacional de Filosofia*, 63-80.
- Schiavio, A., & Høffding, S. Schiavio, A., Høffding, S. (2015). Playing together without communicating? A pre-reflective and enactive account of joint musical performance. *Musicae Scientiae*, 1-23.
- Sebba, R. (1991). Structural correspondence between music and color. *Color Research & Application*, 16(2), 81-88.
- Sherratt, K., Thornton, A., Hatton, C. (2004). Music interventions for people with dementia: a review of the literature. *Aging & Mental Health*, 8(1), 3-12.
- Slater, M., Steed, A. (2000). A virtual presence counter. *Presence*, 9(5), 413-434.
- Smyth, M. (2002). Culture and Society. *Music, Music Therapy and Trauma: International Perspectives*, 57.
- Specht, K. (2012). Synaesthesia: cross activations, high interconnectivity, and a parietal hub. *Translational Neuroscience*, 3(1), 15-21.

Steinbeis, N., Koelsch, S., Sloboda, J. A. (2005). Emotional processing of harmonic expectancy violations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060(1), 457-461.

Stige, B., (2002). *Culture-Centered Music Therapy*. Barcelona, Spain: Gilsum NH, Barcelona publishers.

Sutton, J. P. (2002). *Music, music therapy and trauma: International perspectives*. London, England: Jessica Kingsley Publishers.

Swingler, T. (1998). The invisible keyboard in the air: An overview of the educational, therapeutic and creative applications of the EMS Soundbeam™. *2nd European Conference for Disability, Virtual Reality & Associated Technology*.

Takahashi, T., Matsushita, H. (2006). Long-term effects of music therapy on elderly with moderate/severe dementia. *Journal of Music Therapy*, 43(4), 317-333.

Theeuwes, J., Van der Burg, E., Olivers, C. N., & Bronkhorst, A. W. (2006). Cross-modal interactions between sensory modalities: Implications for the design of multisensory displays. *Attention: From theory to practice*, 196-208.

Tsang, T., & Schloss, K. B. (2010). Associations between color and music are mediated by emotion and influenced by tempo. *The Yale Review of Undergraduate Research in Psychology*, 82.

Valles Martínez, M. (1997). *Técnicas cualitativas de investigación social: reflexión metodológica y práctica profesional*. Madrid, Spain: Síntesis.

Valjamae, A., Manzi, F., Bernardet, U., Mura, A., Manzolli, J., & Verschure, P. F. (2009). The effects of explicit and implicit interaction on user experiences in a mixed reality installation: The synthetic oracle. *Presence*, 18(4), 277-285.

Varela, F. J., Rosch, E., & Thompson, E. (2011). *De cuerpo presente: las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. Barcelona, Spain: Gedisa.

- Veronesi L., Proposta per una ricerca sui rapporti fra suono e colore (1977), Milano, Spain: *Archivio Luigi Veronesi*.
- Vershure P., Manzolli J. (2013). Computational modeling of Mind and Music. In Arbib, M. A. (Ed.), *Language, music, and the brain: A mysterious relationship* (pp.393-417). Cambridge, London: Cambridge, MIT Press.
- Von Laban, R. (1999). *L'arte del movimento*. E.Casini & S.Salvagno (Eds.). Macerata, Italia: Cooperativa Ephemeria Editrice.
- Wagner, I., Broll, W., Jacucci, G., Kuutii, K., McCall, R., Morrison, A., Schmalstieg, D., Terrin, J. (2009). On the role of presence in mixed reality. *Presence*, 18(4), 249-276.
- Wanderley, M. M., Depalle, P. (2004). Gestural control of sound synthesis. *Proceedings of the IEEE*, 92(4), 632-644.
- Ward, J., Thompson-Lake, D., Ely, R., Kaminski, F. (2008). Synaesthesia, creativity and art: What is the link?. *British Journal of Psychology*, 99(1), 127-141
- Wasserman, K., Manzolli, J., Eng, K., Verschure, P., (2003). Live soundscape composition based on synthetic emotions: Using music to communicate between an interactive exhibition and its visitors. *IEEE MultiMedia*, 10(4), 82-90.
- Watson, T. (2007). *Music therapy with adults with learning disabilities*. London, England: Routledge.
- Wells, A. (1980). Music and visual color: A proposed correlation. *Leonardo*, 101-107.
- Wigram, T., Pedersen, I. N., & Bonde, L. O. (2002). *A comprehensive guide to music therapy*. London, England: Jessica Kingsley Publishers.
- Willingham DB (2001) Becoming aware of motor skill. *Trends Cogn Sci* 5:181–182.
- Witthoft, N., & Winawer, J. (2013). Learning, memory, and synesthesia. *Psychological science*.

World Federation of Music Therapy, Bulletin 1, July 1997.

Zhang, Z. (2012). Microsoft kinect sensor and its effect. *MultiMedia, IEEE*, 19(2), 4-10.

Zimmerman, M. A. (2000). Empowerment theory. *Handbook of community psychology*, 43-63. United States: Springer.

Zimmerman, M. A. (1995). Psychological empowerment: Issues and illustrations. *American journal of community psychology*, 23(5), 581-599.

Siti web

Brain Opera: <http://park.org/Events/BrainOpera/text-site/big.html> ultima consultazione 20 agosto 2014.

i3net. CAREHERE. creating aesthetically resonant environments for the handicapped, elderly and rehabilitation. <http://www.bristol.ac.uk/carehere/>, Consultato il 17 novembre 2014.

Machover, Tod. 1998. *Hyperinstruments*. [Online]. Disponibile su: <http://web.media.mit.edu/~tod/Tod/hyper.html>. [Ref. 15 Agosto 2014].

Machover, Tod. 2006b. *Brain Opera Vienna*. [Online]. Disponibile su: <http://www.media.mit.edu/hyperins/projects/brainoperavienna.html>. [Ref. 15 agosto 2014].

Machover, Tod. 2006c. Dreaming a New Music. *Chamber Music*. [Online]. October Issue. Pages 47-54. [Ref. 15 agosto 2014]. Available from: <http://www.chamber-music.org/pdf/magazine/2006/Oct2006Dreaming.pdf>.

Maryon, E. (1924). *The Science of Tone-Color*. CC Birchard & Co., Boston. <http://www.scribd.com/doc/31425/Edward-Maryon-Marcotone-the-Science-of-ToneColor-1924>ultima consulta 13 Febrero 2013, Ed. by Ellen C. Carter, pp. 23-43, February 2012.

The Brain Opera Technical System in : <http://web.media.mit.edu/~joep/TTT.BO/index.html> ultima consultazione 20 agosto 2014. Machover, Tod. 1998. *Hyperinstruments*. [Online]. Disponibile su: <http://web.media.mit.edu/~tod/Tod/hyper.html>. [Ref. 15 Agosto 2014].

Indice delle abbreviazioni

AF. Affordances Molteplici

AE. Apprendimento Effettivo

CARE HERE. Creating Aesthetically Environments for the Handicapped, Elderly and Rehabilitation

DAC. Controllo Adattivo Distribuito, in ADA

DIY. Do It Yourself

PD. Disturbo di Parkinson

BPDS. Sintomi Psicologici e Comportamentali della Demenza

CSM. Contingenze Sensorimotorie

DMI. Digital Musical Instrument – Strumenti Musicali Digitali

DSA. Disturbo dello Spettro Autistico

EC. Empowerment Creativo

E-MOCOMU. E-motion Color and Music – e-mozione, colore e musica

GN. Gruppo Neutro

GM. Gruppo Musicisti

GA. Gruppo Artisti

IS. Schemi d'Immagini

IUC. Interazione Uomo Macchina

MOCAP. Motion Capture System – Sistemi di cattura del movimento

MS. Mappe Sensorimotorie

MT. Musicoterapia

PE. Psicologia dell'Empowerment

PM. Proiezioni Metaforiche

RMI. Realtà Mista Interattiva

SAM. Self-Assessment Manikin

SB. Sound Beam

TCS. Teoria delle Contingenze Sensorimotorie

WFMT. Federazione Mondiale di Musicoterapia

Indice delle Figure

<i>Figura 0. Procedimento metodologico</i>	33
<i>Tabella 1. Tipologia di feedback di un DMI</i>	49
<i>Tabella 2. Sottocategorie di preferenza</i>	51
<i>Tabella 3. Tipologie di controllers</i>	53
<i>Figura 4. Music Gloves</i>	53
<i>Figura 5. Disklavier Yamaha</i>	54
<i>Figura 6. Moog</i>	55
<i>Figura 7. Radio Baton</i>	56
<i>Figura 8. Kinect</i>	61
<i>Figura 9. Mappatura del corpo</i>	61
<i>Tabella 10. Sistemi MOCAP</i>	62
<i>Tabella 11. Iperstrumenti e Music Toys</i>	68
<i>Figura 12. Music Toys</i>	69
<i>Figura 13. Due ambienti di Brain Opera</i>	70
<i>Figura 14. Rhythm Tree</i>	71
<i>Figura 15. ADA</i>	74
<i>Figura 16. ADA interno</i>	75
<i>Figura 17. ReacTable</i>	77
<i>Tabella 18. Opzioni di interazione offerte in Cosmogony</i>	78
<i>Figura 19. Biophilia</i>	80
<i>Figura 20. Sound Beam</i>	82
<i>Figura 21. Care Here</i>	84
<i>Figura 22. Motion Composer</i>	87
<i>Figura 23. Aree percettive del cervello</i>	96
<i>Figura 24. Aree del cervello in dettaglio</i>	97
<i>Figura 25. Diagramma di Venn sulla propriocezione</i>	102
<i>Figura 26. Propriocettori della pelle e del muscolo</i>	107
<i>Tabella 27. Propriocettori</i>	108
<i>Tabella 28. Tassonomia tra tecnologie e propriocettori</i>	112
<i>Figura 29. Equilibrio dell'asse</i>	132
<i>Figura 30. Risultati dell'esperimento</i>	147
<i>Figura 31. fMRI del cervello</i>	150
<i>Figura 32. Mappa delle zone del cervello</i>	151
<i>Figura 33. Optick, Netwon</i>	156
<i>Figura 34. Schema di Newton con note e colori</i>	157
<i>Tabella 35. Schema riassuntivo di Newton</i>	158
<i>Figura 36. Schema di Munsell</i>	159
<i>Figura 37. Schema proposto da Wells</i>	161
<i>Tabella 38. Schema di Kandinsky e Scriabin</i>	162
<i>Figura 39. Antinomie secondo Kandinsky</i>	163
<i>Tabella 40. Il movimento delle antinomie</i>	164
	291

<i>Tabella 41. Schemi di Scriabin, Marion e Newton</i>	165
<i>Figura 42. Teoria di Veronesi</i>	167
<i>Figura 43. Rappresentazione della dinamica musicale</i>	169
<i>Figura 44. Rappresentazione cromatica musicale</i>	170
<i>Figura 45. Indicatori di Empowerment</i>	174
<i>Figura 46. Processo alla base del concetto di affordances molteplici</i>	206
<i>Figura 47. Schema concettuale</i>	216
<i>Figura 48. Applicazione di Synapse per Mac</i>	219
<i>Figura 49. Piano orizzontale di e-mocomu</i>	220
<i>Figura 50. Mapping di e-mocomu</i>	221
<i>Figura 51. Patch di e-mocomu</i>	222
<i>Figura 52. Patch di Pure Data</i>	223
<i>Figura 53. E-mocomu1</i>	225
<i>Figura 54. Fermo immagini di e-mocomu2</i>	226
<i>Figura 55. Sala dell'esperimento</i>	232
<i>Figura 56. Design audiovisuale di emocomu1 proposto nell'esperimento</i>	233
<i>Figura 57. Foto dell'esperimento</i>	234
<i>Figura 58. Due delle fasi proposte nell'esperimento</i>	236
<i>Tabella 59. Esercizi proposti ad ogni gruppo</i>	237
<i>Figura 60. Self-Assessment Manikin di Lang</i>	238
<i>Figura 61. Valence e arousal prima e dopo l'esperimento</i>	240
<i>Figura 62. Circumplex Model of Affect di valence e arousal</i>	241
<i>Figura 63. Accelerazione nel tempo di due soggetto</i>	243
<i>Figura 64. Stimolo utilizzato nella memorizzazione</i>	244
<i>Figura 65. Interazione all'interno di una tecnologia RMI</i>	259

Appendice

Tramite di patente del prototipo e-mocomu.



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Plaza de Santa Cruz, 5, Bajo
47002 Valladolid

Madrid, a 22 de septiembre de 2014

Admisión a trámite de la solicitud de Patente Nacional 201400740

La Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) le comunica que su solicitud de patente 201400740 ha sido admitida a trámite con asignación de fecha de presentación correspondiente al día 10/09/2014 y que no se encuentra afectada por lo previsto en el Título XII de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes, relativo a patentes secretas.

De acuerdo con el artículo 59.2 de la Ley 11/1986 de Patentes, a partir de la fecha antes mencionada usted podría gozar de una protección provisional frente a cualquier tercero que hubiera llevado a cabo una utilización de la invención siempre y cuando notifique a dicho tercero la presentación y el contenido de esta solicitud. Esta protección implicaría el derecho a exigir una indemnización razonable si dicho tercero prosiguiera utilizando su invención entre la fecha de la notificación y la fecha de publicación de la mención en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (BOPI) de que la patente ha sido concedida. El citado derecho existiría a partir de la fecha de notificación fehaciente y se podría ejercer una vez se publicara la mención de la concesión en el BOPI. El BOPI puede consultarse en la web de la OEPM.

La OEPM le remitirá cumplida información de las diferentes etapas del procedimiento de concesión con indicación de los actos a llevar a cabo, los plazos para cumplimentarlos y las fechas a partir de las cuales dichos plazos comienzan a contar.

Para cualquier consulta en relación con su expediente, puede ponerse en contacto con la OEPM llamando al teléfono de información 902 157 530 (en horario de 9:00 a 14:30, de lunes a viernes).

Atentamente,

Fdo.: Leopoldo Belda Soriano
Jefe de Área de Examen de Patentes

OEPM, Paseo de la Castellana, 75 – 28071 Madrid (España) – Tel: (+34) 902 157 530 – Fax: (+34) 91 349 5597
1001P (11.07)

1 de 1

Deisgn del prototipo e-mocomu.



Intervista rilasciata al quotidiano “El Mundo” sulla creazione e gli obiettivi di e-mocmou.

EL MUNDO DE CASTILLA Y LEÓN / AÑO III / MARTES 23 DE DICIEMBRE DE 2014

INNOVADORES 3

Pintar y componer en el aire

Una doctoranda de la UVA desarrolla en su tesis una herramienta que mezcla color, música y juego para mejorar las capacidades neuronales y motoras de personas con trastornos a través del arte y de una manera lúdica. Por **M. Ángel Rodríguez**

Ver la música, sentir el color; hay quien lo considere un don. Y, ante su conocimiento, no son pocas las personas a las que les gustaría vivir ese ‘estado’ por momentos o durante algún minuto más. Lo más curioso es que virtuosos como Kandinsky y Kupka en artes plásticas o Franz Liszt y Robert Schumann tuvieron lo que para unos es una suerte y, para otros, una desgracia. Es la sinestesia.

Esa sensación llamó la atención de Elena Partesotti, italiana –de Padua– y que realiza su tesis doctoral en la Universidad de Valladolid. La musicóloga investigó sobre ello en el pasado; quería conocer su alcance.

Pero también realizó un máster en Musicoterapia en Madrid. Con lo cual esa mezcla de color, arte y música –muy *sinestésico*– con un fin terapéutico y en plena era digital, desembocó en una lúdica herramienta informática que sirve tanto para ayudar a personas con algún trastorno neuronal como para divertirse jugando en familia.

Nació el primer prototipo de ‘E-Mocomu: E-Motion Color and Music’. «Cogi todos los elementos y los unifiqué», relata la propia investigadora. Porque ella, que ha

trabajado en cuidados intensivos de un hospital y con niños en riesgo de exclusión social y con autismo en un colegio, sabe de lo que habla. También sabe que la música ayuda a la recuperación de las personas con la Enfermedad de Parkinson o a quienes se rehabili-

‘E-Mocomu’ también sirve para ejercitar neuronas y extremidades sin padecer ningún problema

Una ‘kinect’ reconoce los movimientos del usuario y los transforma en colores, formas y música

tan tras una operación. Es más: «A nivel psicológico, hay mucha gente que sufre diferentes trastornos. Y se multiplicará en el futuro». Depresión, hiperactividad...

Actualmente, hay «aplicaciones únicamente terapéuticas». Pero ella quería darle un toque artístico y, a la vez, lúdico. Por eso, desarrolló un primer prototipo: asoció cada

una de las notas de la escala mayor a un color. El usuario, reconocido por una *kinect* –como la de la Xbox–, debe recordarlo e ir ‘tocando’ cada nota/color –aparecen en pantalla– con una mano. La práctica lo es todo. Pueden incluso componer melodías a través de los distintos tonos. «Es más fácil acordarse de una nota si tienes la ayuda visual», cuenta. No obstante, quiere agregar más colores y matices musicales a este primer programa.

Desarrolló un segundo, más complejo. El funcionamiento es esencialmente el mismo –*Kinect* y pantalla– pero, en este caso, se precisa el uso de las dos extremidades superiores. «Con una mano controlas el color y, con otra, las burbujas que van apareciendo en pantalla». Estas lo hacen con el movimiento. Y, a la vez, con ese movimiento van sonando notas musicales. «Cuando te agachas bruscamente, controlas el volumen». Aquí el ejercicio mental se alia con el físico. «Así empiezas a tener conciencia de tu cuerpo, de lo que haces...», cuenta.

Esta firme defensora de la tecnología aplicada a la terapia cree que, con estos prototipos –el segundo es más complicado de manejar para implicar más al usuario–, se fomen-

ta un *feedback* visual. El resultado se ve directamente en pantalla, una manera de incrementar el afán por mejorar.

El tercer y último programa –de momento– es un tanto más sencillo que el anterior, puesto que, aunque también se necesitan las dos ma-

Una persona puede desde componer una melodía hasta ‘pintar’ cuadros abstractos

La doctoranda, italiana, mezcla su curiosidad por la sinestesia con el arte y las nuevas tecnologías

nos, el objetivo es colorear las burbujas que se forman en pantalla mientras aparecen diferentes sonidos por el espacio.

«Me gustaría hacer un programa por cada persona», confiesa. Contar la posibilidad de elegir colores, adaptarlo a las necesidades de cada usuario –pacientes, personas en rehabilitación o personas que quie-

ran utilizarlo de forma lúdica» y, además, resumir su tecnología. «Quiero hacer algo más fácil, como una caja que por un lado mapee y por otro proyecte la imagen», cuenta Elena. Ya han iniciado los trámites para una patente.

Desarrolló el primer prototipo en Brasil, donde tuvo la ocasión de exponerlo ante un numeroso público. Desde niña ha estudiado música en el conservatorio y, además, se formó durante un año en Los Ángeles. Obtuvo la licenciatura en Musicología por la Universidad de Padua y, tras aterrizar en España en 2012 –en Madrid–, este año ha recalado en Valladolid, donde vio la oportunidad de unir todos esos elementos que han guiado sus investigaciones y gran parte de su vida.

«En muchos lugares de Europa no se utiliza la tecnología, pero estamos en la era digital y hay que aceptarla. Pero hay gente que tiene miedo de utilizarla», manifiesta.

Aulas, espacios deportivos, gimnasios, hospitales, centros de rehabilitación o los propios hogares. E-Mocomu es tan flexible como trastornos hay. Y, además, mientras el usuario aprende, mejora su psicomotricidad y juega, está, simplemente, creando.



La doctoranda italiana Elena Partesotti delante de la pantalla en la que aparece un usuario utilizando su herramienta de música y color. / PABLO REQUEJO

Intervista rilasciata alla rivista scientifica online Dycit

Science Spain
Valladolid, Wednesday, May 20 of 2015, 12:14

INESPO II

A device that combines music, colour, and movement for therapeutic purposes

The University of Valladolid Elena Partesotti has developed a multidisciplinary prototype known as E-MOCOMU, the objective of which is to combine the three dimensions of movement, sound, and colour for therapeutic purposes

Cristina G. Pedraz/DICYT Can we hear colours or see sounds? Most of us can't, but synesthetes have this ability together with other capacities. It is estimated that the number of different types of synesthesia is very high, or what amounts to the same thing, some people can experience sensations in a certain sense when another is stimulated. Noted creators such as the painter Wassily Kandinsky and the composer Alexander Scriabin have perceived this crossover of senses (in their case chromesthesia or the association of sounds with colours). But can a person who is not a synesthete experience synesthesia?

This is one of the basic ideas of E-MOCOMU (E-MOtion, COlour and MUsic), a prototype that has been developed by the music and technology PhD student from the University of Valladolid Elena Partesotti. Its objective is to make use of the possibilities of the three dimensions of colour, sound, and

RANKING OF THIS NEWS:
VOTE:71 votes

SHARE THIS NEWS

HERRAMIENTAS

[Text version](#)

[Print](#)

- [Este artículo en español](#)
- [Este artigo em Português](#)

NEWS RELATED

[Una nueva terapia cognitiva logra enlentecer la evolución del alzhéimer](#)

[El componente emocional de la sinestesia tiene una base neurológica](#)

[Casi el 14% de una muestra de españoles presenta sinestesia](#)

MORE INFO

[Universidad de Valladolid](#)

<http://www.dicyt.com/imprimir/a-device-that-combines-music-colour-and-movement-for-therapeutic-purposes>
Page 1 of 4

movement for therapeutic purposes in order to improve, for example, communication in autistic children.

But this is not the only possibility of this device as it also has pedagogical and creative applications. “E-mocomu allows the user to manipulate sounds, images, and colours by means of their free movement in space. This means that if I move an arm in space there will be sounds that correspond to this movement and also colours and images that I will be able to see on a screen. This technology allows its application in the field of physical rehabilitation, facilitating the carrying out of routine exercises, and also in the field of psychology as an aid to the treatment of various disorders. Moreover, it allows an initial approximation to didactics and pedagogy of music, movement, and creative development, which as we know is vital for the self-expression of an individual at a personal and also artistic level”, explains Partesotti, stressing the importance of expressiveness in therapy.

The idea of developing this prototype arose from the academic and personal experience of this researcher of Italian origin. After studying a biennial master’s degree in music therapy at the Universidad Autónoma de Madrid and working in public hospitals and schools, in 2012 she entered the University of Valladolid to study a PhD under Professor Alicia Peñalba and the Professor of the University of Campinas in Brazil, Jônatas Manzolli.

In her opinion, combining creation and technology is a good formula for helping people with psychological and communicative problems and is also a leisure tool for many. “Music therapy affords benefits that can be scientifically measured. For example, in recent years several neuroscience studies have established the connection and the power of

music in physiological recovery. Neural correlations due to music modify the activity of a brain structure that is operating abnormally, which is directly relevant to the therapeutic treatment of patients suffering from depression. Moreover, as music helps to strengthen the immune system it also contributes towards the reduction of the factors that accelerate the disease. This being so, why not make use of the creative dimension in a technology?”

According to the researcher, the importance of this union between art and technology is highly relevant in the clinical-therapeutic field. “In music therapy traditional instruments are used and this works very well. Technology is not yet widely used, but we are in the digital era and if a session of music therapy is organised with children, for example, all of them know how to use it and they enjoy it because they can play with it. Technology is a good support and it works”, she emphasises.

Development of the prototype

The development of the first prototype of E-MOCOMU was possible thanks to Elena Partesotti's stay at the Interdisciplinary Sound Communication Nucleus (Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora, NICS) Laboratory of the University of Campinas which is coordinated by the professor and composer Jônatas Manzolli. This initial prototype was mainly aimed at musical education and has been expanded and improved by the addition of new functions thanks to the collaboration of the audiovisual designer Vj Kalma.

The device is based on Kinect, a technology that allows users to control and interact with the console without the need to

maintain physical contact with a traditional videogames control, as it has a sensor that maps movements (which is known as a MOCAP or Motion Capture System).

“E-MOCOMU has been designed as an accessible low-cost technology that anyone can have at home, as it can be used for play in a family context. We have created different programmes to integrate the visual and sound elements”, she points out.

The system is in the process of being patented thanks to a grant from the Prometeo programme for the development of market-orientated prototypes which is released annually by the General Foundation of the University of Valladolid (Funge); this has also allowed its development to continue.

“Our idea is to make it more detailed and in 3D, which would give rise to further possibilities. I would like it to be more visual and for any movement, however small, to become a specific sound. This would require the development of rather more detailed and faster technology so that the device itself could carry out all tasks. To do this we need more resources”, the researcher concludes.
