

Andrea Giomi

# Percezione aptica, feedback sonoro e mediazione tecnologica. Uno studio fenomenologico sui processi d'integrazione multimodale nell'ambito della pedagogia della danza

## Introduzione: danza e nuove tecnologie

Negli ultimi trent'anni le tecnologie informatiche hanno assunto un'importanza straordinaria nell'ambito delle arti, rivoluzionandone sia l'universo semiotico che i processi creativi. Tra la seconda metà degli anni '90 e la prima metà degli anni 2000, l'utilizzo dei media digitali guadagna un posto di rilievo anche all'interno delle pratiche coreutiche tanto da segnalare l'emergere di una vera e propria « scena digitale »<sup>1</sup>. Tele-presenza, interattività, iper-mediazione, realtà aumentata e virtuale sono solo alcune tra le nuove forme di esperienza estetica che fanno breccia nell'immaginario comune al volgere del XX secolo grazie, anche, alle sperimentazioni delle arti performative. Per quanto riguarda l'ambito della danza, un impatto particolarmente importante è stato prodotto dall'introduzione delle cosiddette tecnologie interattive<sup>2</sup>. Dalle performance multimediali dei Troika Ranch e dei Palindrome Intermedia Performance Group ai CD-ROMs interattivi di William Forsythe, dagli ambienti virtuali di Yacov Shavir ai sistemi audiovisivi reattivi di Klaus Obermaier, dalle coreografie telematic-based di Susan Kozel alle installazioni partecipative di Sarah Rubidge, l'impiego di media interattivi ha prodotto una deterritorializzazione delle pratiche coreutiche in una moltitudine di forme ibride.

---

1. Menicacci, Armando - Quinz, Emanuele (a cura di), *La scena digitale: nuovi media per la danza*, Bolzano, Marsilio Editore, 2001. Vedi inoltre il capitolo "Digital dancing and software development" in Dixon, Steve, *Digital performance. A history of new media in theater, dance, performance art, and installation*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2007, pp. 183-208.

2. Per tecnologie interattive, intendiamo quei sistemi informatici in grado di produrre un feedback in risposta ad un input proveniente dall'ambiente esterno. In danza l'input esterno è spesso costituito dal movimento del performer, il quale, analizzato in tempo reale grazie ad un sistema di sensori (spesso definiti con il termine motion capture), diventa la sorgente per la produzione di suoni, immagini, luci. Per una panoramica storica sull'uso delle nuove tecnologie in danza rinvio a Jaffré, Olympe, *Danse et nouvelles technologies: enjeux d'une rencontre*, Paris, Harmattan, 2007. Per quanto riguarda invece più specificatamente la questione dell'interattività legata alla pratica coreutica in relazione ai media digitali vedi «Nouvelles de danse», numero monografico *Interagir avec les technologies numériques*, n. 52, 2004.

Accanto alla creazione artistica in senso stretto, un interesse crescente nell'uso di tecnologie interattive ha prodotto, verso l'inizio degli anni 2000, l'emergere di applicazioni innovative per lo studio del movimento. Due tendenze principali possono essere osservate in relazione alla danza. Un primo approccio, più computazionale-analitico, si concentra sullo sviluppo di algoritmi e sistemi di motion capture<sup>3</sup> destinati all'analisi funzionale della relazione tra qualità del movimento ed espressività, tanto in ambito coreutico che musicale<sup>4</sup>. In questo caso, l'analisi statistica delle diverse configurazioni anatomiche - ad esempio la relazione reciproca tra le diverse articolazioni del corpo - permette di produrre dei descrittori di alto livello come la « quantità di movimento » (QoM) o il grado di contrazione/espansione del corpo<sup>5</sup>. Questi, ed altri descrittori, possono aiutarci a valutare in termini quantitativi l'espressività del movimento e/o la sua connessione con alcuni stati affettivi elementari. Un secondo approccio, potremmo dire più fenomenologico, s'interessa maggiormente al modo in cui un feedback interattivo può indurre una re-organizzazione del movimento per mezzo della stimolazione sensoriale (suoni, immagini, grafica, luci)<sup>6</sup>. In questo caso, la mediazione dell'ambiente tecnologico interattivo

3. L'espressione *motion capture* indica una serie di tecniche di acquisizione e rappresentazione del movimento che si basano sull'utilizzo congiunto sistemi di captazione ottica (spesso telecamere termiche ad infrarossi), marker luminosi applicati sul corpo del performer e, a volte, sensori di movimento. Le finalità d'impiego sono piuttosto varie: dal cinema 3D alla creazione artistica, alla ricerca scientifica nell'ambito delle scienze motorie e della neuro-fisiologia, alla riabilitazione, alla robotica. Per un'introduzione di carattere generale rinvio a Delbridge, Matt, *Motion Capture in Performance. An Introduction*, Basingstoke (UK), Palgrave MacMillan, 2015.

4. Il lavoro di Antonio Camurri, e del centro di ricerca Casa Paganini dell'Università di Genova, è stato probabilmente il vero apripista nell'individuare metodologie comuni per l'analisi del gesto espressivo tanto in danza che in musica. Si veda in proposito: Camurri, Antonio et al. *EyesWeb. Toward gesture and affect recognition in dance/music interactive systems*, in «Computer Music Journal», vol. 24, n. 1, 2000, pp. 57-69 e Id., *Multimodal analysis of expressive gesture in music and dance performances*, in Human-Computer Interaction, Berlin, Springer Verlag, 2004, pp. 20-39. Si noti, inoltre, che i sistemi di motion capture sviluppati dal centro (in particolare Eyes Web) hanno trovato impiego sia in termini analitici che come strumento per la performance interattiva.

5. Ispirandosi a un tale approccio, diversi studi hanno messo in luce, negli ultimi anni, metodologie d'indagine originali soprattutto per ciò che concerne l'analisi del movimento in musica. A questo proposito si vedano tra gli altri: Naveda, Luis - Leman, Marc, *The Spatiotemporal representation of dance and music gestures using topological gesture analysis (TGA)*, in «Music Perception», vol. 28, n. 1, 2010, pp. 93-111; Maes, Pieter-Jan et al., *The conducting master: an interactive, real-time gesture monitoring system based on spatiotemporal motion templates*, in «International Journal of Human-Computer Interaction», vol. 29, n. 7, 2013, pp. 471-487; Visi, Federico et al., *A practice-based study on instrumental gestures in music composition and performance: Kineslimina*, in Bevilacqua, Frédéric et al. (a cura di), *MuSA 2015 - Sixth International Symposium on Music/Sonic Art: Practices and Theories*, Karlsruhe, Germany, 2015, [www.researchgate.net/publication/310806568\\_A\\_practice-based\\_study\\_on\\_instrumental\\_gestures\\_in\\_music\\_composition\\_and\\_performance\\_Kineslimina](http://www.researchgate.net/publication/310806568_A_practice-based_study_on_instrumental_gestures_in_music_composition_and_performance_Kineslimina) (u.v 27/12/2017).

6. Cfr. Menicacci, Armando - Quinz, Emanuele, *Étendre la perception? Transferts intermodaux et bio-feedback en danse*, in «Nouvelles de danse», numero monografico *Scientifiquement danse. Quand la danse puise aux sciences et réciproquement*, n. 53, 2006, pp. 76-96; Broadhurst, Susan, *Intelligence, interaction, reaction, and performance*, in Broadhurst, Susan - Machon, Josephine (a cura di), *Performance and technology. Practices of virtual embodiment and interactivity*, Basingstoke (UK), Palgrave Macmillan, 2006, pp. 141-152; Santana,

agisce secondo dei meccanismi di estensione e di intensificazione sensoriale dell'anatomia corporea favorendo l'emergere di nuove possibilità di proiezione e di figurazione del movimento. In altri termini, la trasformazione di aspetti impercettibili del movimento in forme sonore o luminose permette al performer di sperimentare modalità inedite di costruzione del gesto e di organizzazione percettiva dello spazio<sup>7</sup>.

## **Pedagogia del movimento, mediazione tecnologica ed interazione sonora**

Parallelamente, un numero crescente di studi ha iniziato ad indagare in maniera sistematica l'impiego delle tecnologie digitali nell'ambito della pedagogia della danza<sup>8</sup>. In quest'ambito un ruolo predominante lo hanno avuto inizialmente i software per la composizione coreografica assistita dal computer, come Life Forms<sup>9</sup>. Durante gli anni 2000 un numero abbastanza esteso di strumenti e di pratiche si è diffuso coinvolgendo ambiti di applicazione eterogenei: e-learning tramite utilizzo di supporti multimediali, sviluppo

---

Ivani, *Experiences and reflections about presence and memory in dance with technological mediation through the situated cognition approach*, in «Revista Mapa D2 - Dança e (performance) digital», vol. 3, n. 2, 2016, pp. 11-26. Benché non utilizzi feedback in tempo reale, anche il lavoro con le nuove tecnologie di William Forsythe può essere inserito in una prospettiva analogica. Si veda Forsythe, William. *Improvisational Technologies: A Tool for the Analytical Dance Eye*, Karlsruhe, ZKM, 1999. In questo lavoro pedagogico-analitico le linee grafiche utilizzate per accompagnare i movimenti del danzatore servono infatti ad individuare le traiettorie del gesto e gli elementi architettonici che sono alla base della pratica coreografica di Forsythe. In questo senso il feedback visivo può essere usato come base per ripensare l'organizzazione del movimento nello spazio.

7. Come nota Enrico Pitozzi: «Le tecnologie intervengono quindi direttamente sul corpo del performer ridefinendo la sua organizzazione sensoriale [...]». Pertanto «il performer si trova davanti una biforcazione: concentrare la sua attenzione sul solo livello "propriocettivo" [...] o canalizzare l'attenzione sul livello "eterocettivo", informazioni esterne sotto forma sonora o visuale. Questi segnali di ritorno verso il corpo dell'interprete (biofeedback) gli restituiscono una dimensione sensoriale complessa, utile per elaborare un nuovo progetto di movimento» (Pitozzi, Enrico, *De la constitution du corps de synthèse sur la scène performative. Perception et technologies*, in Bourassa, Renée - Poissant, Louise (a cura di), *Personnage virtuel et corps performatif. Effets de présence*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 2013, p. 219). Traduzione mia.

8. Per una panoramica generale sull'utilizzo pedagogico delle tecnologie in danza rinvio a Parrish, Mi-la, *Technology in Dance Education*, in Bresler, Liora (a cura di), *International Handbook of Research in Arts Education*, Cham (Switzerland), Springer International, 2007, pp. 1381-1397 e Dania, Aspasia et al., *The use of technology in movement and dance education: recent practices and future perspectives*, in *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2011, pp. 3355-3361.

9. Life Forms è un software sviluppato verso la fine degli anni '80 grazie alla collaborazione, tra gli altri di Merce Cunningham, che ne farà uno uso esteso in lavori come *Tracker* (1991), *Enter* (1992), *CR-WDSPCR* (1993), *Ocean* (1994), e soprattutto *BIPED* (1999). Si veda in proposito Copeland, Roger, *Merce Cunningham. The modernizing of Modern Dance*, London-New York, Routledge, 2004, pp. 168-185. Il software permette di simulare delle sequenze di movimento attraverso il supporto di figure animate. L'apporto innovativo di Life Forms consiste nella possibilità di comporre un movimento a partire dall'astrazione delle componenti analitiche che articolano il gesto danzato. A partire dalla fine degli anni '90 esso trova un impiego sempre più significativo anche in ambito prettamente pedagogico. Vedi in proposito Menicacci, Armando, *L'enseignement de la danse face au numérique*, in «Nouvelles de danse», numero monografico *Danse et nouvelles technologies*, n. 40/41, 1999, pp. 55-64. Tra i software più recenti possiamo inoltre citare The Dance Designer, Wholodance, The Choreographer's Notebook, Multimodal Video Annotator e DanceForms.

di software per l'analisi coreografica e l'annotazione video, conservazione e trasmissione di repertori tradizionali, approccio multimodale all'insegnamento del movimento<sup>10</sup>.

Per quanto riguarda più nello specifico l'impiego di tecnologie interattive, occorre notare il ruolo determinante dei media sonori. L'interazione in tempo reale tra danza e musica è particolarmente significativa sotto due aspetti: la reciprocità in termini tecnologici e la reciprocità in termini epistemologici. Come in parte già accennato<sup>11</sup>, tanto la performance di danza che quella musicale impiegano spesso i medesimi sistemi interattivi e/o di motion capture<sup>12</sup>. Tale fenomeno presenta due conseguenze importanti. Da un lato, come affermato spesso da Robert Wechsler, le tecnologie interattive permettono di invertire il tradizionale rapporto di dipendenza tra musica e movimento coreutico, permettendo al danzatore di assumere, almeno in una certa misura, il ruolo di musicista<sup>13</sup>. Dall'altro, l'uso di sensori di movimento offre al musicista-performer la possibilità di valorizzare, sotto forma sonora, la qualità espressiva del gesto. Soprattutto per quanto riguarda le pratiche ibride strumento+sensori<sup>14</sup>, l'impiego di sistemi interattivi di motion capture permette di sonorizzare quei movimenti che, benché costituiscano un tutt'uno col gesto strumentale non sono diretti alla produzione meccanica del suono. L'uso espressivo del corpo da parte del musicista lo avvicina in qualche modo al danzatore<sup>15</sup>. Un

10. Cfr. Parrish, Mila, *Integrating technology into the teaching and learning of dance*, in «Journal for the National Dance Education Organization», n. 1, 2001, pp. 20–25; Cherry, Gina et al., *Using a digital video annotation tool to teach dance composition*, in «Interactive Multimedia Journal of Computer. Enhanced Learning», n. 5, 2003, [imej.wfu.edu/articles/2003/1/01/index.asp](http://imej.wfu.edu/articles/2003/1/01/index.asp); Risner, Doug - Anderson, Jon, *Digital Dance Literacy: an integrated dance technology curriculum pilot project 1* e Karkou, Vicky et al., *Traditional dance, pedagogy and technology: an overview of the WebDANCE project*, in «Research in Dance Education», vol. 9, n. 2, 2008, pp. 113-128 e 163-186. Si veda inoltre il più generale Eversman, Peter, *Education-Performing arts-Information technology: an impossible triangle?*, in Nesi, Paolo - Santucci, Raffaella (a cura di), *Information technologies for performing arts, media access, and entertainment*, Berlin, Springer-Verlag, 2013, pp. 175-191.

11. Cfr. *infra*, nota 4.

12. A questo proposito, mi pare opportuno citare il lavoro intrapreso dal gruppo di ricerca guidato da Frédéric Bevilacqua presso l'IRCAM che, a partire dal 2007, porta avanti un progetto interdisciplinare finalizzato allo sviluppo di strumenti informatici per l'analisi gestuale. Il sistema di analisi chiamato *gesture follower*, è stato concepito come uno strumento fluido che è possibile impiegare tanto nel contesto della performance di danza interattiva quanto in quello di un quartetto d'archi "aumentato". Si vedano a riguardo Bevilacqua, Frédéric et al., *Gesture capture: paradigms in interactive music/dance systems*, in Klein, Gabriele - Noeth, Sandra (a cura di), *Emerging bodies. The performance of worldmaking in dance and choreography*, Bielefeld (Deutschland), Transcript Verlag, 2011, pp. 183-193; Bevilacqua, Frédéric et al., *The augmented string quartet: experiments and gesture following*, in «Journal of New Music Research», vol. 41, n. 1, 2012, pp. 103-119.

13. Cfr. Wechsler, Robert, *Les ordinateurs et la danse: retour vers l'avenir?*, in «Nouvelles de danse», numero monografico *Danse et nouvelles technologies*, cit., pp. 144-159.

14. Mi riferisco in particolare ai cosiddetti iper-strumenti. Il termine, coniato per la prima volta da Tod Machover, indica la possibilità di "aumentare" gli strumenti tradizionali con l'aggiunta di sensori. Cfr. Machover, Tod, *Hyperinstruments: a progress report 1987-1991*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1992. Si veda inoltre Miranda, Eduardo R. - Wanderley, Marcelo M., *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*, Middleton (WI), A-R Editions, 2006, pp. 19-29. Vedi anche *infra*, nota 12.

15. Federico Visi parla a questo proposito di « emergent choreography » (Visi, Federico et al., *Musical*

secondo aspetto riguarda la deriva di modelli epistemologici da un ambito all'altro. La mediazione tecnologica ha permesso infatti di introdurre elementi teorici legati allo studio del movimento in danza all'interno della riflessione musicologica. Basti citare a titolo esemplificativo l'introduzione, in anni recenti, di modelli ispirati alla teoria labaniana dell'*effort* come strumento di analisi in ambito musicale in relazione all'uso di sistemi di motion tracking.<sup>16</sup> Al contempo, le tecnologie interattive hanno permesso, sempre in ambito musicale, di approfondire il legame, spesso oscurato, con la dimensione corporea. Con l'affermazione, negli ultimi dieci anni, della embodied music cognition theory<sup>17</sup>, lo studio della performance musicale ha portato un contributo quantomai significativo alla riflessione sul legame tra percezione e movimento. Secondo la teoria, il gesto (ma più in generale il corpo in quanto sorgente di movimenti tanto volontari quanto involontari) è il vero mediatore tra l'esperienza soggettiva della musica (la rappresentazione mentale o la sensazione interna prodotta dal suono) e l'ambiente (la musica come fenomeno fisico e come sistema comportamentale culturalmente mediato). L'esperienza musicale è pertanto un'esperienza innanzitutto incorporata. Le sue caratteristiche sono la natura multisensoriale e la reciprocità di azione e percezione. Il primo aspetto riguarda il fatto che l'esperienza musicale non è costituita unicamente da sensazioni auditive ma in egual misura da stimoli visivi, senso del movimento e sensazioni tattili. La seconda questione fa riferimento alla natura simultaneamente attiva e passiva della percezione musicale. Coinvolgendo l'attivazione del nostro sistema muscolare e producendo una risposta nel nostro apparato sensomotorio, l'esperienza sonora non è mai (o lo è raramente) una forma semplicemente passiva di ascolto.

Una concezione sostanzialmente incorporata e multisensoriale dell'esperienza può non solo aiutare a comprendere il fenomeno musicale e il movimento, ma ispirare tanto le strategie di mapping quanto la concezione delle interfacce<sup>18</sup>. A questo proposito, diverse ricerche si sono sviluppate negli ultimi anni integrando tanto l'aspetto analitico

---

*instruments, body movement, space, and motion data: music as an emergent multimodal choreography*, in «Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments», vol. 13, n. 1, 2017, pp. 58-81.

16. Si veda, tra gli altri, Maes, Pieter-Jan et al., *The coupling of action and perception in musical meaning formation*, in «Music Perception», vol. 32, n. 1, 2014, pp. 67-84; Alaoui, Sarah F. et al., *Seeing, sensing and recognizing Laban movement qualities*, in *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Denver, 2017, pp. 4009-4020.

17. Leman, Marc, *Embodied music cognition and mediation technology*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 2008.

18. Per *mapping* s'intendono l'insieme di procedure utilizzate per collegare l'input registrato per mezzo dei sensori all'output prodotto digitalmente (suono, immagine, luci). Esso è il cuore del design interattivo in quanto definisce il tipo di dialogo che vogliamo stabilire con l'ambiente tecnologico. Riguardo l'importanza del mapping in ambito musicale si veda Wanderley, Marcelo et al., *The importance of Parameter Mapping in Electronic Instrument Design*, in «Journal of New Music Research», vol. 32, n. 4, 2003, pp. 88-93.

quanto quello della creazione artistica<sup>19</sup>. In una direzione analoga, alcuni studi hanno cominciato negli ultimi dieci anni a studiare l'interazione movimento-suono-mediazione tecnologica anche in ambiti non legati alla pratica professionale. A questo riguardo diverse ricerche hanno sperimentato l'utilizzo di sistemi interattivi musicali come mezzo per stimolare la creatività motoria spontanea e l'implicazione corporea nei bambini<sup>20</sup>. Recentemente, alcuni lavori sono emersi anche nell'ambito della terapia e della riabilitazione per valutare l'apporto della musica e della mediazione tecnologica interattiva per persone con disabilità motorie e/o psichiche<sup>21</sup>. Tutte queste ricerche dimostrano come, sollecitando l'implicazione attiva nei processi sonori per mezzo della mediazione tecnologica, è possibile favorire una presa di coscienza dei processi fisiologici che sono alla base del movimento.

Secondo una tale prospettiva la mediazione tecnologica può configurarsi come un mezzo importante per incentivare il coinvolgimento corporeo con la musica. In questo senso, occorre notare anche in ambito artistico un slittamento estetico significativo. In contrasto con le prime forme di new media art, che celebravano l'immaterialità del virtuale<sup>22</sup>, le arti performative contemporanee sembrano sempre di più riconsiderare l'importanza della partecipazione fisica anche in ambito digitale. Nei lavori coreografi-

19. Si vedano, tra gli altri, Jensenius, Alexander R., *An action-sound approach to teaching interactive music*, in «Organised Sound», vol. 18, n. 2, 2013, pp. 178-189; Visi, Federico et al., *Gesture in performance with traditional musical instruments and electronics: Use of embodied music cognition and multimodal motion capture to design gestural mapping strategies*, in Bevilacqua, Frédéric et al. (a cura di), *MOCO '14: Proceedings of the 2014 International Workshop on Movement and Computing*, Paris, ACM, 2014; Donnarumma, Marco, *Configuring corporeality. Performing bodies, vibrations and new musical instruments*, PhD thesis, Goldsmiths, University of London, 2016.

20. Si veda in proposito Källblad, Anna et al., *Hoppa Universum. An interactive dance installation for children*, in *Proceedings of New Interfaces for Musical Expression, Genova, 2017*, 2008, pp. 128-133; Addressi, Anna Rita et al., *The MIRROR platform for young children's music and dance creativity: Reflexive interaction meets body-gesture, embodied cognition and Laban educational dance*, in «Perspectives. Journal of Early Childhood Music & Movement Association», vol. 10, n. 1, 2015, pp. 9-17; Frid, Emma et al., *Interactive sonification of spontaneous movement of children - Cross-modal mapping and the perception of body movement qualities through sound*, in «Frontiers in Neuroscience», vol. 10, n. 521, 2016, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5104747/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5104747/).

21. Stensæth, Karen. *Potentials and challenges in interactive and musical collaborations involving children with disparate disabilities. A comparison study of how Petronella, with Down syndrome, and Dylan, with autism, interact with musical and interactive tangible 'WAVE'*, in Stensæth, Karen (a cura di), *Music, health, technology and design*, Oslo, NMH-publications, 2014, pp. 97-118; Gehlhaar, Rolf et al., *Instruments for everyone: designing new means of musical expression for disabled creators*, in Brooks, Anthony L. et al. (a cura di.), *Technologies of inclusive well-being. Serious game, alternatives realities and play therapy*, New York, Springer, 2014, pp. 167-198; Bergsland, Andreas - Wechsler, Robert. *Turning movement into music. Issues and applications of the MotionComposer, a therapeutic device for persons with different abilities*, in «SoundEffects. An Interdisciplinary Journal of Sound and Sound Experience», numero speciale *Sound and Listening in Healthcare and Therapy*, vol. 5, n. 1, 2016, pp. 24-47.

22. Come sottolineato da Frances Dyson, la retorica delle arti digitali, soprattutto durante gli anni '90, si è articolata attorno ad una sorta di mitizzazione del concetto di virtuale, spesso idealizzato sotto forma di immateriale, effimero o sublime tecnologico. Cfr. Dyson, Frances, *Sounding new media. Immersion and embodiment in the arts and culture*. Berkeley-Los Angeles, University of California Press, 2009, pp. 1-18.



ci di Cindy Van Acker, Ginette Laurin, Isabelle Choinière e Wayne McGregor, l'uso del suono e delle tecnologie interattive sembra rinviare ai processi fisiologici che sono alla base della costruzione del movimento<sup>23</sup>. Il feedback in tempo reale ha qui innanzitutto lo scopo di stimolare nuove possibilità d'azione e di figurazione: grazie all'interattività sonora, il performer ripensa i limiti anatomici del proprio corpo alimentando così quella dimensione "virtuale" che struttura l'organizzazione percettiva del movimento<sup>24</sup>.

## Contesto e metodologia della ricerca

All'interno di questo rinnovato scenario epistemologico e sperimentale, vorrei proporre alcune considerazioni attorno alla relazione gesto-suono in riferimento ad un'indagine di carattere pratico. L'esperienza presentata è parte di un progetto di ricerca sulle nuove tecnologie e la pedagogia della danza intitolato "Corps sonore. Applications interactives pour l'analyse du mouvement et la recherche pédagogique". Il progetto è stato sviluppato in collaborazione con Federica Fratagnoli, docente presso l'Università Côte d'Azur di Nizza. La ricerca ha coinvolto due classi del corso di laurea triennale in Arti Performative, specialità Danza, durante il biennio 2015-2017. L'obiettivo principale della ricerca era di studiare in che modo l'utilizzo di feedback sonori interattivi può indurre una presa di consapevolezza del gesto interrogando l'organizzazione percettiva e immaginativa del movimento. A questo scopo, è stata sviluppata una serie di applicazioni sonore interattive basate sull'uso di differenti tecnologie di rilevamento (captazione ottica, sensori di movimento e tecniche di analisi di bio-feedback). Diversi esercizi sono stati proposti agli studenti al fine di sperimentare direttamente attraverso la pratica alcune tematiche già affrontate a livello teorico, come la natura multimodale della percezione, la coscienza del gesto e le sue radici propriocettive o la relazione allocentrica tra corpo e spazio.

Dal punto di vista del dispositivo pedagogico, abbiamo organizzato la struttura degli esercizi di modo da valutare l'apporto del feedback sonoro all'interno del processo di costruzione del gesto. Le esperienze proposte sono liberamente ispirate ad alcune pratiche somatiche tipiche dell'analisi del movimento in danza<sup>25</sup>. In particolare, abbiamo riadattato la struttura tipicamente tripartita di tali pratiche ai nostri scopi. In genere, l'esercizio

---

23. Cfr. Pitozzi, Enrico, *Body soundscape. Perception, movement and audiovisual developments in contemporary dance*, in Kaduri, Yael (a cura di), *The Oxford Handbook of Music, Sound and Image in the Fine Arts*, New York, Oxford University Press, 2016, pp. 256-288. Sempre dello stesso autore, si veda inoltre *Dissection: anatomie del corpo sonoro*, in Valentini, Valentina (a cura di), *Drammaturgie sonore. Teatri del secondo Novecento*, Roma, Bulzoni Editore, 2012, pp. 285-314.

24. Rinvio in proposito alla nozione di simulazione o « fiction » elaborata da Michel Bernard in *De la création chorégraphique*, Pantin, Centre National de la Danse, 2001.

25. Per un'introduzione al rapporto tra analisi del movimento, pratiche somatiche e pedagogia rimando

inizia con delle indicazioni verbali che invitano lo studente ad esplorare un certo movimento nello spazio. In seguito, una seconda esperienza è proposta al fine d'introdurre nuove informazioni sensoriali e/o cinestesiche. Infine, gli studenti tornano sul movimento iniziale cercando d'integrare i nuovi elementi percettivi scoperti durante la seconda fase dell'esercizio. Qui, una nuova organizzazione senso-motoria dovrebbe emergere. Come vedremo nel dettaglio più avanti, i sensori di movimento sono introdotti solo a partire dalla seconda parte della sperimentazione. Una tale scelta metodologica permette di valutare in che misura il feedback sonoro informa il movimento.

Dal un punto di vista dell'analisi, si è scelto inoltre di valutare le esperienze proposte secondo un approccio puramente qualitativo e fenomenologico<sup>26</sup>. Questa scelta è motivata dalla necessità di mettere particolarmente in rilievo la qualità soggettiva dell'esperienza. La raccolta dati è stata realizzata attraverso la combinazione di quattro metodi: 1. Osservazione partecipante; 2. Osservazione a distanza (analisi della documentazione audiovisiva prodotta durante le sessioni); 3. Focus group con gli studenti dopo ogni sessione; 4. Annotazioni da parte degli studenti, sotto forma di "diario di bordo". Quest'ultimo strumento riveste un'importanza particolare all'interno dell'analisi dell'esperienza. Le studentesse che hanno partecipato allo studio sono state invitate a redigere un "diario" sul quale annotare le sensazioni esperite e le riflessioni "a freddo" sugli esercizi proposti.

## Configurazione tecnica dei dispositivi

Lo studio che propongo in quest'articolo ha per oggetto l'analisi della relazione tra sensorialità aptica e movimento mediata tramite l'uso di feedback sonori. Lo scopo della sperimentazione è di analizzare in che modo la connessione multimodale tra feedback aptici e acustici può divenire oggetto di incorporazione tramite il movimento. In secondo luogo, ci interessa valutare in che termini la valorizzazione immaginativa svolge un ruolo all'interno d'un tale processo.

---

a Ginot, Isabelle, *Discours, techniques du corps et technocorps*, in Gioffredi, Paule (a cura di), *A la rencontre de la danse contemporaine: porosités et résistances*, Paris, L'Harmattan, 2009, pp. 265-293; Vieira, Marcilio S., *Approches somatiques du corps dans la danse*, in «Revista Brasileira de Estudos da Presença», vol. 5, n. 1, 2015, pp. 127-147.

26. Van Dyk, Katharina, *Usages de la phénoménologie dans les études en danse*, in «Recherches en danse», n. 1, 2014, [danse.revues.org/607](http://danse.revues.org/607). Per ciò che concerne l'utilizzo delle nuove tecnologie vedi anche l'approccio proposto in Friz, Vivian, *Danse et nouvelles technologies vers d'inédites écritures chorégraphiques*, Thèse de Doctorat en Arts du Spectacle mention Danse, Université de Strasbourg, 2015.



Il punto di partenza dell'esercizio è la manipolazione di un oggetto. A questo riguardo sono state realizzate delle applicazioni interattive specifiche in MaxMsp<sup>27</sup> finalizzate alla sonorizzazione di alcuni movimenti legati al gesto del manipolare. Il sistema interattivo sviluppato si basa sull'utilizzo di due interfacce: un Hot Hands MIDI controller ed un Myo Armband. L'Hot hand è un'interfaccia MIDI che permette il controllo continuo dei parametri musicali tramite l'uso di un accelerometro triassiale. La natura ergonomica dell'interfaccia permette di indossarlo come un normale anello, fornendo così dati sul movimento continuo della dita della mano (Fig. 1). Nello specifico, è possibile acquisire informazioni sulla rotazione del sensore lungo i tre assi (x, y, z) all'interno di un range di 180°. Il Myo armband è un'interfaccia a forma di bracciale che è possibile indossare sul bicipite o sull'avambraccio (Fig. 2). Si tratta di un dispositivo abbastanza sofisticato contenente un'unità IMU-MARG<sup>28</sup> e otto sensori elettromiografici. In questo esercizio sono stati utilizzati solo i sensori EMG. EMG è l'acronimo di elettromiografia. Si tratta di una tecnica per l'analisi di bio-segnali, normalmente utilizzata per scopi medici, che permette di registrare l'attività elettrica dei muscoli scheletrici. Occorre precisare che tali sensori non misurano direttamente la contrazione meccanica del muscolo, bensì il suo metabolismo elettrico. In altri termini, il segnale EMG fornisce delle informazioni relative all'attività dei moto-neuroni coinvolti nell'attivazione del muscolo<sup>29</sup>. Un algoritmo specifico è stato realizzato al fine di ottenere informazioni non solo sulla contrazione muscolare del braccio ma anche sulle variazioni elettriche più fini prodotte da piccoli movimenti della mano.

Lo scopo didattico del sistema interattivo è di arricchire sensorialmente l'esperienza aptica per mezzo dei feedback acustici. In questo senso, l'interazione sonora non è concepita in termini strumentali. Il suono ha qui la funzione di informare l'interattore<sup>30</sup> (in

---

27. Max è il più famoso linguaggio di programmazione visuale per la creazione di ambienti interattivi per la musica, la performance ed installazioni multimediali. Un' enfasi particolare è data, in Max, alla generazione in tempo reale dei contenuti audiovisivi. Cfr. Lechner, Patrik, *Multimedia Programming Using Max/MSP and TouchDesigner*, Birmingham, Packt Publishing, 2014.

28. Le unità di misura inerziali (IMU) sono dei dispositivi portatili a basso costo che sfruttano l'utilizzo di accelerometri e giroscopi. Quando questi dispositivi sono accoppiati con dei magnetometri, le IMU sono noti anche come sensori magnetici, angolari e gravitazionali (MARG). Sono ampiamente utilizzati nell'aviazione, nella robotica e nell'interazione uomo-macchina (HCI). La loro accessibilità e le dimensioni ridotte li rendono un elemento molto comune nei dispositivi portatili (come smartphones e tablets) e in altri prodotti di elettronica di consumo. Essi consentono di misurare diverse funzioni di movimento, tra cui l'orientamento tridimensionale ottimizzato ottenuto combinando i dati dei diversi tipi di sensori. Questi dispositivi sono spesso commercializzati sotto forma di sensori 9DoF (9 gradi di libertà) in quanto sono costituiti da tre sensori triassiali i quali forniscono quindi un totale di nove assi sensibili.

29. Cfr. Farina, Dario et al., *The Extraction of Neural Information from the Surface EMG for the Control of Upper-Limb Protheses: Emerging Avenues and Challenges*, in «IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering», vol. 22, n. 4, 2014, pp. 797-801.

30. Uso qui la traslitterazione del termine inglese interactor, il quale identifica la natura simultaneamente

questo caso lo studente) sulla qualità del suo movimento tramite un processo udibile. Per questo motivo occorre che l'interazione sia sufficientemente "trasparente" ovvero intellegibile e, in qualche modo, naturale<sup>31</sup>. Al fine di facilitare l'incorporazione spontanea dei feedback acustici, due elementi sono stati presi in considerazione: l'interdipendenza dei parametri d'interazione e la qualità materica del design sonoro. Una certa interdipendenza dei parametri musicali dovrebbe rendere l'interazione più naturale in quanto prende a modello l'interconnessione dei nostri ricettori sensoriali. Come è noto, funzioni elementari della fisiologia umana, come ad esempio il senso d'equilibrio, sono infatti il risultato d'un complesso sistema d'interdipendenze<sup>32</sup>. Analogamente, nell'applicazione interattiva sviluppata, i parametri musicali sono interconnessi a un "livello basso" in modo da produrre una risposta abbastanza varia alle diverse sfumature del movimento. Le tre rotazioni della mano permettono di realizzare un *morphing*<sup>33</sup> tra tre diversi *samples*. Ogni rotazione è collegata alle altre producendo così l'impressione di una totale interdipendenza. La contrazione muscolare controlla due filtri audio (un filtro passa-basso e un filtro risonante), permettendo così di produrre delle variazioni timbriche a un livello più alto. Il rilassamento semi-totale del muscolo è individuato dall'algoritmo come macro-parametro per ottenere il silenzio. L'algoritmo sfrutta quindi un'analogia percettiva assai intuitiva : l'attività muscolare produce suono, le rotazioni della mano ne determinano le variazioni interne e l'assenza di attività muscolare corrisponde al silenzio. Basandosi sull'azione congiunta dell'attività isotonica (contrazione senza movimento) e di quella isometrica (movimento senza contrazione muscolare significativa), il sistema fornisce quindi un controllo multimodale del suono.

Dal punto di vista del design sonoro, i *samples* audio sono stati composti allo scopo di evocare una tattilità dell'esperienza acustica. Questa strategia ha lo scopo di stimolare l'emergenza di connessioni intermodali in seno all'esperienza percettiva. A tal fine, sono stati utilizzati due suoni elettronici (creati attraverso sintesi additiva) e un suono elettroacustico, abbastanza predominante, realizzato registrando e processando diverse forme di

---

attiva e passiva dell'utente nel contesto interattivo.

31. La questione della "trasparenza" dell'interfaccia è uno dei temi chiave all'interno del dibattito sui media digitali. In termini pragmatici essa rinvia alla "usabilità" del *device*, ovvero il grado di facilità e soddisfazione con cui si compie l'interazione tra uomo e medium (console, leva del cambio, interfaccia grafica, ecc.). Esso costituisce d'altronde uno dei criteri principali che il designer di *device* digitali o di applicazioni interattive tiene di conto in fase di progettazione. Si veda, tra gli altri, Bolter, Jay D. - Gromala, Diane, *Windows and Mirrors. Interaction design, digital art, and the myth of transparency*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press, 2003.

32. Cfr. Berthoz, Alain, *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997. Si vedano in particolare le pagine dedicate all'analisi del sistema vestibolare: pp. 50-70.

33. Il *morphing* è un procedimento digitale che permette di trasformare una sorgente sonora in un'altra. A questo proposito ho "disegnato" una *patch* specifica in MaxMsp utilizzando la tecnica della FFTT.

crepitio (foglie secche, carta stropicciata). Le sonorità sono state trattate tramite un algoritmo di sintesi granulare di modo da ridurre il richiamo alla sorgente sonora utilizzata (il suono originale) favorendo così l'emergenza di un ascolto puramente acusmatico<sup>34</sup>.

## Descrizione dell'esperienza

All'esperienza hanno partecipato nove studentesse iscritte al terzo anno del Corso di laurea in Arts du Spectacle (specialità danza) dell'Università di Nizza. La sessione ha avuto una durata di tre ore complessive, di cui la mezz'ora conclusiva è stata dedicata alla discussione dell'esperienza. Partendo dal modello tripartito discusso precedentemente abbiamo elaborato un dispositivo pedagogico che integra la mediazione tecnologica. L'esercizio è stato così diviso in tre parti principali, ogni sezione corrispondente ad un diverso livello di coinvolgimento sensoriale :

1. Esperienza aptica + movimento con e senza gli oggetti
2. Esperienza aptica + feedback sonori e oggetti
3. Esperienza aptica + movimento + feedback sonori ma senza oggetti

Inizialmente le studentesse sono invitate a scegliere un oggetto a partire da una selezione, preparata precedentemente, di diversi oggetti (ad esempio, bottiglie di plastica, teli, sciarpe, materiali di imballaggio, libri).

Gli oggetti sono stati scelti al solo scopo di proporre una tavolozza ampia di materiali su cui lavorare. La prima parte dell'esercizio si articola in tre differenti fasi volte a stimolare la connessione graduale tra stimoli somatosensoriali, propriocezione e gesto. Tutta questa parte avviene ad occhi chiusi in modo da eliminare l'apporto della stimolazione visiva all'interno dell'esperienza percettiva. Durante la prima fase, viene chiesto alle studentesse di esplorare con le mani la superficie degli oggetti scelti (Fig. 3). Questa sezione dell'esercizio ha lo scopo di orientare il focus percettivo sui feedback aptici derivanti dagli oggetti (ad esempio, forma, plasticità, peso, texture, qualità dinamiche). Nella seconda fase le studentesse sono invitate a posare gli oggetti e a riprodurre i movimenti di manipolazione esperiti precedentemente (Fig. 4). Si tratta, in questo caso, di riprodurre una serie di gesti a partire dalle sole informazioni aptiche memorizzate (qualità tattili e posizione della mano rispetto all'oggetto). Nella terza fase, chiediamo alle studentesse di estendere le sensazioni aptiche, esperite durante la fase di manipolazione, all'interno di

---

34. Cfr. tra gli altri la nozione di remote surrogacy elaborata da Dennis Smalley in *Spectromorphology: explaining sound-shapes*, in «Organised Sound», vol. 2, n. 2, 1997, pp. 107-126.

un movimento più complesso che coinvolgesse l'intero corpo. Questa sezione è risultata molto interessante sia per la diversità degli oggetti utilizzata sia, di conseguenza, per la varietà dei movimenti proposti. Due variabili importanti sono emerse già in questa fase: da un lato ogni oggetto induce, secondo le proprie qualità specifiche, dei movimenti peculiari, dall'altro si nota un livello estremamente soggettivo di incorporazione di certe qualità piuttosto che di altre. Ogni studentessa, infatti, sembra focalizzarsi solo su alcuni aspetti della relazione gesto-oggetto al fine di costruire il movimento. Alcune, concentrandosi sul peso dell'oggetto, traspongono questa qualità nella sensazione di gravità applicata al movimento (ad esempio, oggetto pesante = movimenti pesanti). Altre sfruttano la plasticità o la *texture* dell'oggetto per individuare una qualità specifica del gesto. La valorizzazione immaginativa delle sensazioni tattili e delle possibilità di manipolazione ha, già in questa fase, un ruolo chiave. Il corpo dell'oggetto diventa infatti un *pattern* virtuale che consente di organizzare percettivamente la composizione del movimento.

La seconda parte dell'esercizio integra la mediazione tecnologica. Le studentesse sono invitate a ripetere l'esplorazione dell'oggetto indossando i due devices (Myo armband e Hot Hands). Come accennato in precedenza, lo scopo dell'esercizio non è quello di produrre del suono in modo intenzionale. I feedback acustici devono sorgere come un'eco della manipolazione gestuale dell'oggetto (Fig. 5). Questa parte dell'esercizio è concepita al fine di arricchire l'esperienza multimodale del movimento. In questa fase gli studenti sono liberi di tenere gli occhi aperti. A questo riguardo, ho notato che tutte le studentesse hanno iniziato la seconda parte dell'esercizio con gli occhi chiusi per poi aprirli durante lo sviluppo dell'improvvisazione. La categorizzazione percettiva della relazione gesto-oggetto si basa qui su almeno tre fattori: stimoli visivi, sensazioni dinamico/tattili derivanti dall'oggetto e dalla relazione col corpo, feedback sonori prodotti per mezzo delle interfacce. A seconda del materiale, alcuni oggetti hanno inoltre delle proprietà acustiche che possono essere sollecitate o meno durante la manipolazione.

Nella terza parte dell'esercizio, le studentesse proseguono i movimenti di manipolazione ma senza l'oggetto. In questa sezione i feedback sonori acquistano dunque un'importanza significativa. In assenza di stimoli visivi e aptici, il processo di riconfigurazione virtuale dell'oggetto si radica due elementi: le sensazioni acustiche e la memoria delle informazioni aptiche. Nell'ultima sezione dell'esercizio, è stato chiesto alle studentesse di creare dei movimenti a partire da tali sensazioni. Come nella prima parte, le studentesse compongono i *pattern* di movimento evocando le qualità strutturali dell'oggetto (ad esempio, dimensione o plasticità). Anche in questo caso alcune caratteristiche dell'oggetto sono preferite ad altre. Qui, tuttavia, il suono interagisce con la costru-

zione del movimento (Fig. 6). Occorre notare che la natura ergonomica dei dispositivi, così come la tipologia di mapping, permette di riprodurre le stesse qualità sonore tanto con gesti di manipolazione che con movimenti più ampi che investono una medesima organizzazione cinestesica.

Benché la produzione del suono non rappresenti la finalità dell'esercizio, la connessione multimodale tra percezioni aptiche e retroazione acustica interviene nel processo di virtualizzazione dell'oggetto. Come vedremo nel prossimo paragrafo, la convergenza di informazioni aptiche memorizzate somaticamente, feedback sonori interattivi, consapevolezza propriocettiva e processi di valorizzazione immaginativa determina l'emergere di una nuova anatomia corporea. Come vedremo nel prossimo paragrafo, la convergenza di informazioni aptiche memorizzate somaticamente, feedback sonori interattivi, consapevolezza propriocettiva e processi di valorizzazione immaginativa influisce in maniera strutturale sulla composizione del movimento.

## Considerazioni a proposito dell'esperienza

I *report* scritti delle studentesse mettono chiaramente in luce la doppia funzione dell'oggetto. Da un lato sorgente dell'esperienza sensoriale primaria, dall'altro limite fisico per il movimento, l'oggetto guida la costruzione del gesto e influenza la consapevolezza propriocettiva del movimento. Nei commenti delle studentesse, l'oggetto non è considerato come un elemento neutrale. Esso è piuttosto qualcosa « che influenza l'immaginazione del movimento » (Bérangère)<sup>35</sup>. Come accennato, l'oggetto è reso parte del movimento tramite quello che chiamo un processo di virtualizzazione. Col termine “virtuale” mi riferisco ai processi di « simulazione »<sup>36</sup> che strutturano l'organizzazione percettiva del movimento: si tratta tanto di meccanismi proiettivi (il progetto motorio che prepara e al contempo prolunga il movimento) quanto di aspetti figurativi (la trasfigurazione affettiva, simbolica e sensoriale del gesto). Nel rapporto specifico con l'oggetto entra in gioco una serie di fattori quali il numero di contatti, la loro localizzazione anatomica, l'omologia tra le regioni toccate, il grado simmetria e altri ancora. Tutti questi elementi diventano una base sensoriale su cui elaborare percettivamente una modellizzazione qualitativa dei *patterns*, i quali scivolano sotto la traccia dall'esperienza del manipolare a quella dell'azione. Le proprietà qualitative dell'oggetto non sono infatti sem-

35. Tutti i virgolettati riportati nel testo sono degli estratti dei diversi “carnets de bord” delle studentesse, indicate con il nome proprio.

36. Rimando ancora una volta alla nozione di fiction elaborata da Michel Bernard, *De la création chorégraphique*, cit.

plicemente acquisite, ma vengono integrate, e mediate, dalla personale organizzazione cinestesica di ogni studentessa (relativamente al rispettivo bagaglio culturale, affettivo e tecnico). Anche la semplice azione della manipolazione non è quindi un'operazione neutra, in quanto rivela una forma di negoziazione peculiare tra le caratteristiche materiali dell'oggetto e la sensibilità aptica di ogni studentessa. La natura specifica e soggettiva di quest'interazione si riverbera nel movimento. Le proprietà dell'oggetto sono in effetti selezionate in modo funzionale : « Si tratta, io penso, di una scelta incosciente ma non totalmente anodina [...] poiché scegliamo in relazione alla nostra propria "gestualità", in base al nostro modo di vedere l'oggetto e alla maniera di proiettarci con lui (scelta questa anche affettiva: scegliamo un oggetto che ci piace, un oggetto con il quale abbiamo voglia di lavorare/sperimentare)». Questo passaggio avviene, come suggerito, tramite la mediazione della propriocezione e dei processi immaginativi. Malgrado la diversità delle risposte individuali all'esplorazione gestuale, un certo numero di costanti può essere messo in rilievo. Durante la prima parte dell'esercizio due processi senso-motori vengono messi in atto. Dopo aver posato gli oggetti, le studentesse sono invitate a ricostruire i gesti di esplorazione. Come notato da gran parte delle studentesse, la riproduzione dei gesti di manipolazione ha implicato innanzitutto una ri-attualizzazione somatica dei movimenti memorizzati : « Mi sono ispirata alle diverse qualità dell'oggetto (la sua forma, il suo peso, le sue qualità dinamiche) per costruire i movimenti. Ho immaginato che le qualità dell'oggetto diventavano la qualità del mio corpo » (Mathilde). Già in questa prima fase le studentesse sono incoraggiate a prendere consapevolezza di quei processi percettivi che reggono l'organizzazione del movimento. Il secondo aspetto in gioco riguarda il trasferimento di questa gestualità all'interno di un movimento più ampio che coinvolge lo spazio circostante: « non si tratta veramente di "pensare" all'oggetto ma piuttosto di sentirlo nello spazio attorno. Occorre ritrovare l'oggetto sotto forma di qualità motoria » (Angelika). La texture materiale è una delle caratteristiche che più ritroviamo nei diversi movimenti degli studenti. Tale caratteristica è facilmente utilizzabile per indurre nel corpo una nuova densità. Allo stesso modo, anche le proprietà dinamiche e la plasticità dell'oggetto hanno un certo ruolo nell'influenzare la qualità del gesto, specialmente in termini di energia fisica utilizzata e di sforzo, mentre, come già accennato, il peso dell'oggetto influisce invece sulla dimensione gravitaria del movimento: « Durante l'esplorazione dell'oggetto ho potuto osservare che ogni oggetto induceva una manipolazione specifica. [...] Nel mio caso, potevo tirare la carta<sup>37</sup>, torcerla, farla volare, strofinarla o muoverla agilmente nel-

---

37. In questo caso la studentessa ha lavorato con un grande foglio plastificato da imballaggi.

lo spazio. [...] Nella parte di improvvisazione danzata, i miei movimenti si ispiravano a quelle qualità dinamiche dell'oggetto » (Laura). Come osservato da alcune studentesse, la plasticità dell'oggetto non ha solo un'influenza diretta sul corpo, ma anche sulla densità dello spazio prossimo. Ad esempio, un oggetto leggero indurrà a immaginare uno spazio flessibile, morbido : « Nella parte danzata, ero completamente immersa nell'esperienza e nella sensorialità che si diffondeva attraverso lo spazio. Sentivo ogni sensazione, la mobilità che potevo avere con l'oggetto. Sentivo questa sensazione nello spazio: la leggerezza, la flessibilità, la dolcezza. » (Bérangère). Tutti questi elementi implicano un passaggio delle informazioni aptiche verso un livello di consapevolezza propriocettiva che influenza conseguentemente l'organizzazione del movimento. Altri esempi mostrano come alcune qualità dell'oggetto sono più facilmente integrate nel movimento. Un esempio chiaro viene da una studentessa (Laura) che ha utilizzato nella sua improvvisazione un carta da imballaggio di plastica, di grandi dimensioni. Il carattere malleabile dell'oggetto gli permette di essere deformato facilmente. Uno dei gesti ricorrenti nell'esplorazione di questa studentessa era quello di torcere il foglio. Questo gesto è facilmente osservabile nei movimenti più ampi che la studentessa improvvisa senza l'oggetto :

« Nell'improvvisazione di Laura si vede chiaramente che il suo corpo aveva registrato le informazioni acquisite durante l'esplorazione con l'oggetto così come quelle sonore. Era riuscita ad integrare attraverso l'oggetto e attraverso il suono delle sensazioni senso-motorie nettamente "leggibili" anche quando ha proseguito l'improvvisazione senza l'oggetto. Era possibile osservare delle azioni muscolare e dei gesti [...] identici a quelli osservati nell'esplorazione con l'oggetto » (Angelika).

Il gesto di "attorcigliare" è per esempio visibile nei movimenti "a spirale" della colonna vertebrale. In questo caso, il gesto di "attorcigliare" diventa un modello, un *pattern* virtuale, per costruire il movimento (Fig. 7).

Consideriamo adesso in che modo la mediazione tecnologica e il feedback sonoro influenzano l'esecuzione del gesto e la composizione del movimento. Come sottolineato da molte studentesse tanto durante la discussione alla fine dell'esperienza (focus group) quanto nei diari di bordo, l'interazione sonora provoca, almeno inizialmente, « una sorta di shock » : « All'inizio i suoni prodotti dal movimento mi turbavano. Mi hanno provocato una sorta di shock. [...] Ero più nell'ottica di produrre suono che in quella di riprodurre le sensazioni provate con l'oggetto » (Bérangère). Occorre notare che la mediazione tecnologica permette qui l'emergere di una vera e propria immagine sonora del corpo. Benché l'esplorazione gestuale non sia finalizzata alla produzione del suono, la retroazione del feedback acustico impone innanzitutto una nuova gerarchia all'interno



dell'organizzazione corporea. La sonorizzazione del movimento costituisce dunque qualche cosa di fortemente inedito in relazione all'esperienza percettiva abituale. In che termini possiamo però parlare di una nuova anatomia corporea? Consideriamo innanzitutto che alcuni movimenti producono suono ed altri no. Questa semplice constatazione implica che alcune parti del corpo vengono "intensificate" in termini di capacità sensoriali producendo una re-organizzazione funzionale della geografia percettiva. Gli studenti devono integrare questa nuova base di dati sensoriali all'interno della costruzione del movimento (spesso costruito attorno a meccanismi irriflessi e ad attitudini posturali i quali rinviano a loro volta alla storia emotiva ed esistenziale di ciascuno<sup>38</sup>). Una tale operazione implica innanzitutto una ridefinizione dei confini del corpo anatomico, i quali si trasformano da linee di frontiera a soglie porose. Ovviamente la profondità d'una tale acquisizione non può che essere relativa alla sensibilità ed all'esperienza pregressa di ogni studentessa. Un elemento importante è però presente nel dispositivo pedagogico: gli studenti non conoscono i protocolli d'interazione del sistema. Da un punto di vista didattico, si è scelto di non comunicare preliminarmente informazioni sul dispositivo in modo tale da favorire la spontaneità dell'interazione. In effetti, non conoscendo i meccanismi d'interazione, l'attenzione percettiva è rivolta completamente verso la dimensione immersiva dell'esperienza piuttosto che verso una dimensione di controllo dell'interazione. Alcune studentesse hanno osservato inoltre che la seconda parte dell'esercizio è caratterizzata da un adattamento graduale dei feedback acustici alle sensazioni aptiche : « I suoni mi hanno aiutata ad immaginare le qualità dell'oggetto come se fossero nello spazio attorno a me. Poi, nell'improvvisazione danzata, i gesti potevano variare ma ho mantenuto la stessa qualità di manipolazione. Per quanto mi riguarda, il suono mi ha aiutato a ritrovare quelle sensazioni e quelle qualità perché ero in grado di connettere un certo suono ad un certo gesto » (Melyssa). In termini neuroscientifici questo passaggio implica l'emergere di processi d'integrazione multimodale tra feedback aptici e acustici con una conseguenza diretta (positiva o negativa) sull'organizzazione percettiva del movimento<sup>39</sup>.

38. Si veda in proposito la riflessione di Hubert Godard sulla relazione gesto-premovimento: Godard, Hubert, *Le geste et sa perception*, in Ginot, Isabelle - Michel, Marcel (a cura di), *La danse au XXe siècle*, Paris, Larousse, 1998, pp. 224-229.

39. Numerose ricerche hanno dimostrato come diverse aree cerebrali, su tutte il collicolo superiore, sono in grado di produrre delle risposte complesse come risultato dell'interazione di differenti stimoli sensoriali. Un tale fenomeno è reso possibile grazie alla presenza di neuroni, detti "multisensoriali", capaci di rispondere a diversi stimoli (visivi, auditivi e somato-sensoriali). Attraverso tali processi d'integrazione, una certa stimolazione sensoriale (ad esempio, uno stimolo acustico) può influenzare la percezione di un altro stimolo (ex stimolo luminoso) o interagire con esso producendo degli effetti di convergenza o divergenza multimodale. Rinvio ad uno dei primi studi sperimentali in quest'ambito: Meredith, Alex - Stein, Barry E., *Visual, auditory and somatosensory convergence on cells in superior colliculus results in multisensory integration*, in «Journal of Neurophysiology», n. 56, 1986, pp. 640-662. Si veda inoltre il più recente Stein, Barry E. - Rowland, Ben-

L'interazione tra segnali elettrici muscolari (EMG) e produzione sonora è particolarmente interessante a questo proposito. La sonorizzazione della tensione muscolare produce in effetti una sensazione abbastanza inusuale. Come notato da una studentessa durante la discussione a fine esperienza: « è come percepire esteriormente qualcosa che normalmente è una sensazione interna » (Clémentine). Diversamente da ciò che accade nella prima interazione con l'oggetto, il bio-feedback provoca uno slittamento dell'attenzione percettiva dalla dinamica esterna del gesto (la sensorialità esteroceettiva), a quella interna, più legata alla propriocezione. Pertanto, grazie ai bio-feedback, la percezione della variazione del tono muscolare, divenendo udibile, acquisisce un'importanza cruciale all'interno della costruzione del gesto. Questa correlazione tra sforzo e generazione sonora ha un riflesso diretto nella riproduzione dei gesti di manipolazione in assenza dell'oggetto. Come sottolineato in precedenza, la ri-attualizzazione dei gesti di manipolazione non coinvolge solamente la memoria somatica dell'esperienza aptica. In questo caso, gesti specifici sono direttamente associati a specifiche modulazioni sonore (e, aggiungerei, a specifiche immagini audiotattili<sup>40</sup>). Il feedback sonoro diventa quindi una traccia sensoriale che facilita la ri-attualizzazione dei movimenti legati alla manipolazione. Non è qui importante soffermarsi sull'esattezza della riproduzione. Ovviamente tanto nella ri-attualizzazione con i feedback acustici, che in quella senza, è in atto un processo di trasformazione. È però significativo notare come una parte delle studentesse abbia messo in luce come la retroazione sonora migliori, rispetto alla prima parte dell'esercizio, la capacità di ricostruire il movimento precedentemente esperito. In assenza di oggetti materiali, il suono « rende visibili » (Melyssa) gli oggetti virtuali evocati attraverso i gesti di manipolazione: « grazie al suono, mi sembrava che l'oggetto “diventasse corpo” e riuscivo quindi a sentire le sue qualità nei miei movimenti. » (Clémentine).

Altre interessanti osservazioni emergono dall'analisi dell'ultima parte dell'esercizio. In questa sezione le studentesse sono invitate ad estendere i gesti di manipolazione all'interno

---

jamin A., *Organization and plasticity in multisensory integration: early and late experience affects its governing principles*, in Green, Andrea et al. (a cura di), *Enhancing Performance for Action and Perception. Multisensory Integration, Neuroplasticity and Neuroprosthetics*, Part I, Amsterdam, Elsevier, 2011, pp. 145-163.

40. Sulla nozione di audiotattile rinvio a Caporaletti, Vincenzo, *Il principio audiotattile come formatività*, in Sbordoni, Alessandro (a cura di), *Improvvisazione Oggi*, Lucca, LIM, 2014, pp. 29-42. Il termine è utilizzato dall'autore per definire quei processi musicali (tipici, per esempio, delle musiche ad alto tasso di improvvisazione come il jazz) in cui la creazione della struttura sonora non si basa tanto su una sorgente visuale-cognitiva (per esempio la partitura), ma sul rapporto diretto con l'aspetto motorio-gestuale. Una riflessione analoga è quella che conduce già da diversi anni Rolf Gødoy parlando di « co-articolazione » gesto-suono. Gødoy, in particolare, ha dimostrato, da un punto di vista sperimentale come suono e gesto condividano delle analogie morfologiche strutturali (cfr. Gødoy, Rolf I., *Geometry and Effort in Gestural Renderings of Musical Sound*, in Dias, Miguel S. - Gibet, Sylvie (a cura di), *Gesture-Based Human-Computer Interaction and Simulation*, Berlin, Springer-Verlag, 2009, pp. 205-215.

di movimenti più ampi con tutto il corpo. In questo caso, si tratta di virtualizzare le informazioni percettive all'interno dell'organizzazione cinestetica. Due processi proiettivi sono implicati in questa fase di riconfigurazione corporea. Dapprima le sensazioni tattili e propriocettive sono utilizzate come base per la valorizzazione immaginativa dello spazio (in termini di densità) influenzando così sulla qualità del gesto. In questo caso, la riconfigurazione virtuale dell'anatomia corporea si radica nelle qualità materiali dell'oggetto. Successivamente, i movimenti danzati sorgono come variazione e come estensione dei gesti di esplorazione (accarezzare, stringere, attorcigliare, sfiorare, soppesare): in questo caso, il corpo dell'oggetto, non più presente in termini attuali, persiste sotto forma virtuale risuonando nella corporeità danzante. In che modo la mediazione tecnologica e l'interazione sonora informano un tale processo di virtualizzazione? Le osservazioni delle studentesse differiscono sensibilmente su questo punto. Una parte delle studentesse ha sottolineato la difficoltà nell'integrare percettivamente le informazioni somatosensoriali con i feedback sonori. Molte di loro hanno notato come la ricchezza delle sensazioni uditive rendesse più difficile la rievocazione delle sensazioni tattili. Data la qualità prevalentemente materica dei suoni utilizzati (crepitii, scricchiolii o simili), le informazioni auditive sembrano produrre non solamente delle immagini sonore ma anche delle sensazioni somatosensoriali: « Il suono che emerge in questa fase produce in me un'immagine diversa da quella che avevo senza i sensori. Questa qualità sonora influenza i miei movimenti ma in parte mi disconnette dalla qualità dell'oggetto che avevo trovato in precedenza » (Angelika). Abbiamo così due livelli "virtuali" dell'immagine tattile<sup>41</sup>. Una prima immagine è composta dalla memorizzazione delle sensazioni tattili registrate durante l'esplorazione aptica dell'oggetto. Una seconda immagine è invece quella evocata tramite le qualità materiche della *texture* sonora. Benché nessuna delle due rappresenti una sensazione attuale, esse sono entrambe presenti, sotto forma virtuale, nell'organizzazione percettiva del movimento. È probabile che l'incongruenza, in termini d'integrazione multimodale, si origini all'interno del sistema somatosensoriale stesso. Evidentemente si tratta di un'ipotesi. Come già illustrato, il design sonoro si basa su materiali elettroacustici con una predominanza di sonorità materiche (ad esempio, crepitii). La sensazione auditiva risveglia in questo

---

41. Uso qui il termine "immagine" in un senso lato e non necessariamente figurativo. In senso più tecnico potremmo tuttavia parlare di immagini nella stessa modalità in cui le neuroscienze mettono in rilievo sotto forma visiva il metabolismo di alcune aree del cervello. È ipotizzabile, a questo proposito, che tanto la memoria delle sensazioni tattili che i feedback sonori sollecitino in qualche misura le stesse aree somato-sensoriali. Le moderne tecniche di *neuroimaging* funzionale potrebbero in parte verificare una tale supposizione. Diversi passi avanti sono stati fatti negli ultimi dieci anni in questa direzione. Si veda in proposito Naumer, Marcus J. et al., *Multisensory Functional Magnetic Resonance Imaging*, in Naumer, Marcus J. e al. (a cura di), *Multisensory Object Perception in the Primate Brain*, New York, Springer, 2010, pp. 83-92.

caso sensazioni tattili di vario tipo. Michel Bernard parlerebbe, a questo proposito, di chiasma intersensoriale. L'espressione denota la capacità di una determinata sensazione di suscitare « en creux » o « en abîme » un “riflesso virtuale”, un “simulacro” che evoca una sensorialità di altra natura. Questa sensorialità “seconda” (per esempio, l'immagine tattile) non è sola giustapposta alla prima (la sensazione auditiva) ma vi interagisce modificandola e trasfigurandola<sup>42</sup>. Possiamo allora supporre che i simulacri tattili e materici sollecitati dalle sensazioni auditive sono in conflitto con il ricordo delle sensazioni tattili derivanti dall'oggetto. In questo caso, la tipologia dell'oggetto utilizzato ha una certa importanza. L'analisi dei video mostra inoltre come la convergenza o la divergenza tra questi due ordini di sensazioni deriva anche dalla relazione con lo sforzo fisico. In effetti, le studentesse che hanno sottolineato l'apporto positivo del feedback sonoro sono quelle che, anche in ragione della tipologia dell'oggetto, hanno basato maggiormente la costruzione del gesto sull'energia muscolare. Nelle loro improvvisazioni si nota infatti una connessione piuttosto evidente tra le modulazioni sonore durante l'esplorazione gestuale e le modulazioni sonore della sezione finale:

Il feedback sonoro permetteva di mettere in evidenza la conicità muscolare utilizzata in ogni movimento. Inoltre, il ritorno sonoro mi dava delle informazioni pertinenti sulla contrazione muscolare mobilitata per effettuare un certo gesto. Questo rendeva più efficace, più potente e più leggibile, l'interazione immaginaria con l'oggetto e mi aiutava a ritrovare i gesti di manipolazione. Per esempio, quando riproduco i gesti di “tirare verso l'alto” la carta da imballaggio utilizzo la contrazione dei miei muscoli. In questo caso u suoni mi rispondono in maniera coerente rinforzando la qualità del geste di “allungamento”. [...] In effetti, ho sentito que il suono mi ha aiutato molto a ritrovare i movimenti d'esplorazione de l'oggetto a partire dalla presa di coscienza del tono muscolare mobilitato. (Laura)

Qui, le sensazioni tattili derivanti dall'oggetto sono integrate con le informazioni acustiche ed espanse nel movimento. Strutture sonore simili si ripresentano chiaramente tanto nella parte con gli oggetti che nella parte più danzata. Benché la produzione sonora non sia lo scopo principale dell'esercizio, la connessione multimodale tra percezione

42. « La corrispondenza incrociata dei nostri sensi [...] estende, generalizza e, allo stesso tempo, approfondisce e intensifica [...] la *fiction*: essa ne modifica la natura o la modalità per creare una sorta di immaginario secondo o di *métafiction* di cui la corporeità danzante non può non nutrirsi. In questo senso, occorre interpretare il celebre esempio di Claudel, “l'occhio ascolta”, non come il riconoscimento d'una semplice interferenza [...] ma come la produzione, in seno alla sensazione visiva, di un simulacro altro, ibrido e singolare, determinato dallo specifico processo immaginativo della ricezione auditiva » (Bernard, Michel, *De la création chorégraphique*, cit., p. 99). Traduzione mia.

aptica e retroazione auditiva sembra facilitare in modo molto chiaro il processo di virtualizzazione dell'oggetto in seno alla corporeità. Questo mostra pertanto che la convergenza tra informazioni aptiche memorizzate, feedback sonori e propriocezione può indurre l'emergenza d'una nuova anatomia virtuale di cui il danzatore può prendere coscienza al fine d'immaginare altrimenti l'organizzazione percettiva del movimento<sup>43</sup>.

In accordo con i principi d'integrazione multimodale, i *feedback* acustici rinforzano, in termini di efficacia e di precisione, la capacità di portare a compimento un task motorio. Nel nostro caso, come si è visto, sono emersi risultati contraddittori. Nondimeno, conviene notare che, laddove una coerenza percettiva tra materia sonora e sensazioni tattili è possibile, allora i feedback sonori facilitano chiaramente i processi di virtualizzazione e di ri-composizione del movimento. Anche la divergenza tra informazioni tattili e auditive indica che il rapporto tra i due ordini di sensazioni non è in alcuno modo neutro. La divergenza, così come la convergenza multimodale, denotano un'interazione reciproca tra le componenti in gioco. Nei due casi, la ri-evocazione somatica delle informazioni aptiche è influenzata tanto dalla retroazione acustica che dalla sensazione di sforzo confermando la natura reticolare ed interconnessa del nostro sistema sensoriale.

Un'altra importante considerazione può essere fatta in relazione ai processi di virtualizzazione dell'oggetto. Da un punto di vista "ecologico", ogni oggetto è in grado di stimolare una varietà di affordance, ovvero di possibilità di azione specifiche<sup>44</sup>. In effetti, come abbiamo notato, le differenti tipologie di gestualità sorgono in relazione alla costituzione materiale dell'oggetto. L'utilizzo di feedback sonori modifica radicalmente la qualità di queste interazioni. Attraverso l'impiego di sensori, l'esplorazione aptica è strettamente connessa alla manipolazione sonora. L'oggetto diviene quindi in grado di sollecitare oltre alle affordance abituali (modalità di pressione, utilizzo) anche delle affordance sonore. Queste persistono anche in assenza dell'oggetto poiché i feedback sonori generati attraverso il gesto ne evocano la presenza : « Nella parte con i sensori, ho avu-

---

43. Riflessioni analoghe risuonano per altro nelle parole di Hubert Godard a proposito della relazione tra feedback aumentato e propriocezione in danza : « Con dei sensori sul corpo [...] le informazioni proprioceptive riguardanti il movimento di queste parti possono essere trasformate in segnali visivi o sonori. Grazie a quest'altro modo di percepire, che mi permette di avere una diversa immagine del mio corpo, di proiettarne una diversa realtà nasce una molteplicità di potenzialità gestuali che mi possono liberare dalla coazione a ripetere. Con questi sistemi possibile sentire delle sollecitazioni che fino a quel momento non erano state percepite perché non avevano una soglia di eccitazione sufficiente per arrivare alla superficie della coscienza » (Menicacci, Armando - Quinz, Emanuele, *Conversazione con Hubert Godard*, in Id., *La scena digitale*, cit., pp. 371-381).

44. Cfr. Gibson, James J., *The Theory of Affordances*, in Shaw, Robert - Bransford, John (a cura di), *Perceiving, Acting, and Knowing: toward an ecological psychology*, Manjwah, Lawrence Erlbaum Associates, 1977, pp. 127-143.

to meno difficoltà a ricreare la relazione con l'oggetto anche se questo non era più tra le mie mani. [...] Riuscivo a connettermi i suoni ai gesti eseguiti durante l'esplorazione dell'oggetto. In effetti il suono permetteva di "rendere visibile" la presenza dell'oggetto. » (Melyssa). Dal punto di vista dell'organizzazione percettiva, l'oggetto è quindi ancora presente, anche se virtualmente. È possibile affermare, a questo proposito, che l'oggetto continua a produrre delle affordance per mezzo del suono benché esso non si trovi più tra mani della studentessa. Frammenti di queste affordance sono ancora visibili nei movimenti danzati che riproducono modulazioni sonore già ascoltate in precedenza. In questo senso, la nozione di affordance sembra non implicare semplicemente una "possibilità di azione" ma, più in generale, una struttura cinestesica dinamica, un'anatomia virtuale, che coinvolge l'intero apparato sensomotorio.

## Conclusioni

Gli effetti dei feedback sonori sul movimento ci permettono di pensare l'anatomia del corpo non più come un'entità stabile e chiusa, ma come un processo di organizzazione dinamica. L'esercizio analizzato ci mostra come il processo di adattamento corporeo si realizza attraverso dei "modelli virtuali", dei *patterns*, come li ho chiamati. Questi permettono di trasferire e convertire determinate proprietà dell'ambiente in una certa energia motoria o in una certa organizzazione cinestesica. Come abbiamo visto, le affordance innescate dagli oggetti si inseriscono in questa definizione di *pattern* virtuale. Sulla base dell'osservazione diretta e dai commenti delle studentesse che hanno attraversato l'esperienza, ho proposto di considerare le affordance sonore non solo in termini di possibilità di azione (i vari tipi di manipolazione di oggetti, come accarezzare, strofinare, torcere), ma anche in base alle organizzazioni cinestetiche derivate (movimenti danzati costruiti in relazione agli oggetti). In questo caso, il feedback acustico agisce come materiale plastico in grado di custodire una traccia materiale dell'oggetto e dei movimenti di manipolazione associati. In particolare, la coerenza percettiva tra il gesto e il feedback acustico, consente di attivare processi di integrazione multimodale che facilitano la trasmissione della struttura dell'oggetto nella composizione del movimento. Emergendo come eco sonora del gesto, il suono diventa un mediatore di modelli virtuali che risuonano tra il corpo dell'oggetto e il corpo del danzatore.

Il processo di sonorizzazione del movimento permette d'altronde di sperimentare nuove modalità percettive. Innanzitutto il feedback consente di rendere udibili alcuni aspetti del movimento, come per esempio l'attività elettrica dei muscoli, che non sa-

rebbero altrimenti percepibili. La mediazione sonora permette quindi di percepire movimenti apparentemente abituali attraverso una diversa modalità sensoriale. In tal modo è possibile dotare la corporeità d'una presenza sonora. Tale processo di estensione e d'intensificazione sensoriale può essere un mezzo di analisi importante all'interno del contesto pedagogico. Collegando la retroazione sonora al gesto, le studentesse vengono a conoscenza delle gradazioni e delle sfumature che compongono il movimento. La funzione positiva del feedback sonoro risulta essere decisiva in due aspetti. Da un lato, il sistema uditivo è in grado di riconoscere le variazioni temporali in modo più fine rispetto ad altri canali percettivi, sollecitando così una grande consapevolezza delle sfumature sottese alla composizione del gesto. Dall'altro, una riconfigurazione significativa della nostra geografia sensoriale consente di mettere in luce i meccanismi fondamentali che reggono l'organizzazione percettiva del movimento.

L'esperienza presentata mostra come l'interazione sonora possa essere concepita sia come strumento educativo capace di indurre una consapevolezza del corpo sia come strumento analitico per lo studio del movimento e della percezione. Da un punto di vista pedagogico, le studentesse hanno avuto l'opportunità di scoprire alcune delle possibilità offerte dall'interazione con la tecnologia e di sperimentare così delle modalità inedite di relazione con il suono. Questa nuova sensibilità permette di approfondire la natura stratificata del gesto e della sua percezione. Inoltre, la natura ecologica degli esperimenti proposti permette di acquisire una diversa conoscenza somatica, la quale induce alla messa in discussione di posture abituali e di modelli corporei irriflessi. L'approfondimento della metodologia di ricerca consentirà, in occasione di lavori futuri, di migliorare l'efficacia didattica dei dispositivi presentati. Innanzitutto, delle esperienze pratiche preliminari attorno alla questione dell'ascolto si rivelano necessarie per preparare gli studenti al lavoro con la mediazione tecnologica e con i feedback sonori. L'impiego congiunto di altri metodi di indagine qualitativa, come ad esempio le interviste di esplicitazione<sup>45</sup>, consentiranno agli studenti di acquisire una maggiore consapevolezza del proprio "vissuto", in termini sensoriali ed affettivi, riguardo alle esperienze proposte.

Dal punto di vista metodologico, lavori futuri dovranno inoltre tener conto di strumenti comparativi adeguati al contesto. Oltre alle interviste di esplicitazione, le quali hanno valore tanto per lo studente che per il pedagogo e/o per il ricercatore, altri metodi, come l'impiego di questionari qualitativi, permetteranno di valutare le reazioni secondo

---

45. Cfr. Balas-Chanel, Armelle, *L'entretien d'explicitation. Accompagner l'apprenant vers la métacognition explicite*, in «Recherches & éducations», n. 1, 2002, [rechercheseducations.revues.org/159](http://rechercheseducations.revues.org/159).



un quadro comparativo. Da un lato, questi strumenti consentiranno agli studenti di far luce sulle loro esperienze e sulle loro riflessioni e d'altra parte essi permetteranno di esaminare più in dettaglio la qualità soggettiva dell'esperienza. L'impiego di metodi quantitativi potrà inoltre essere preso in considerazione. Tra questi, l'analisi e l'interpretazione dei dati relativi all'attività muscolare, con particolare riferimento ai micro-movimenti<sup>46</sup>, possono essere un elemento interessante per valutare gli effetti dei feedback positivi sulla riorganizzazione tonica del movimento (in termini di soprattutto di contrazione dei muscoli e di distribuzione del peso). L'integrazione tra questi strumenti di analisi bio-fisiologica e i modelli di analisi basati su sistemi tradizionali di motion capture permetterà certamente di arricchire la base dati dell'esperimento consentendo così di approfondire i legami tra la composizione del gesto, l'interazione sonora e la percezione del movimento.

## Bibliografia

- «Nouvelles de danse», numero monografico *Interagir avec les technologies numériques*, n. 52, 2004.
- Addressi, Anna Rita et al., *The MIROR platform for young children's music and dance creativity: Reflexive interaction meets body-gesture, embodied cognition and Laban educational dance*, in «Perspectives. Journal of Early Childhood Music & Movement Association», vol. 10, n. 1, 2015, pp. 9-17
- Alaoui, Sarah F. et al., *Seeing, sensing and recognizing Laban movement qualities*, in «Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems», Denver, 2017, pp. 4009-4020.
- Balas-Chanel, Armelle, *L'entretien d'explicitation. Accompagner l'apprenant vers la métacognition explicite*, in «Recherches & éducations», n. 1, 2002, [rechercheseducations.revues.org/159](http://rechercheseducations.revues.org/159).
- Bergsland, Andreas - Wechsler, Robert. *Turning movement into music. Issues and applications of the MotionComposer, a therapeutic device for persons with different abilities*, in «SoundEffects. An Interdisciplinary Journal of Sound and Sound Experience», numero speciale *Sound and Listening in Healthcare and Therapy*, vol. 5, n. 1, 2016, pp. 24-47.
- Bernard, Michel, *De la création chorégraphique*, Pantin, Centre National de la Danse, 2001.
- Berthoz, Alain, *Le sens du mouvement*, Paris, Odile Jacob, 1997.

---

46. Gli studi condotti recentemente da Alexander Jensenius all'Università di Oslo vanno per esempio in questa direzione: Jensenius Alexander R., *Sonic Microinteraction in the Air*, in Lesaffre, Micheline - Maes, Pieter-Jan - Leman, Marc (a cura di), *The Routledge Companion of Embodied Music Interaction*, Londra-New York, Routledge, 2017, pp. 431-439. Occorre d'altronde notare che in questo caso l'oggetto di analisi non è la danza ma i micro-movimenti di musicisti e/o neofiti in reazione alla musica.

- Bevilacqua, Frédéric et al., *Gesture capture: paradigms in interactive music/dance systems*, in Klein, Gabriele - Noeth, Sandra (a cura di), *Emerging bodies. The performance of worldmaking in dance and choreography*, Bielefeld (Deutschland), Transcript Verlag, 2011, pp.183-193.
- Bevilacqua, Frédéric et al., *The augmented string quartet: experiments and gesture following*, in «Journal of New Music Research», vol. 41, n. 1, 2012, pp. 103-119.
- Bolter, Jay D. - Gromala, Diane, *Windows and Mirrors. Interaction design, digital art, and the myth of transparency*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2003.
- Broadhurst, Susan, *Intelligence, interaction, reaction, and performance*, in Broadhurst, Susan - Machon, Josephine (a cura di), *Performance and technology. Practices of virtual embodiment and interactivity*, Basingstoke (UK), Palgrave Macmillan, 2006, pp. 141-152.
- Camurri, Antonio et al., *EyesWeb. Toward gesture and affect recognition in dance/music interactive systems*, in «Computer Music Journal», vol. 24, n. 1, 2000, pp. 57-69.
- Camurri, Antonio et al., *Multimodal analysis of expressive gesture in music and dance performances*, in *Human-Computer Interaction*, Berlin, Springer Verlag, 2004, pp. 20-39.
- Caporaletti, Vincenzo, *Il principio audiotattile come formatività*, in Sbordonì, Alessandro (a cura di), *Improvvisazione Oggi*, Lucca, LIM, 2014, pp. 29-42.
- Cherry, Gina et al., *Using a digital video annotation tool to teach dance composition*, in «Interactive Multimedia Journal of Computer. Enhanced Learning», n. 5, 2003, [imej.wfu.edu/articles/2003/1/01/index.asp](http://imej.wfu.edu/articles/2003/1/01/index.asp).
- Copeland, Roger, *Merce Cunningham. The modernizing of Modern Dance*, Londra-New York, Routledge, 2004.
- Dania, Aspasia et al., *The use of technology in movement and dance education: recent practices and future perspectives*, in *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 15, 2011, pp. 3355–3361.
- Delbridge, Matt, *Motion Capture in Performance. An Introduction*, Basingstoke (UK), Palgrave MacMillan, 2015.
- Dixon, Steve, *Digital performance. A history of new media in theater, dance, performance art, and installation*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2007.
- Donnarumma, Marco, *Configuring corporeality. Performing bodies, vibrations and new musical instruments*, PhD thesis (Goldsmiths, University of London, UK), 2016.
- Dyson, Frances, *Sounding new media. Immersion and embodiment in the arts and culture*, Berkeley-Los Angeles, University of California Press, 2009.
- Eversman, Peter, *Education-Performing arts-Information technology: an impossible triangle?*, in Nesi, Paolo - Santucci, Raffaella (a cura di), *Information technologies for performing arts, media access, and entertainment*, Berlin, Springer-Verlag, 2013, pp. 175-191.
- Farina, Dario et al., *The Extraction of Neural Information from the Surface EMG for the*

*Control of Upper-Limb Prostheses: Emerging Avenues and Challenges*, in «IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering», vol. 22, n. 4, 2014, pp. 797-801.

- Forsythe, William, *Improvisational Technologies. A Tool for the Analytical Dance Eye*, Karlsruhe, ZKM, 1999.
- Frid, Emma et al., *Interactive sonification of spontaneous movement of children - Cross-modal mapping and the perception of body movement qualities through sound*, in «Frontiers in Neuroscience», vol. 10, n. 521, 2016, [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5104747/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5104747/).
- Friz, Vivian, *Danse et nouvelles technologies vers d'inédites écriture chorégraphique*, Thèse de Doctorat en Arts du Spectacle mention Danse, Université de Strasbourg, 2015.
- Gehlhaar, Rolf et al., *Instruments for everyone: designing new means of musical expression for disabled creators*, in Brooks, Anthony L. et al. (a cura di), *Technologies of inclusive well-being. Serious game, alternatives realities and play therapy*, New York, Springer, 2014, pp. 167-198.
- Gibson, James J., *The Theory of Affordances*, in Shaw, Robert - Bransford, John (a cura di), *Perceiving, Acting, and Knowing: toward an ecological psychology*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, 1977, pp. 127-143.
- Ginot, Isabelle, *Discours, techniques du corps et technocorps*, in Gioffredi, Paule (a cura di), *À la rencontre de la danse contemporaine: porosités et résistances*, Paris, L'Harmattan, 2009, pp. 265-293.
- Godard, Hubert, *Le geste et sa perception*, in Ginot, Isabelle - Michel, Marcel (a cura di), *La danse au XXe siècle*, Paris, Larousse, 1998, pp. 224-229.
- Gødoy, Rolf I., *Geometry and Effort in Gestural Renderings of Musical Sound*, in Dias, Miguel S. - Gibet, Sylvie (a cura di), *Gesture-Based Human-Computer Interaction and Simulation*, Berlin, Springer-Verlag, 2009, pp. 205-215.
- Jaffré, Olympe, *Danse et nouvelles technologies: enjeux d'une rencontre*, Paris, L'Harmattan, 2007.
- Jensenius Alexander R., *Sonic Microinteraction in the Air*, in Lesaffre, Micheline - Maes, Pieter-Jan - Leman, Marc (a cura di), *The Routledge Companion of Embodied Music Interaction*, Londra-New York, Routledge, 2017, pp. 431-439.
- Jensenius, Alexander R., *An action-sound approach to teaching interactive music*, in «Organised Sound», vol. 18, n. 2, 2013, pp. 178-189.
- Källblad, Anna et al., *Hoppsa Universum. An interactive dance installation for children*, in *Proceedings of New Interfaces for Musical Expression, Genova, 2017*, 2008, pp. 128-133..
- Karkou, Vicky et al., Karkou, Vicky et al., *Traditional dance, pedagogy and technology: an overview of the WebDANCE project*, in «Research in Dance Education», vol. 9, n. 2, 2008, pp. 163-186.
- Lechner, Patrik, *Multimedia Programming Using Max/MSP and TouchDesigner*, Birmingham, Packt Publishing, 2014.

- Leman, Marc, *Embodied music cognition and mediation technology*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2008.
- Machover, Tod, *Hyperinstruments: a progress report 1987-1991*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1992.
- Maes, Pieter-Jan et al., *The conducting master: an interactive, real-time gesture monitoring system based on spatiotemporal motion templates*, in «International Journal of Human-Computer Interaction», vol. 29, n. 7, 2013, pp. 471-487.
- Maes, Pieter-Jan et al., *The coupling of action and perception in musical meaning formation*, in «Music Perception», vol. 32, n. 1, 2014, pp. 67–84.
- Menicacci, Armando - Quinz, Emanuele (a cura di), *La scena digitale: nuovi media per la danza*, Bolzano, Marsilio Editore, 2001.
- Menicacci, Armando - Quinz, Emanuele, *Étendre la perception? Transferts intermodaux et biofeedback en danse*, in «Nouvelles de danse», numero monografico *Scientifiquement danse. Quand la danse puise aux sciences et réciproquement*, n. 53, 2006.
- Menicacci, Armando, *L'enseignement de la danse face au numérique*, in «Nouvelles de danse», numero monografico *Danse et nouvelles technologies*, n. 40/41, 1999, pp. 55-64.
- Meredith, Alex - Stein, Barry E., *Visual, auditory and somatosensory convergence on cells in superior colliculus results in multisensory integration*, in «Journal of Neurophysiology», n. 56, 1986, pp. 640-662.
- Miranda, Eduardo R. - Wanderley, Marcelo M., *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*, Middleton (WI), A-R Editions, 2006.
- Naumer, Marcus J. et al., *Multisensory Functional Magnetic Resonance Imaging*, in Naumer, Marcus J. et al. (a cura di), *Multisensory Object Perception in the Primate Brain*, New York, Springer, 2010, pp. 83-92.
- Naveda, Luis - Leman, Marc, *The Spatiotemporal representation of dance and music gestures using topological gesture analysis (TGA)*, in «Music Perception», vol. 28, n. 1, 2010, pp. 93–111.
- Parrish, Mila, *Integrating technology into the teaching and learning of dance*, in «Journal for the National Dance Education Organization», n. 1, 2001, pp. 20–25.
- Parrish, Mila, *Technology in Dance Education*, in Bresler, Liora (a cura di), *International Handbook of Research in Arts Education*, Cham (Switzerland), Springer International, 2007, pp. 1381-1397.
- Pitozzi, Enrico, *Body soundscape. Perception, movement and audiovisual developments in contemporary dance*, in Kaduri, Yael (a cura di), *The Oxford Handbook of Music, Sound and Image in the Fine Arts*, New York, Oxford University Press, 2016, pp. 256-288.
- Pitozzi, Enrico, *De la constitution du corps de synthèse sur la scène performative. Perception et technologies*, in Bourassa, Renée - Poissant, Louise (a cura di), *Personnage virtuel et corps performatif. Effets de présence*, Montréal, Presses de l'Université du Québec, 2013.

- Pitozzi, Enrico, *Dissectio: anatomie del corpo sonoro*, in Valentini, Valentina (a cura di), *Drammaturgie sonore. Teatri del secondo Novecento*, Roma, Bulzoni Editore, 2012, pp. 285-314.
- Risner, Doug - Anderson, Jon, *Digital Dance Literacy: an integrated dance technology curriculum pilot project 1*, in «Research in Dance Education», vol. 9, n. 2, 2008, pp. 113-128.
- Santana, Ivani, *Experiences and reflections about presence and memory in dance with technological mediation through the situated cognition approach*, in «Revista Mapa D2 - Dança e (performance) digital», vol. 3, n. 2, 2016, pp. 11-26, [portalseer.ufba.br/index.php/mapad2danse.revues.org/607](http://portalseer.ufba.br/index.php/mapad2danse.revues.org/607).
- Smalley, Dennis, *Spectromorphology: explaining sound-shapes*, in «Organised Sound», vol. 2, n. 2, 1997, pp. 107-126.
- Stein, Barry E. - Rowland, Benjamin A., *Organization and plasticity in multisensory integration: early and late experience affects its governing principles*, in Green, Andrea et al. (a cura di), *Enhancing Performance for Action and Perception. Multisensory Integration, Neuroplasticity and Neuroprosthetics*, Part I, Amsterdam, Elsevier, 2011, pp. 145-163.
- Stensæth, Karen, *Potentials and challenges in interactive and musical collaborations involving children with disparate disabilities. A comparigion study of how Petronella, with Down syndrome, and Dylan, with autism, interact with musical and interactive tangible 'WAVE'*, in Stensæth, Karen (a cura di), *Music, health, technology and design*, Oslo, NMH-publications, 2014, pp. 97-118.
- Van Dyk, Katharina, *Usages de la phénoménologie dans les études en danse*, in «Recherches en danse», n. 1, 2014, [danse.revues.org/607](http://danse.revues.org/607).
- Vieira, Marcilio S., *Approches somatiques du corps dans la danse*, in «Revista Brasileira de Estudos da Presença», vol. 5, n. 1, 2015, pp. 127-147.
- Visi, Federico et al., *A practice-based study on instrumental gestures in music composition and performance: Kineslimina*, in Bevilacqua, Frédéric et al. (a cura di), *MuSA 2015 - Sixth International Symposium on Music/Sonic Art: Practices and Theories*, Karlsruhe, Germany, 2015.
- Visi, Federico et al., *Gesture in performance with traditional musical instruments and electronics: Use of embodied music cognition and multimodal motion capture to design gestural mapping strategies*, in Bevilacqua, Frédéric et al. (a cura di), *MOCO '14: Proceedings of the 2014 International Workshop on Movement and Computing*, Paris, ACM, 2014.
- Visi, Federico et al., *Musical instruments, body movement, space, and motion data: music as an emergent multimodal choreography*, in «Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments», vol. 13, n. 1, 2017, pp. 58-81.
- Wanderley, Marcelo et al., *The importance of Parameter Mapping in Electronic Instrument Design*, in «Journal of New Music Research», vol. 32, n. 4, 2003, pp. 88-93.

- Wechsler, Robert, *Les ordinateurs et la danse: retour vers l'avenir?*, in «Nouvelles de danse», numero monografico *Danse et nouvelles technologies*, n. 40/41, 1999, pp. 144-159.